

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENGANDUNG AMONIAK  
DENGAN GELEMBUNG CO<sub>2</sub>**



**Tesis**

Washington Limbong  
L4K002042

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2005**

LEMBAR PENGESAHAN  
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENGANDUNG AMONIAK DENGAN  
GELEMBUNG CO<sub>2</sub>

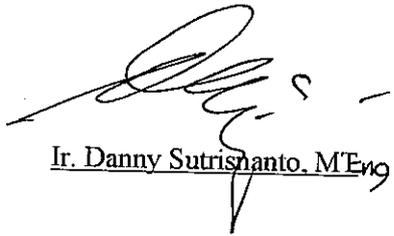
Disusun oleh

Washington Limbong  
L4K002042

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal 15 Januari 2005  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,

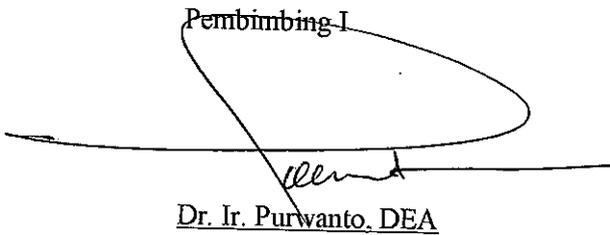
Penguji I

  
Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng.

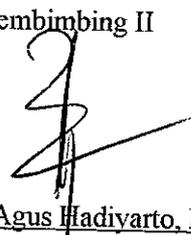
Penguji II

  
Ir. Setia Budi Sasongko, DEA PhD

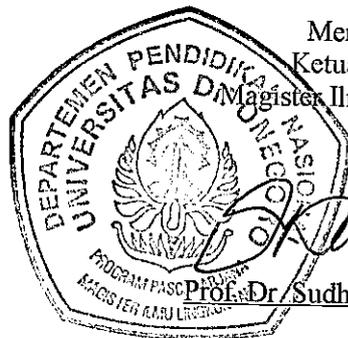
Pembimbing I

  
Dr. Ir. Purwanto, DEA

Pembimbing II

  
Ir. Agus Hadiyanto, MT

Mengetahui,  
Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan,



Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

# PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENGANDUNG AMONIAK DENGAN GELEMBUNG CO<sub>2</sub>

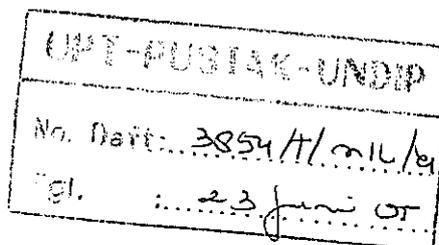
Washington Limbong, Purwanto , Agus Hadiyanto  
Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro  
Jl. Imam Bardjo SH. No.3 Semarang, Telp/Fax. 024-8453635

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengolahan limbah cair yang mengandung amoniak dengan gelembung CO<sub>2</sub> di pabrik pupuk PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, Bontang, Kalimantan Timur. Tujuan penelitian adalah menentukan kondisi optimal penggelembungan CO<sub>2</sub> untuk memperoleh keseimbangan antara kebutuhan CO<sub>2</sub> dan reaksi penetralan yang diinginkan. Metode yang diterapkan adalah metoda optimasi penggelembungan CO<sub>2</sub> di Chemical Pond dan metoda komparasi penggelembungan memakai batu apung dan pipa plastik berlubang.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengolahan limbah cair amoniak di Chemical Pond dengan penggelembungan CO<sub>2</sub> dapat menurunkan kadar amoniak bebas melalui perubahan bentuk menjadi ammonium bikarbonat yang tidak berbahaya bagi mahluk hidup di air.

Kata kunci : Pengolahan Amoniak bebas, netralisasi amoniak bebas



# TREATMENT OF AMMONIA WASTEWATER BY CO<sub>2</sub> BUBLES

Washington Limbong, Purwanto , Agus Hadiyanto  
Environmental Department Postgraduate Study Diponegoro University  
Jl. Imam Bardjo SH. No.3 Semarang, telp/fax. 024-8453635

## ABSTRACT

The research of waste water of ammonia that is treated by CO<sub>2</sub> bubbles has been conducted in the fertilizer plant of PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk, Bontang municipality, East of Kalimantan. The aim of the study is to determine the optimum condition of CO<sub>2</sub> bubbling to gain the equilibrium between the need of CO<sub>2</sub> and the need of neutralization reaction. Method use is the CO<sub>2</sub> bubbling optimization in Chemical Pond and bubbling comparison method using porous stone and porous plastic pipe.

The results of the study show that ammonia waste water treatment in the Chemical Pond using CO<sub>2</sub> bubbling can reduce the concentration of free ammonia that is transformed to bicarbonate ammonium which is not harmful to the aquatic living organisms.

Keywords : Ammonia wastewater treatment, neutralization free ammonia

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis ini dapat disusun untuk memenuhi syarat menempuh ujian tesis untuk mencapai derajat S-2 pada Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan tesis ini penulis mengambil judul "Pengolahan Limbah Cair Mengandung Amoniak dengan Gelembung CO<sub>2</sub>". Latar belakang pemilihan judul adalah untuk dapat mengetahui pengaruh penggelembungan gas CO<sub>2</sub> terhadap limbah cair yang mengandung amoniak guna mengurangi pencemaran yang ditimbulkan.

Kehadiran industri Petrokimia seperti perusahaan PT. Pupuk Kaltim tak lepas dari dampak yang ditimbulkannya, terutama pada saat pabrik mengalami gangguan dan mengharuskan pembuangan sebagian larutannya ke tempat penampungan sementara di *Chemical Pond*. Potensi bahaya limbah cair amoniak yaitu pada konsentrasi yang tinggi, senyawa amoniak terutama dalam bentuk amoniak bebas, sangat berbahaya bagi kehidupan biota air dan manusia.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan tesis ini, antara lain kepada :

1. Rektor Undip Semarang.
2. Direktur Program Pasca Sarjana Undip Semarang.
3. Ketua Program S-2 Ilmu Lingkungan Undip Semarang.
4. Dosen Pembimbing Tesis.
5. Seluruh Dosen pengajar S-2 MIL Kelas Bontang
6. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan Undip Semarang kelas Bontang.
7. Kepada rekan saya Mujab, Arni, Tri Djoko yang telah membantu, menemani dan memberi dorongan semangat untuk menyelesaikan tesis ini
8. Kepada isteri saya Enny Sisniati dan anak saya Edison yang telah kehilangan waktu untuk bersama sejak mulainya perkuliahan dan selesainya tesis.
9. Kepada perusahaan Pupuk Kaltim yang telah memberikan kemudahan dalam fasilitas kuliah, akomodasi dan transportasi untuk para pengajar
10. Kepada Sekretariat MIL-Undip Semarang yang banyak membantu dalam segala hal

11. Dan kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu

Penulis mengharapkan tulisan ini dapat berguna bagi para pembaca umumnya dan khususnya bagi penulis serta mohon maaf atas segala kekurangan tulisan ini.

Bontang, Januari 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	Hal i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Kegunaan Penelitian .....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Landasan Teori .....	6
2.1.1. Industri dan Pencemaran.....	6
2.1.2. Sifat dan Wujud Ammonia.....	7
2.1.3. Karbon dioksida dan Karbonat.....	11
2.1.4. Sifat dan Bentuk Ammonium Bikarbonat .....	14
2.2. Air Limbah Amoniak di PT.Pupuk Kaltim.....	15
2.2.1. Pengertian .....	15
2.2.2. Sumber Air Limbah .....	16
2.2.3. Peralatan <i>in-plant treatment</i> .....	16
2.3. Pengolahan Limbah Cair di <i>Chemical Pond</i> Kaltim-3.....	22
2.3.1. <i>Chemical Pond</i> Kaltim-3 .....	22
III. METODA PENELITIAN	
3.1. Rancangan Penelitian .....	22
3.2. Ruang Lingkup Penelitian .....	22
3.3. Lokasi Penelitian .....	22
3.4. Variabel Penelitian .....	22
3.4.1. Variabel Tetap .....	22

3.4.2. Variabel Berubah.....	22
3.5. Definisi.....	23
3.6. Instrumen Penelitian .....	23
3.6.1. Alat yang digunakan .....	23
3.6.2. Bahan .....	23
3.7. Pelaksanaan Penelitian.....	23
3.7.1. Limbah <i>Chemical Pond</i> .....	24
3.7.2. Limbah Buatan .....	24
3.8. Pengumpulan Data.....	25
3.9. Analisis Data .....	25
<b>IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Penelitian Awal pengolahan limbah dengan penggelembungan CO <sub>2</sub> .....	26
4.2. Pengolahan CO <sub>2</sub> dengan metoda penggelembungan.....	30
4.2.1. Penggelembungan CO <sub>2</sub> dengan batu apung.....	30
4.2.2. Penggelembungan CO <sub>2</sub> dengan pipa berlubang .....	33
4.3. Perbandingan CO <sub>2</sub> /NH <sub>3</sub> .....	47
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	49
5.2. Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	51
<b>LAMPIRAN</b> .....	52

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
1.1 Baku Mutu Limbah Cair No. KEP-51/MENLH/10/1995 .....	3
2.1 Sifat Fisik Amoniak .....	7
2.2 $\text{NH}_3$ dan $\text{NH}_4^+$ pada berbagai pH .....	9
2.3 Kesetimbangan $\text{CO}_2$ dalam air .....	12
2.4. Besaran $\text{CO}_2$ dan $\text{NH}_3$ (%) pada berbagai pH .....	13
2.5 Kelarutan Ammonium bikarbonat pada berbagai suhu .....	14
4.1 Pengaruh penggelembungan $\text{CO}_2$ terhadap pH air limbah amoniak .....	28
4.2 Distribusi Amoniak dan $\text{CO}_2$ pada berbagai pH .....	28
4.3 Perbandingan perubahan pH air limbah amoniak dengan gelembung $\text{CO}_2$ dan gelembung udara .....	29
4.4 Waktu penetralan $\text{CO}_2$ pada pH=7,5 terhadap berbagai konsentrasi amoniak.....	32
4.5 Rasio $\text{CO}_2/\text{NH}_3$ pada pH=7,5 .....	33
4.6 pH pada berbagai diameter lubang dengan konsentrasi $\text{NH}_3$ 1000 ppm .....	35
4.7 pH pada berbagai diameter lubang dengan konsentrasi $\text{NH}_3$ 2000 ppm .....	37
4.8 pH pada berbagai diameter lubang dengan konsentrasi $\text{NH}_3$ 3000 ppm .....	38
4.9 pH pada berbagai diameter lubang dengan konsentrasi $\text{NH}_3$ 4000 ppm .....	40
4.10 Perbandingan konsentrasi pada diameter lubang 1mm .....	42
4.11 Perbandingan konsentrasi pada diameter lubang 1,5mm .....	44
4.12 Perbandingan konsentrasi pada diameter lubang 2mm .....	46
4.13 Perbandingan konsentrasi pada diameter lubang 2,5mm .....	48
4.14 Perbandingan konsentrasi pada diameter lubang 3mm .....	49

4.15 Hasil Analisa Larutan kristal Ammonium bikarbonat dan larutan hasil penggelembungan CO <sub>2</sub> pada pH=7,5 .....	51
---	----

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2.1 Pengaruh pH dan temperatur terhadap distribusi amoniak bebas dan ion ammonium .....	11
2.2 Diagram blok proses air limbah .....	16
2.3 Diagram alir Unit Recovery Process Condensate .....	18
2.4 Diagram alir sederhana treatment air limbah di pabrik urea .....	20
3.6.3 Gambar rangkaian peralatan .....	24
4.1 Grafik fraksi CO <sub>2</sub> pada berbagai pH .....	27
4.2 Respon penurunan pH air limbah sebagai fungsi waktu .....	31
4.3 Rasio CO <sub>2</sub> /NH <sub>3</sub> pada berbagai konsentrasi NH <sub>3</sub> .....	33
4.4 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai ukuran lubang pada konsentrasi NH <sub>3</sub> = 1000 ppm .....	34
4.5 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai ukuran lubang pada konsentrasi NH <sub>3</sub> = 2000 ppm .....	35
4.6 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai ukuran lubang pada konsentrasi NH <sub>3</sub> = 3000 ppm .....	37
4.7 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai ukuran lubang pada konsentrasi NH <sub>3</sub> = 4000 ppm .....	39
4.8 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai konsentrasi NH <sub>3</sub> dengan diameter lubang = 1 mm .....	41
4.9 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai konsentrasi NH <sub>3</sub> dengan diameter lubang = 1,5 mm .....	42
4.10 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai konsentrasi NH <sub>3</sub> dengan diameter lubang = 2 mm .....	44
4.11 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai konsentrasi NH <sub>3</sub> dengan diameter lubang = 2,5 mm .....	45
4.12 Grafik pH terhadap waktu pada berbagai konsentrasi NH <sub>3</sub> dengan diameter lubang = 3 mm .....	47
4.13 Kristal Ammonium bikarbonat dari hasil reaksi larutan ammonium dan gas CO <sub>2</sub> .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
1. Laporan hasil uji limbah cair Chemical Pond K-3 tgl.25 Oktober 2004 .....	52
2. Laporan hasil uji Ammonium bikarbonat tgl. 1 Nopember 2004 .....	53

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kemajuan di bidang industri selain memberikan manfaat bagi perkembangan ekonomi juga menimbulkan potensi dampak negatif terhadap lingkungan hidup. Pencemaran akibat limbah industri mengakibatkan efek buruk tidak saja bagi manusia tetapi juga bagi lingkungan di sekitarnya. Adanya kandungan bahan kimia dalam air limbah berupa senyawa organik maupun anorganik dapat menurunkan kualitas lingkungan hidup melalui berbagai cara, antara lain timbulnya rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih, bahan organik terlarut yang menghabiskan oksigen dalam limbah, media pembawa penyakit kolera, radang usus juga mengandung bakteri patogen penyebab penyakit seperti Salmonella, Entamoeba, dan lain-lain (Sugiharto, 1987). Selain itu air limbah sangat berbahaya jika di dalamnya terdapat bahan beracun.

Salah satu bahan beracun yang terkandung dalam limbah, khususnya yang dihasilkan dari industri pupuk, adalah amoniak. Senyawa ini mampu merusak sel hewan terutama dari kelas mamalia termasuk manusia. Apabila sejumlah besar amoniak dengan konsentrasi tinggi sampai masuk ke dalam lingkungan perairan dapat membahayakan kehidupan hewan maupun manusia di sekitarnya. Oleh karena itu, penanganan dan pengelolaan limbah secara tepat sangat diperlukan untuk mengurangi efek negatif yang mungkin timbul setelah air limbah dilepas ke lingkungan. Pada proses pengelolaan air limbah diharapkan nantinya zat-zat atau senyawa-senyawa beracun yang terkandung di dalam air limbah tersebut konsentrasinya dapat diturunkan sehingga memenuhi baku mutu dan aman jika dibuang ke perairan.

Pada proses pengelolaan limbah dipilih cara yang paling murah, mudah, aman dan ramah lingkungan. Berdasarkan karakteristik limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi 3 proses, yaitu proses fisika, kimia dan biologi atau kombinasinya (Kristanto, 2002).

PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk. sebagai perusahaan yang bergerak di bidang industri pupuk menghasilkan produk urea, amoniak dan menimbulkan produk

samping berupa limbah cair yang mengandung amoniak. Hal ini terjadi antara lain disebabkan oleh reaksi pembentukan urea oleh amoniak dan gas karbon dioksida juga akan menghasilkan air yang mengandung amoniak, serta adanya air dari proses kondensat dari beberapa peralatan di pabrik amoniak dan urea. Pada kondisi pabrik mengalami permasalahan dan mengharuskan operasional dihentikan secara darurat, maka akan ada sejumlah limbah cair yang terjadi, yaitu limbah yang dihasilkan tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan karena tidak memenuhi baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan, sehingga limbah tersebut perlu ditampung sementara dalam kolam stabilisasi yang disebut *Chemical pond*. Limbah cair dapat dibuang ke badan air jika kandungan unsur pencemar telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Pembuangan larutan ammonia ke badan air untuk pabrik pupuk diatur dalam Baku Mutu Limbah Cair Industri Pupuk berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MENLH/10/1995 (lihat Tabel 1.1) yang diukur sebagai beban pencemaran amoniak terhadap produksi urea. Dalam hal ini baku mutu hanya melihat parameter dari analisis amoniak sebagai nitrogen atau  $\text{NH}_3\text{-N}$  saja, namun bila konsentrasinya sangat tinggi, meskipun laju alir sedikit dan beban kecil akan menjadi masalah karena konsentrasi yang tinggi akan menimbulkan bau amoniak yang sangat menyengat.

Untuk air buangan dari pabrik Kaltim-3, laju alir air limbah normalnya berkisar antara 30 sampai 50  $\text{m}^3$  per jam atau antara 720 sampai 1200  $\text{m}^3$  per hari, dan kapasitas *Chemical Pond* adalah 5000  $\text{m}^3$ , sehingga daya tampungnya hanya untuk 4 hari.

Tabel I.1 Baku mutu limbah cair untuk industri pupuk urea sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995

Parameter	Beban pencemaran maksimum (kg/ton)
BOD <sub>5</sub>	1,5
COD	3,75
TSS	1,5
Minyak dan lemak	0,4
Ammonia total (sebagai NH <sub>3</sub> -N)	0,75
pH	6,0 – 9,0
Debit limbah maksimum	15 m <sup>3</sup> / ton produk pupuk urea

Pada kenyataannya kapasitas *Chemical pond* terhadap debit limbah cair amoniak yang masuk adalah terbatas. Jumlah debit limbah yang masuk dimungkinkan akan lebih besar dibandingkan dengan yang keluar dari *Chemical pond*, karena diperlukan waktu yang cukup lama untuk menetralkan kandungan bahan pencemar sebelum limbah aman untuk dibuang ke badan air.

Untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan suatu proses pengolahan terhadap limbah cair amoniak di *Chemical pond* supaya limbahnya dapat lebih cepat dibuang ke lingkungan.

Kondisi perlakuan terhadap limbah cair mengandung amoniak di *Chemical Pond* K-3 yang ada saat ini adalah dengan memasukkan udara memakai alat *Aerator* MTO2, dimana secara aktual berfungsi untuk mengurangi kadar BOD saja, sedangkan amoniak yang terlepas dalam bentuk amoniak bebas. Penambahan oksigen ke dalam air digabungkan dengan bakteri dan karbon untuk membantu karbon dioksida, tanpa adanya oksigen terlarut yang cukup, bakteri tidak mampu secara cepat memecah bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Oleh sebab itu untuk proses penghilangan amoniak dari buangan industri pupuk harus dicari metode pengolahan lain yang lebih tepat.

Kandungan amoniak yang tinggi dalam air sangat berbahaya bagi kehidupan biota yang ada di dalamnya terutama bila amoniak berada dalam wujud amoniak bebas karena bersifat sangat toksik, sedangkan amoniak dalam bentuk senyawa maupun ion sudah sangat berkurang toksisitasnya. Data LD<sub>50</sub> untuk *Rainbow trout, donaldson trout* adalah 1,000 ug/L, Nilai Ambang Batas gas NH<sub>3</sub> di udara menurut NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) adalah 25 ppm, sedangkan Nilai Ambang Batas amoniak cair menurut Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03/MENLH/1991 adalah 50 ppm. Limbah cair yang mengandung amoniak pada konsentrasi tinggi, terutama dalam bentuk amoniak bebas, sangat berbahaya bagi kehidupan biota air

Bila diamati lebih jauh, timbulnya bau amoniak yang menyengat di udara adalah juga karena adanya amoniak bebas yang terlepas ke udara. Jadi yang sangat membahayakan adalah adanya amoniak bebas baik di udara yang dapat menyebabkan iritasi pada mata, rongga hidung, tenggorokan dan saluran nafas atas. Dampak amoniak yang membahayakan terhadap biota air adalah terjadinya kerusakan pada insang. Bila amoniak berada di dalam air, maka akan terjadi kesetimbangan antara ion NH<sub>4</sub> dengan amoniak bebasnya (NH<sub>3</sub>). Semakin tinggi ion NH<sub>4</sub> (yaitu pada pH yang rendah) maka NH<sub>3</sub> bebasnya akan semakin sedikit. Oleh sebab itu perlu dijaga agar amoniak dalam air dapat berupa ion atau senyawa lain dengan jalan mereaksikan dengan unsur lain melalui pengolahan limbah cair amoniak di *Chemical pond* agar dapat mengurangi kadar amoniak bebas terlarut dalam limbah sehingga dapat mengurangi tingkat toksisitasnya.

Kondisi perlakuan terhadap limbah cair mengandung amoniak di *Chemical Pond K-3* yang ada saat ini adalah dengan memasukkan udara memakai alat *Aerator MTO2*, dimana secara aktual berfungsi untuk mengurangi kadar BOD saja, sedangkan amoniak yang terlepas dalam bentuk amoniak bebas. Penambahan oksigen ke dalam air digabungkan dengan bakteri dan karbon untuk membentuk karbon dioksida, tanpa adanya oksigen terlarut yang cukup, bakteri tidak mampu secara cepat memecah bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Oleh sebab itu untuk proses penghilangan amoniak dari buangan industri pupuk perlu di kaji ulang

## 1.2. Perumusan Masalah

1. Limbah cair amoniak di *Chemical Pond* pengelolaannya masih kurang memenuhi persyaratan yang diinginkan
2. Teknologi gelembung udara dengan kondisi yang sesuai untuk pengolahan limbah amoniak belum dikembangkan

## 1.3. Tujuan Penelitian

1. Mencari metode pengelolaan limbah cair mengandung amoniak yang sesuai untuk diterapkan di *Chemical Pond*
2. Untuk mengetahui operasi pengelembungan yang lebih baik antara batu apung dengan pipa plastik berlubang

## 1.4. Kegunaan Penelitian

- a. Manfaat untuk PT. Pupuk Kaltim Tbk.
  - Dengan penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk karyawan, dalam kaitannya dengan kenyamanan tempat kerja dan kesehatan kerja akibat bau gas amoniak yang dihasilkan dari larutan di *Chemical Pond*.
  - Dapat menjadi model pengelolaan limbah amoniak pada industri pupuk sejenis.
  - Merealisasikan kebijakan lingkungan ISO 14001 yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk menciptakan kondisi lingkungan yang aman
  - Menghindari tuntutan dari masyarakat terhadap timbulnya pencemaran lingkungan oleh pabrik pupuk.
  - Kemungkinan adanya tambahan pendapatan dari pengolahan limbah sejenis dari perusahaan lain.
- b. Manfaat untuk masyarakat
  - Pengolahan limbah amoniak di *Chemical Pond* dapat meminimalkan pencemaran lingkungan sehingga masyarakat sekitar dapat terhindar dari akibat negatif yang ditimbulkannya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Landasan Teori

##### 2.1.1. Industri dan Pencemaran

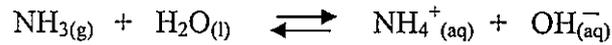
Pencemaran yang ditimbulkan oleh industri diakibatkan adanya limbah yang keluar dari pabrik baik dalam bentuk gas, cair dan padat yang juga mengandung bahan berbahaya dan beracun (B-3). Bahan pencemar keluar baik gas, cair, maupun padat, dan juga limbah yang bersama-sama dengan bahan buangan melalui media udara, air dan tanah yang merupakan komponen ekosistem alam. Bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan akan berinteraksi dengan satu atau lebih komponen lingkungan sehingga menyebabkan perubahan kondisi lingkungan. Perubahan komponen lingkungan secara fisika, kimia, dan biologi sebagai akibat dari adanya bahan pencemar akan mengakibatkan perubahan nilai parameter lingkungan yang berpotensi menyebabkan perubahan kualitas lingkungan.

Limbah yang mengandung bahan pencemar akan mengubah kualitas lingkungan bila lingkungan tersebut tidak mampu memulihkan kondisinya sesuai dengan daya dukung yang ada padanya. Oleh karena itu sangat perlu diketahui sifat limbah dan komponen bahan pencemar yang terkandung di dalam limbah tersebut. Jumlah dan jenis bahan pencemar yang dikeluarkannya antara satu industri dan industri lainnya berbeda, tergantung pada bahan baku yang digunakan, proses dan cara kerja karyawan dalam pabrik.

Limbah yang ditimbulkan oleh industri pupuk urea terdiri dari limbah cair yang mengandung amoniak, urea, asam, basa dan minyak; limbah gas mengandung karbon dioksida, gas amoniak, debu urea dan limbah padat yang terdiri dari urea *reject*, katalis bekas dan karung plastik bekas.

### 2.1.2. Sifat dan wujud amoniak

Istilah amoniak ditujukan untuk 2 spesies kimia, yaitu  $\text{NH}_3$  (bentuk tidak terionisasi) dan  $\text{NH}_4^+$  (bentuk terionisasi). Di dalam air, kedua spesies ini berada dalam kesetimbangan:



Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) merupakan gas tak berwarna yang berbau sangat menyengat. Senyawa ini mudah dicairkan dan kelarutannya dalam air sangat tinggi, satu bagian volume air akan melarutkan 1,30 bagian volume  $\text{NH}_3$ . Sifat fisik dari amoniak disajikan pada Tabel 2.1.

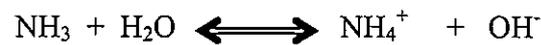
Tabel 2.1. Sifat Fisik Amoniak

Sifat	Nilai
Berat molekul, g/mol	17,03
Titik didih, °C	-33,35
Titik beku, °C	-77,7
Temperatur kritis, °C	133,0
Tekanan kritis, kPa (psi)	11,42 (1657)
Kalor jenis, J/(kg.K)	
0 °C	2097,2
100 °C	2226,2
200 °C	2105,6
panas pembentukan gas ( $\Delta H$ ), kJ/(kg.mol), (Btu/lb.mol)	
0 K	-39,22 (-16,86)
298 K	-46,22 (-19,87)
kelarutan dalam air, % berat	
0 °C	42,8
20 °C	33,1
40 °C	23,4
60 °C	14,1
berat jenis <sup>a</sup>	
-40 °C	0,69
0 °C	0,64
40 °C	0,58

Sumber : Kent, 1997

Amoniak murni pada suhu kamar dan tekanan 1 atm berbentuk uap, pada temperatur  $-33$  °C berbentuk cairan. Gas amoniak merupakan gas yang toksis

dengan Nilai Ambang Batas di udara untuk 8 jam kerja adalah 35 ppm. Amoniak merupakan gas yang higroskopis, mudah menyerap air dan mempunyai kelarutan terhadap air pada semua komposisi. Di dalam air sebagian amoniak akan terionisasi menjadi ion  $\text{NH}_4^+$  dan sebagian lagi masih berupa  $\text{NH}_3$  bebas yang berada dalam kesetimbangan, dengan ionnya yaitu  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$  :



Adanya ion  $\text{OH}^-$  menjadikan pH larutan menjadi basa dan ini tergantung dari besarnya  $\text{OH}^-$  dimana semakin pekat amonia dalam air semakin tinggi  $\text{OH}^-$  juga semakin tinggi pula  $\text{NH}_3$  bebasnya. Pada konsentrasi  $\text{NH}_3 = 90$  ppm, pH sudah mencapai 9.

$\text{NH}_3$  merupakan spesies yang beracun (toksik) dengan  $\text{LD}_{50}$  adalah  $1 \mu\text{g/L}$ . Sebagai gas, amoniak dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan, iritasi pada mata dan kulit, dapat menyebabkan mata dan hidung berair, batuk, bahkan kematian. Sebagai larutan pekat, amoniak dapat menyebabkan kulit dan mata terbakar.

Kesetimbangan  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  dari perbagai pH disajikan dalam Tabel 2.2.

**Tabel 2.2.  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$  pada Berbagai pH**

BENTUK	% $\text{NH}_3$ ATAU $\text{NH}_4^+$ PADA BERBAGAI pH					
	6	7	8	9	10	11
$\text{NH}_3$	0	1	4	25	78	96
$\text{NH}_4^+$	100	99	96	75	22	4

Dari Tabel 2.2 dilihat bahwa bila pH dapat diturunkan hingga 7 maka hanya 1 % saja yang masih berupa amoniak bebas sedangkan bila pH nya mencapai 11 maka akan ada 96 % amoniak berupa amoniak bebas. Untuk menurunkan pH dapat dilakukan dengan mereaksikan amoniak dengan asam atau bahan yang bersifat asam. Penggunaan asam sangat baik untuk menurunkan pH ini namun biaya untuk pengadaan asam menjadi besar dan mahal karena jumlahnya yang besar dan kontinu, disamping itu penetralan dapat dilakukan dengan gas CO<sub>2</sub>.

NH<sub>3</sub> mulai meracuni organisme air tawar pada kisaran konsentrasi 0,53 hingga 22,8 mg/L. Kadar amoniak yang berlebih dalam air menyebabkan gangguan pada ikan. Salah satu efek yang paling signifikan adalah kerusakan insang, sehingga konsekuensinya respirasi ikan akan terganggu. Insang juga penting untuk keseimbangan asam-basa dalam mengatur pH darah ikan serta untuk pertukaran ion untuk menjaga jumlah ion-ion penting seperti natrium dan klorida dalam darah. Oleh karena itu, kerusakan insang akan mengganggu terjadinya sejumlah proses penting dalam metabolisme di tubuh ikan. Amoniak juga menyebabkan kerusakan kulit, sirip dan usus. Paparan amoniak yang lebih kronis menyebabkan terhambatnya pertumbuhan, mematikan sistem kekebalan serta merusak sistem syaraf.

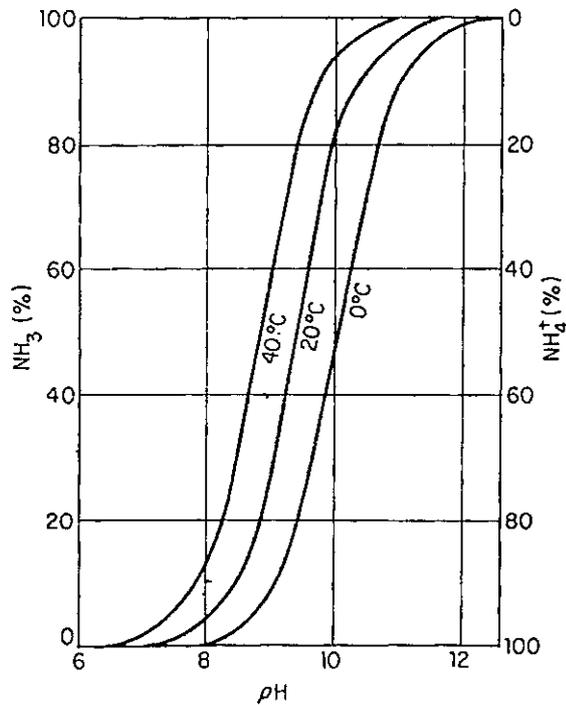
Pembuangan larutan amoniak ke badan air untuk pabrik pupuk diatur dalam baku mutu limbah cair yang diukur sebagai beban pencemaran amoniak terhadap produksinya. Dalam hal ini baku mutu hanya melihat parameter dari analisis amoniak sebagai nitrogen atau NH<sub>3</sub>-N saja. Namun bila konsentrasinya sangat tinggi meskipun laju alir sedikit dan beban kecil akan menjadi masalah juga, karena konsentrasi yang tinggi akan menimbulkan bau yang sangat menyengat dan juga dapat meracuni biota air. Oleh karena itu, meskipun *chemical pond* pada dasarnya bukan merupakan instalasi pengolahan air buangan, perlu kiranya dilakukan pengolahan di tempat ini supaya risiko pencemaran yang ditimbulkan apabila limbah akan dibuang ke lingkungan menjadi berkurang.

Seperti telah disebutkan sebelumnya, bahwa di dalam air amoniak berada dalam kesetimbangan antara amoniak bebas (NH<sub>3</sub>) dan ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Toksisitas amoniak lebih disebabkan oleh kandungan amoniak bebas, amoniak dalam bentuk ion ammonium sudah sangat berkurang toksisitasnya. Oleh karena itu limbah agar aman dibuang ke lingkungan perairan, kandungan amoniak bebas dalam limbah harus direduksi dengan cara menguapkannya ke udara, atau dapat juga dilakukan dengan merubah spesies amoniak yang ada dalam limbah ke dalam bentuk ion ammonium.

Sebelum limbah amoniak dibuang, sering kali ditemui kesulitan dalam menentukan apakah limbah amoniak lebih banyak berada dalam bentuk amoniak bebas ataukah lebih banyak berada dalam bentuk ion ammonium, karena analisis kandungan amoniak dalam limbah cair biasanya hanya menyajikan data kandungan amoniak total ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ).  $\text{NH}_3\text{-N}$  adalah total senyawa amoniak dalam bentuk amoniak bebas ( $\text{NH}_3$ ) dan ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).

Cara termudah untuk mengetahui apakah amoniak mayoritas berada dalam bentuk amoniak bebas ataukah dalam bentuk ion ammonium adalah dengan melihat parameter pH dan temperatur air limbah. Makin tinggi pH dan temperatur air limbah maka amoniak cenderung berada dalam bentuk amoniak bebas, hal ini berarti air limbah makin beracun (toksik). Persentase amoniak bebas dalam air limbah dan hubungannya dengan pengaruh pH dan temperatur disajikan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengaruh pH dan temperatur terhadap distribusi amoniak bebas ( $\text{NH}_3$ ) dan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). (Culp dkk., 1978)

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa untuk mengurangi toksisitas limbah amoniak supaya aman dibuang ke lingkungan, maka spesies limbah amoniak harus dibuat agar berada dalam bentuk ion amonium, caranya adalah dengan menurunkan pH air limbah, karena pada pH rendah amoniak mayoritas akan *exist* dalam bentuk ion amonium.

### 2.1.3. Karbon dioksida dan Karbonat

Senyawa lain yang dapat digunakan untuk menurunkan pH air limbah adalah gas  $\text{CO}_2$ . Gas  $\text{CO}_2$  adalah gas yang mempunyai sifat hampir sama dengan amoniak bila berada dalam larutan yaitu berada dalam kesetimbangan antara  $\text{CO}_2$ -HOH ( atau  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ) dengan  $\text{CO}_2$  bebasnya (lihat Tabel 2.3).

Tabel 2.3. Keseimbangan CO<sub>2</sub> dalam air

	pH								
	4	5	6	7	8	8,3	9	10	11
% CO <sub>2</sub>	99,5	95,4	67,7	17,3	2,0	1,0	0,2		
% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,5	4,6	32,2	82,7	97,4	97,8	94,1	62,5	14,3
% CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>					0,6	1,2	5,7	37,5	85,7

Sumber : Agus Hadiyanto,2002

Dari Tabel 2.3. terlihat bahwa pada pH = 11 terdapat 85,7% ion karbonat (CO<sub>3</sub><sup>=</sup>) yang dapat bereaksi dengan ion amoniak sehingga ada sebagian amoniak bebas yang berubah menjadi ion sehingga persentase amoniak bebas menjadi turun dan pH juga akan turun sehingga pada pH = 7 tidak ada lagi ion karbonat tetapi masih ada ion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sebanyak 82,7% dan semua ion karbonat akan berubah menjadi bikarbonat. Dari 82,7% ion bikarbonat ini akan bereaksi dengan ion ammonium sehingga terdapat amoniak bebas yang berubah menjadi ion ammonium. Hubungan antara keseimbangan antara gas dan ion dari Tabel 2.2. dan Tabel 2.3. ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Dari Tabel 2.4 pada kondisi pH = 7, yang terjadi adalah :

- o Terdapat 82,7% ion bikarbonat dan 17,3% CO<sub>2</sub> bebas.
- o Terdapat 99% ion ammonium dan hanya 1% amoniak bebas.

Pada kondisi ini gas NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dapat terlepas ke udara adalah 1% amoniak dan 17,3% CO<sub>2</sub> sehingga dalam hal ini toksisitas amoniak menjadi sangat jauh berkurang baik dalam limbah cair maupun di paparan udaranya.

Tabel 2.4. Besaran CO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub> (%) pada berbagai pH

BENTUK	pH					
	6	7	8	9	10	11
NH <sub>3</sub>	0	1	4	25	78	96
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100	99	96	75	22	4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	32,2	82,7	97,4	97,8	94,1	62,5
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>			0,6	1,2	5,7	37,5
CO <sub>2</sub>	67,7	17,3	2,0	1,0	0,2	

Sumber : Agus Hadiyanto,2002

Dari Tabel 2.4. dapat dilihat bahwa dalam larutan yang mengandung amoniak dan karbon dioksida, terjadi pembentukan ion ammonium bikarbonat seperti ditunjukkan reaksi berikut ini.



Garam ammonium bikarbonat larut dalam air membentuk ion hingga pada konsentrasi lewat jenuhnya selanjutnya ammonium bikarbonat akan mengkristal seperti garam. Karena dalam air limbah konsentrasi amoniak hanya sampai sekitar 1% saja (10000 ppm) maka tidak akan terjadi kristal ammonium bikarbonat.

Teknik penurunan pH dilakukan berdasarkan prinsip netralisasi asam-basa, karena limbah amoniak bersifat basa, maka untuk menetralkan atau menurunkan pH nya dilakukan dengan jalan mereaksikannya dengan senyawa yang bersifat asam. Gas CO<sub>2</sub> dapat digunakan untuk menetralkan limbah yang mengandung amoniak yang bersifat basa, karena di dalam air gas karbon dioksida akan terlarut dan membentuk asam lemah karbonat ataupun bikarbonat.

#### 2.1.4. Sifat dan Bentuk Ammonium Bikarbonat

Ammonium bikarbonat berbentuk serbuk putih dengan sedikit berbau amoniak. Pada suhu kamar bersifat sedikit *volatil*, dimana ammonium bikarbonat terdekomposisi pada suhu di atas 59<sup>0</sup>C. Dalam bentuk terlarut dalam air bersifat sedikit basa. Ammonium bikarbonat bereaksi dengan asam dan menghasilkan gas karbon dioksida dan dengan basa akan menghasilkan gas amoniak.

Ammonium bikarbonat bersifat korosif terhadap nikel, tembaga, dan bermacam paduan, namun tidak berlaku untuk material *stainless steel*, *aluminium*, *glass*, *ceramic*, *rubber* dan plastik. Pemakaian ammonium bikarbonat secara luas untuk industri roti, farmasi, penyamakan kulit, tambang dan resin.

Konsentrasi ammonium bikarbonat pada berbagai suhu ditunjukkan pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5. Kelarutan Amonium bikarbonat pada berbagai suhu**

No.	Temperature (°C)	NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> ( % wt )
1	0	10,6
2	10	13,9
3	20	17,8
4	30	22,1
5	40	26,8
6	50	31,6

Sumber: *BASF Technical Data Sheet*

## 2.2. Air Limbah Amoniak di PT Pupuk Kaltim Tbk.

### 2.2.1. Pengertian

Pengertian air limbah amoniak adalah :

- a). Semua larutan yang keluar dari peralatan unit *in-plant treatment* ke unit *end of pipe treatment* atau ke saluran pembuangan.
- b). Semua larutan yang keluar dari peralatan proses ke unit *end of pipe treatment* atau ke saluran pembuangan langsung.

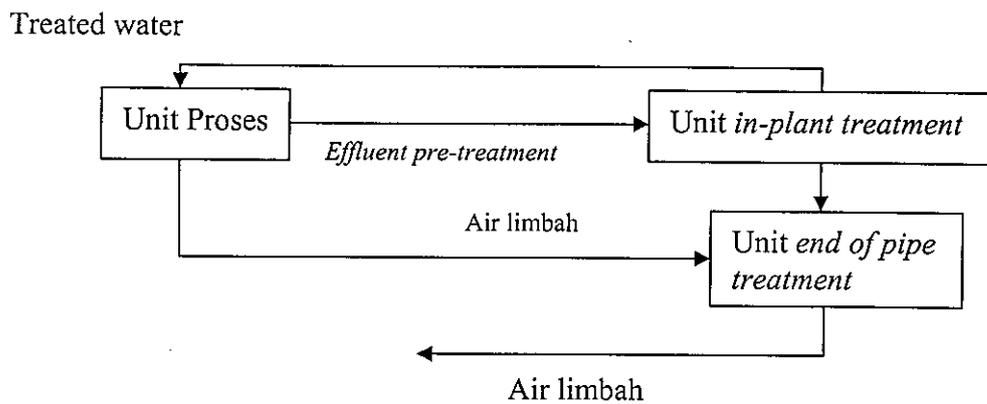
*In-plant treatment* adalah peralatan pengolah limbah yang melekat di dalam proses produksi dan digunakan untuk mengolah *intermediate waste* agar dapat didaur ulang, sedangkan *end of pipe treatment* adalah peralatan pengolah limbah yang berada di luar proses produksi dan digunakan untuk mengolah limbah agar limbah tersebut memenuhi persyaratan baku mutu, dan jika perlu dapat digunakan kembali atau dimanfaatkan untuk penggunaan lainnya.

Air limbah yang keluar dari unit *end of pipe treatment* masih mengandung amoniak maupun senyawa sejenis yang dapat terurai menjadi amoniak yang dinyatakan sebagai  $\text{NH}_3\text{-N}$ , contohnya adalah karbamat dan urea. Sedangkan semua larutan yang keluar dari peralatan proses ke unit *in-plant treatment* disebut *effluent pre-treatment* sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.

Air limbah dalam diagram blok pada Gambar 2.2 dapat berasal dari pelarutan dan embunan gas amoniak dalam uap air di pabrik amoniak, serta merupakan sisa hasil reaksi dari pembentukan urea di pabrik urea.



Dengan kata lain air limbah amoniak merupakan larutan amoniak dan atau larutan karbamat dan atau larutan urea sendiri dan atau campuran ketiganya.



Gambar 2.2 Diagram blok proses air limbah

### 2.2.2. Sumber terjadinya air limbah yang mengandung amoniak

Air limbah yang mengandung amoniak dapat berasal dari peralatan proses di pabrik amoniak dan urea.

#### a).Pabrik amoniak

Terutama terdapat pada lokasi seperti di *separator-separator kondensor*, berupa embunan uap air yang mengandung amoniak. Umumnya jika tidak terjadi kebocoran, biasanya kadar amoniak dalam air limbah dari unit ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan baku mutu.

#### b).Pabrik urea

Terdapat di lokasi *finishing* yaitu di *down stream reactor* urea, artinya jika sewaktu-waktu terjadi *emergency* maka peralatan setelah reaktor urea dapat mengeluarkan air limbah, namun dalam keadaan normal hanya unit *waste water treatment* (WWT) saja yang mengeluarkan air limbah dan unit *waste water treatment* hanya terdapat pada proses *stripping*.

### 2.2.3. Peralatan *in-plant treatment* di pabrik pupuk

Sistem pengolahan air limbah pabrik pupuk pada umumnya dilakukan dengan proses fisis melalui pendekatan "*in-plant treatment* ", di mana air limbah yang keluar dari peralatan proses menuju unit *in-plant treatment* yang disebut *effluent pre-treatment* sudah diupayakan diolah sehingga **air limbah** yang keluar dari unit *in-plant treatment* ini memenuhi Baku Mutu Air Limbah (BMAL). Hal ini memang perlu dilakukan sebab lebih mudah mengolah *effluent pre-treatment*

yang mengandung amoniak/karbamat di dalam proses dari pada mengolah air limbah yang mengandung amoniak/karbamat maupun air limbah Urea.

Peralatan yang secara umum dipakai pada pabrik pupuk dengan pendekatan *in-plant treatment* untuk mengolah *effluent pre-treatment* adalah :

1. Unit *Stripper*.
2. Unit *Hydrolizer*.
3. Unit *Scrubber*.
4. Unit *Urea solution pit*.

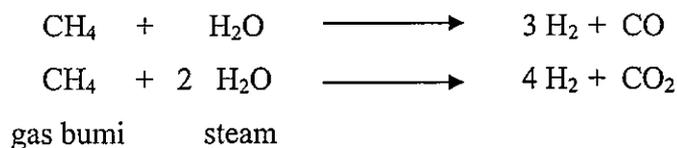
#### 2.2.3.1. Unit *Stripping*

Peralatan ini terdiri dari *Stripper* dan alat penukar panas (*Heat Exchanger*). Unit ini digunakan untuk melepaskan kandungan amoniak di dalam air sisa-sisa proses, yang seharusnya langsung dibuang sebagai air limbah karena sebenarnya air sisa proses tersebut sudah tidak berguna lagi dalam proses produksi pembuatan amoniak. Proses *Stripping* ini dalam penerapannya digunakan di pabrik amoniak dan di pabrik urea, untuk penjelasan prosesnya sebagai berikut :

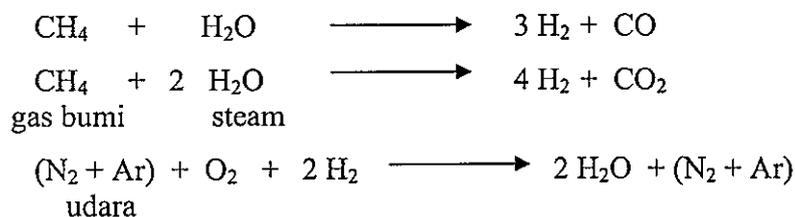
##### a) Proses *Stripping* di Pabrik Amoniak

Air limbah dari pabrik amoniak disebut *Process Condensate*, yang diperoleh dari kelebihan steam yang dipergunakan dalam reaksi reforming yaitu :

##### Reaksi di Unit Primary Reformer :

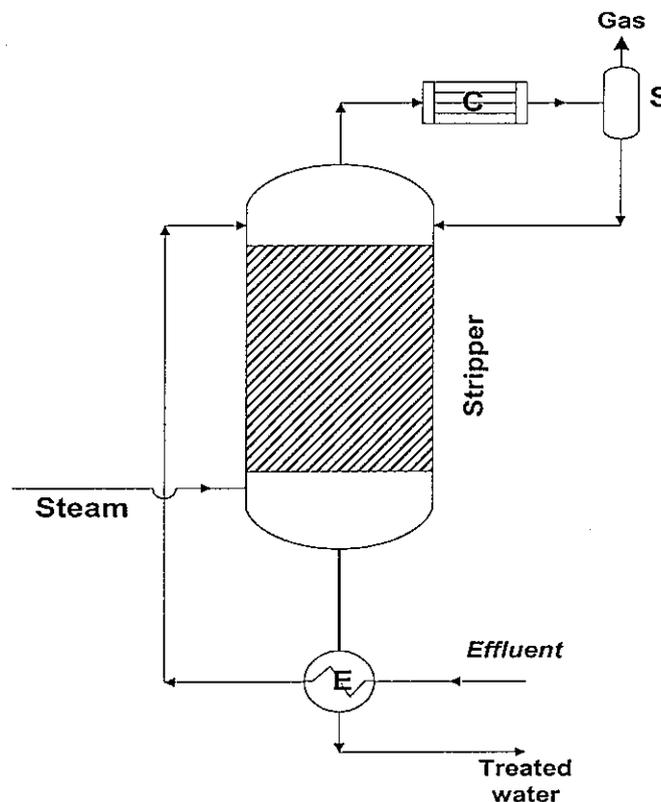


##### Reaksi di Unit Secondary Reformer :



Selama *Amoniak plant* beroperasi, sejumlah kecil Amoniak terbentuk di *Secondary Reformer* dan sejumlah kecil Methanol terbentuk di *Converter LTS (Low Temperatur Shift)*. Bersama-sama dengan gas  $\text{CO}_2$  dalam gas *Synthesa*,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CH}_3\text{OH}$  tersebut akan larut dalam *process condensate*. *Process condensate* yang mengandung  $\text{NH}_3$  ini tidak dibuang tetapi dimanfaatkan lagi atau didaur ulang menjadi air yang memenuhi syarat untuk umpan boiler.

Pengolahan air limbah tersebut dilakukan dengan pemisahan yang menggunakan menara *stripping (degasifier)* dengan sistim pemanas *open steam* atau di dalam proses pabrik amoniak sering disebut *LP steam (Low Pressure Steam)*. *Overhead Vapor* dari *Column Degasifier* dikondensasikan dan dipergunakan sebagai pemanas  $\text{CO}_2$  di Unit  *$\text{CO}_2$  removal*. Diagram alir sederhana *Unit Recovery Process Condensate* yang diuraikan di atas yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 dibawah ini, diterapkan dipabrik Kaltim-1. Uap air yang membawa sedikit gas-gas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  dan methanol dibuang ke udara luar.



Gambar 2.3 Diagram Alir Unit *Recovery Process Condensate*

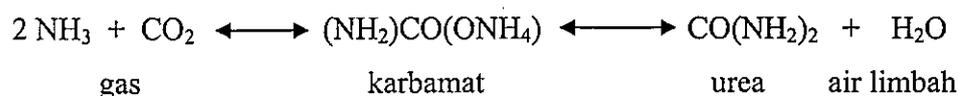
Keterangan gambar : C = *Condensor*; S = *Separator*; E = *Heat Exchanger*

Proses daur ulang ini belum termasuk melakukan *recovery* buangan air limbah dari *Separator Syn Gas Compressor*, di mana pada *inter cooler syn gas compressor* ini terdapat 3 *stage separator* yang masing-masing mengeluarkan air limbah yang mengandung amoniak cukup tinggi yaitu total rata-rata beban pencemaran sekitar 0,1 kg NH<sub>3</sub>/ton produksi amoniak (Baku Mutu Air Limbah 0,3 Kg NH<sub>3</sub>/ton produksi maksimum, berdasarkan SK. Men. LH. Nomor : KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri).

Pabrik amoniak Kaltim-2 yang menggunakan proses Kellogg selain melakukan daur ulang semua proses kondensat juga termasuk mendaur ulang air limbah dari *separator syn gas* stage satu yang mengandung amoniak paling tinggi diantara stage 2 dan 3. Air limbah dari proses kondensat di pabrik amoniak Kaltim-2 ini dibersihkan di unit stripper dengan menggunakan proses *stripping open steam*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa secara prinsip pengolahan air limbah unit produksi amoniak di pabrik pupuk adalah dengan cara proses *stripping open steam* atau *degasifier*, namun variasi dan kombinasinya saja yang berbeda-beda.

#### b). Proses *Stripping* di Pabrik Urea

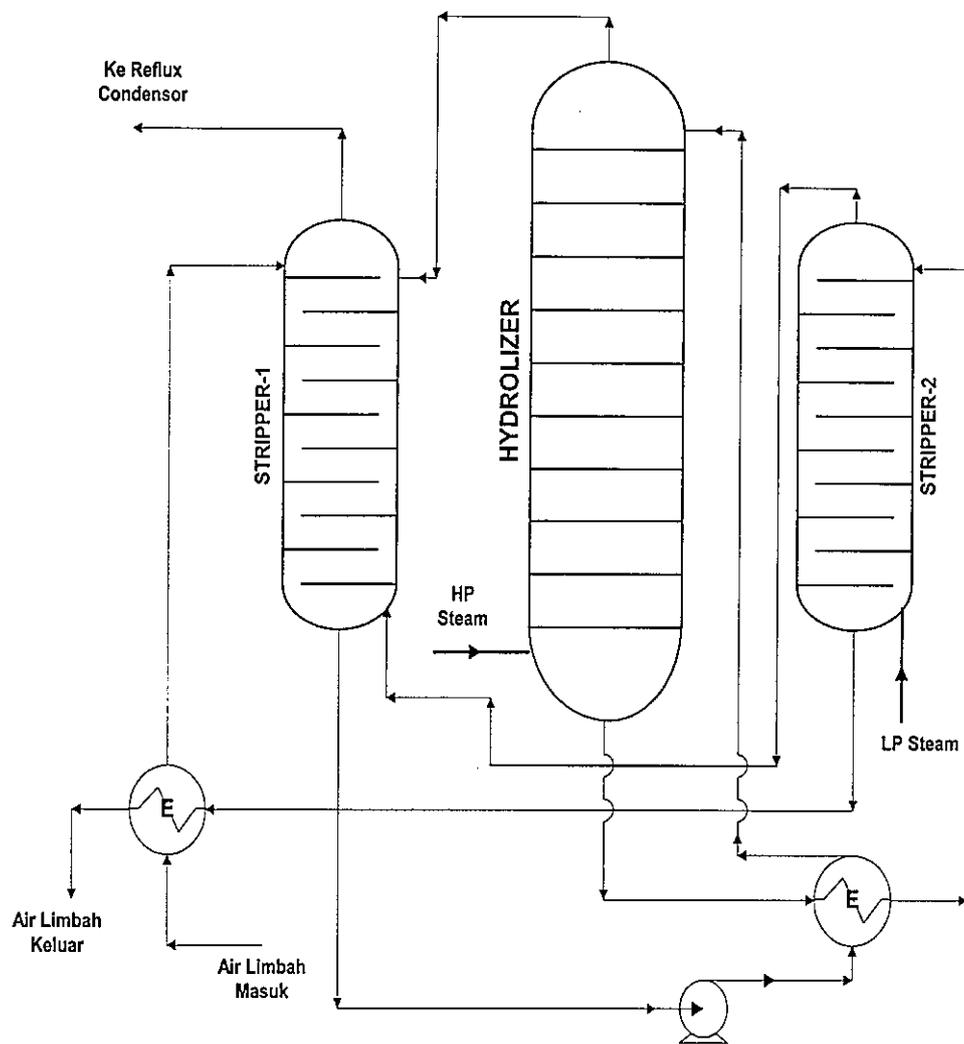
Pada proses pembuatan Urea terbentuk air yang mengandung sisa NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> dan Urea.



Sebelum air yang sudah tidak bisa dimanfaatkan dibuang ke laut, maka kandungan NH<sub>3</sub> dan Urea harus serendah mungkin sampai mencapai nilai ambang batas yang aman sehingga tidak mencemari lingkungan dan juga zat-zat yang berharga dapat diperoleh kembali.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, pengolahan air limbah yang dilakukan dengan proses *Stripping* dan hidrolisis sebagai berikut :

Air limbah proses *condensate* di pompa ke bagian atas menara *stripper* melalui alat penukar panas sehingga temperaturnya naik dari  $59^{\circ}\text{C}$  ke  $112^{\circ}\text{C}$ . Di dalam *stripper-I*, proses *condensate* mengalir ke bawah dan berkontak dengan uap panas, sehingga temperatur proses *condensate* naik menjadi sekitar  $137^{\circ}\text{C}$  kandungan  $\text{NH}_3$  nya akan turun. Cairan dari bagian bawah *stripper-I* dipompakan ke *Hydrolizer* melalui alat penukar panas untuk menaikkan temperaturnya menjadi sekitar  $180^{\circ}\text{C}$ .



E = Heat Exchanger

Gambar 2.4 Diagram Alir Sederhana *Treatment* Air Limbah di Pabrik Urea.

### 2.2.3.2 Unit Hydrolizer

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 , di dalam *hydrolizer* temperatur cairan dinaikkan dengan memakai HP Steam. Gas-gas yang dibebaskan akan mengalir dari bagian atas *Hydrolizer* ke *stripper-I*, sedangkan cairannya dari bagian bawah *Hydrolizer* dipompakan ke bagian atas *stripper-II*. Di dalam *stripper-II*, cairan yang turun ke bawah akan berkontak dengan LP Steam yang disuplai dari bawah, sehingga  $\text{NH}_3$  yang ada akan *distripping* dan dibawa oleh steam ke atas. Air di bagian bawah *Stripper-II*, kandungan  $\text{NH}_3$  dan Ureanya sudah rendah, yaitu tidak lebih dari 5 ppm  $\text{NH}_3$  dan 5 ppm Urea. Setelah didinginkan sampai 50 °C, air ini dibuang ke selokan air limbah yang akhirnya dibuang ke laut.

### 2.2.3.3 Unit Urea Scrubber

Pada unit sintesa di pabrik urea terdapat sisa-sisa gas hasil reaksi yaitu berupa gas  $\text{CO}_2$  dan gas  $\text{NH}_3$ , di mana gas-gas ini pada proses konvensional sering langsung dibuang ke udara, namun pada proses yang baru (proses *stripping*) gas-gas ini dikirim ke unit *scrubber* untuk dikembalikan lagi ke reaktor urea sebagai *side stream feed* yang bergabung dengan umpan segar sehingga secara normal tidak ada lagi gas buang di pabrik urea. Pada umumnya pabrik-pabrik pupuk urea sudah dilengkapi dengan peralatan ini.

### 2.2.3.4 Unit Urea Solution Pit

Salah satu usaha yang dilakukan pabrik pupuk untuk mendaur ulang limbah padat yaitu dengan memasang peralatan *Urea Solution Pit*, yaitu peralatan yang dipakai untuk melarutkan dan membuat larutan bersih dari ceceran debu urea, baik yang berada disekitar menara pembutir maupun digudang urea, untuk kemudian larutan tersebut dikirim ke Unit *finising* untuk dibuat sebagai urea *melt* dan selanjutnya dibutirkan di menara pembutir.

Pabrik Pupuk Kaltim cukup mempunyai satu unit peralatan ini saja yang dipakai secara bersama oleh pabrik-pabrik yang lain, namun pabrik-pabrik pupuk yang lain umumnya jarang memasang peralatan ini walaupun nampaknya peralatan ini sangat sederhana, sebab hanya diperlukan sebuah kolam dengan

ukuran 3m X 3m X 3m yang dilengkapi dengan pemanas *coil* dengan media *steam LP, sum pump, filter* dan sistim pemipaan dari urea pit ini ke sistim proses.

Untuk membantu mengatasi air limbah supaya tidak dibuang pada saat *shut-down*, maka diperlukan sarana *Urea Interconnection (tie-in)*. Peralatan ini digunakan apabila dalam satu lokasi terdapat lebih dari satu pabrik Urea, contoh PT. Pupuk Kaltim. Biasanya setiap pabrik pupuk apabila *shut-down* lebih dari 24 jam maka semua larutan karbamat/urea/amoniak harus dikeluarkan dari sistim (pemipaan dan peralatan) karena kadar biuretnya sudah tidak memenuhi persyaratan.

## **2.3 Pengolahan Limbah Cair Amoniak di *Chemical Pond* Kaltim-3**

### **2.3.1 *Chemical Pond* Kaltim-3**

*Chemical Pond* Kaltim-3 berbentuk persegi dengan ukuran 50 m x 50 m, dengan kedalaman 2 m. *Chemical Pond* ini dilengkapi dengan sebuah *aerator*. Menurut prosedur ISO 14001 PL-PRO-22, *Chemical Pond* bukan merupakan suatu instalasi pengolahan air buangan, namun berfungsi sebagai tempat penampungan sementara yang digunakan untuk menampung *effluent* pabrik pada saat abnormal. Oleh karena itu, pada saat air buangan tidak melebihi beban pencemar yang dipersyaratkan (0,75 kg/ton produk), air buangan tersebut langsung dibuang ke laut. Berdasarkan prosedur ini dapat diketahui bahwa penggunaan *Chemical Pond* bersifat sementara, yaitu sampai keadaan operasional pabrik normal kembali.

## **BAB III**

### **METODA PENELITIAN**

#### **3.1. Rancangan Penelitian**

Pada penelitian ini akan dicari kondisi optimal siseim penggelembungan CO<sub>2</sub> guna mendapatkan kesetimbangan yang optimal antara kebutuhan CO<sub>2</sub> dan reaksi penetralan yang diinginkan.

#### **3.2. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah pengujian CO<sub>2</sub> sebagai bahan untuk menurunkan amoniak air limbah yang ada di *Chemical Pond* dalam skala laboratorium

#### **3.3. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di area PT. Pupuk Kaltim, dengan mengambil sumber CO<sub>2</sub> dari proses pabrik dan sampel penelitian dari air limbah artificial dan *Chemical Pond*.

#### **3.4. Variable Penelitian**

##### **3.4.1. Variabel tetap**

1. Volume limbah
2. Suhu.
3. Tekanan CO<sub>2</sub>
4. Laju alir CO<sub>2</sub>

##### **3.4.2. Variabel berubah**

1. Konsentrasi amoniak
2. Ukuran gelembung
3. Limbah bahan penelitian

### 3.5. Definisi

- \* Laju alir CO<sub>2</sub> adalah banyaknya CO<sub>2</sub> yang mengalir ke tabung percobaan tiap satuan waktu
- \* pH adalah derajat keasaman (banyaknya ion H<sup>+</sup>) pada suatu larutan
- \* Konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah banyaknya CO<sub>2</sub> pada larutan percobaan
- \* Konsentrasi NH<sub>3</sub> adalah banyaknya NH<sub>3</sub> pada larutan percobaan

### 3.6. Instrumen Penelitian

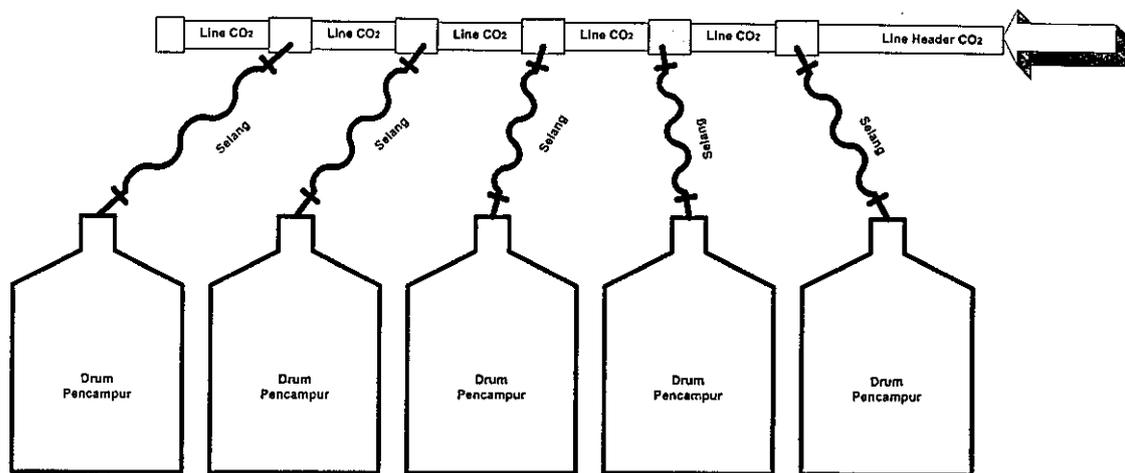
#### 3.6.1. Alat yang digunakan

1. Drum kecil 20 liter / Ember 15 liter
2. Tabung berpori
3. pH meter
4. Flow meter
5. Gelas ukur 1L; 50 ml; pipet
6. *Stop watch*
7. Selang plastik
8. Pipa plastik berlubang
9. Batu apung

#### 3.6.2. Bahan

1. Air limbah amoniak dari *chemical pond* Kaltim-3
2. Amoniak teknis dari laboratorium.
3. Gas CO<sub>2</sub> dari *line* pabrik
4. Air kran / *portable water*

### 3.6.3. Gambar Rangkaian Peralatan



## 3.7. Pelaksanaan Penelitian

### 3.7.1. Limbah *Chemical Pond*

1. Air limbah diambil dengan memakai ember
2. Analisa amoniak dilakukan sebagai data awal (2822 ppm)
3. Rangkaian peralatan dengan keluaran gas CO<sub>2</sub> melalui batu apung
4. Air limbah dimasukkan ke dalam drum dengan variabel konsentrasi 353; 706; 1411; 2822; 3822; 4822; 5822 ppm, dengan cara pengenceran dan penambahan amoniak teknis
5. pH awal diukur pada masing-masing larutan
6. Pengukuran laju alir CO<sub>2</sub>
7. Gas CO<sub>2</sub> dimasukkan berdasarkan rangkaian yang ada
8. Penurunan pH diamati setiap selang waktu 5 menit
9. Percobaan dihentikan setelah waktu 60 menit

### 3.7.2. Limbah Buatan

1. Air kran disiapkan di dalam masing-masing drum percobaan
2. Amonia ditambahkan sehingga di dapat konsentrasi larutan untuk 1000; 2000; 3000; 4000 ppm pada setiap seri perlakuan

3. pH awal diukur pada masing-masing larutan
4. Pengukuran laju alir CO<sub>2</sub>
5. Gas CO<sub>2</sub> dimasukkan berdasarkan rangkaian yang ada
6. Penurunan pH diamati setiap selang waktu 5 menit
7. Percobaan dihentikan setelah penurunan pH tercapai

### 3.8. Pengumpulan Data

1. Analisis amoniak dan urea air limbah dilakukan di laboratorium
2. Pengenceran untuk konsentrasi rendah dan penambahan amoniak teknis 25% untuk konsentrasi tinggi
3. Untuk limbah buatan, ditambahkan amoniak teknis 25% ke dalam larutan sesuai konsentrasi yang diinginkan
4. Semua data yang didapat dicatat pada *form* yang telah disediakan

### 3.9. Analisis Data

Secara sederhana reaksi penetralan air limbah amoniak dengan gas CO<sub>2</sub> dapat dituliskan sebagai berikut :



Secara stoikiometris untuk setiap 1 mole NH<sub>3</sub> diperlukan gas CO<sub>2</sub> sebanyak 1 mole. Sesuai grafik kesetimbangan fraksi amoniak, CO<sub>2</sub> pada berbagai pH maka dihitung fraksi ionnya yang terdapat di larutan sehingga perubahan pH diikuti oleh perubahan fraksi ion namun karena limbah *chemical pond* merupakan larutan campuran amoniak dan urea maka perhitungan fraksi ion tidak digunakan.

Dari tabel dan grafik yang diperoleh dari hasil penelitian ini akan dicoba untuk mendapatkan suatu kesimpulan.

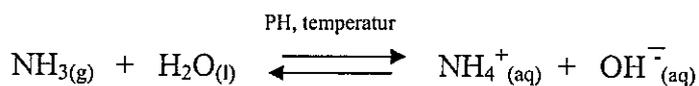
## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

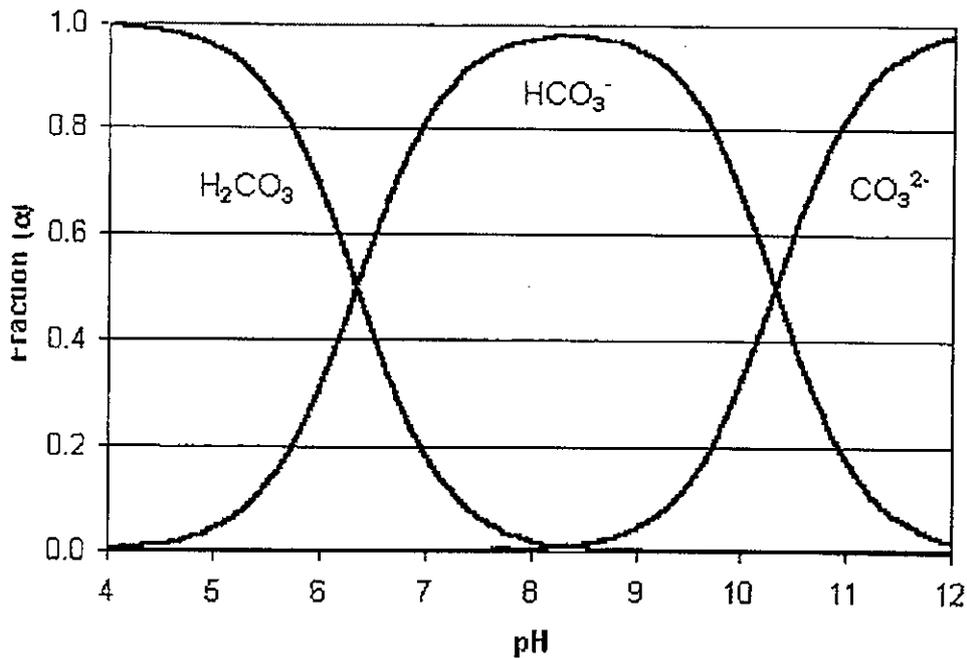
#### 4.1 Penelitian awal Pengolahan limbah dengan penggelembungan CO<sub>2</sub>

Permasalahan limbah cair amoniak adalah sifatnya yang beracun dan baunya yang sangat menyengat. Sifat toksik amoniak lebih disebabkan oleh kadar amoniak bebasnya, karena dalam bentuk ion ammonium sifat toksik tersebut telah jauh berkurang. Oleh karenanya pengolahan yang dilakukan terhadap air limbah amoniak bertujuan untuk mengurangi kadar amoniak bebasnya dengan cara merubah spesies amoniak dari bentuk amoniak bebas (tak terionisasi) menjadi bentuk ammonium (bentuk terionisasi).

Dalam air, terjadi kesetimbangan antara spesies amoniak bebas dengan spesies ion ammonium.



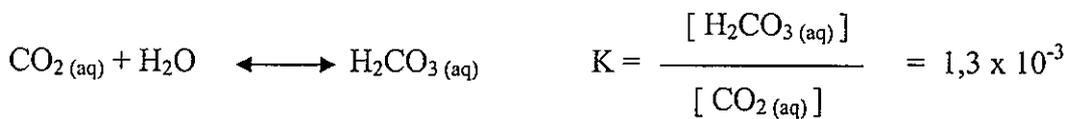
Untuk mendapatkan amoniak dalam bentuk ion ammonium, kesetimbangan harus digeser ke arah kanan. Kesetimbangan reaksi dipengaruhi oleh pH dan temperatur, karenanya dengan mengatur pH maka arah reaksi yang diinginkan dapat dicapai. Secara logika, agar reaksi bergeser ke arah kanan (ke arah pembentukan ion ammonium), konsentrasi ion OH harus diturunkan, cara yang paling mudah adalah mengikatnya dengan proton (H<sup>+</sup>), artinya ke dalam sistem air limbah amoniak perlu ditambahkan asam. Sejauh mana konversi amoniak ke dalam bentuk ion ammonium dapat diperkirakan dengan melakukan pengukuran pH air limbah. Perbandingan persentase amoniak bebas dan ion ammonium pada pH dan temperatur tertentu dapat diketahui dengan melihat grafik pada Gambar 4.1. Semakin rendah pH dan temperatur air limbah, spesies ion ammonium semakin banyak, artinya toksisitas air limbah semakin menurun.



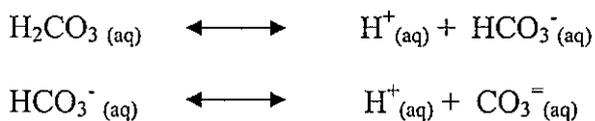
Gambar 4.1. Grafik fraksi CO<sub>2</sub> pada berbagai pH

Penggunaan asam untuk menurunkan pH memang merupakan alternatif yang terbaik, akan tetapi biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan asam menjadi besar dan mahal karena dibutuhkan asam dalam jumlah yang banyak dan kontinyu.

Salah satu zat lain yang dapat digunakan untuk menurunkan pH adalah gas CO<sub>2</sub>. gas CO<sub>2</sub> adalah gas yang mempunyai sifat hampir sama dengan amoniak bila berada dalam larutan, yaitu berada dalam kesetimbangan antara H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan CO<sub>2</sub> bebasnya.



H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang terbentuk dari pelarutan gas CO<sub>2</sub>, akan kehilangan 2 proton mengikuti reaksi kesetimbangan berikut ini :



Berikut ini disajikan tabel yang menyajikan data apabila amoniak dan CO<sub>2</sub> berada pada pH yang sama dan grafik fraksi CO<sub>2</sub> pada berbagai pH.

Tabel 4.1. Distribusi amoniak dan CO<sub>2</sub> pada berbagai pH

Bentuk	% CO <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub> pada berbagai pH					
	6	7	8	9	10	11
NH <sub>3</sub>	0	1	4	25	78	96
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100	99	96	75	22	4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	32,2	82,7	97,4	97,8	94,1	62,5
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>			0,6	1,2	5,7	37,5
CO <sub>2</sub>	67,7	17,3	2,0	1,0	0,2	

Berikut ini adalah data yang didapat dari proses penggelembungan CO<sub>2</sub> terhadap 50 L air limbah amoniak dari *chemical pond* Kaltim-3, dengan laju alir sebesar 120 ml/dtk.

Tabel 4.2. Pengaruh Penggelembungan CO<sub>2</sub> terhadap pH air limbah amoniak

Waktu (menit)	pH
0	8,93
15	8,86
30	8,57
45	8,38
60	7,88
75	7,57
90	7,27
105	7,09
120	6,97
135	6,91

Dari Tabel 4.2. terlihat bahwa penggelembungan CO<sub>2</sub> dapat diterapkan untuk menurunkan pH air limbah, artinya gelembung CO<sub>2</sub> mampu mengurangi tingkat toksisitas air limbah. Data analisis laboratorium juga menunjukkan bahwa sebelum penggelembungan CO<sub>2</sub> kadar NH<sub>3</sub>-N air limbah adalah sebesar 1027,6 mg/l, namun setelah penggelembungan dengan CO<sub>2</sub> selama 145 menit, kadar NH<sub>3</sub>-N tetap menjadi 1019,1 mg/l, artinya hanya ada sejumlah kecil senyawa amoniak yang hilang, dan kemungkinan terbesar adalah amoniak bebas, karena diantara spesies amoniak lainnya, amoniak bebas lebih mudah hilang atau lepas ke udara.

Bukti lain yang menunjukkan bahwa penurunan pH dan penurunan toksisitas air limbah amoniak yang terjadi memang diakibatkan oleh gas CO<sub>2</sub> dan bukan semata-mata hanya dikarenakan adanya gelembung. Berikut ini disajikan data perbandingan apabila air limbah amoniak digelembungkan dengan CO<sub>2</sub> dan apabila digelembungkan dengan udara (aerasi).

Tabel 4.3. Perbandingan perubahan pH air limbah amoniak dengan gelembung CO<sub>2</sub> dan gelembung udara (aerasi).

CO <sub>2</sub>		udara (aerasi)	
Waktu (menit)	pH air limbah	Waktu (menit)	pH air limbah
0	8,53	0	8,53
5	8,02	5	8,54
10	7,34	10	8,52
15	7,00	15	8,51
20	6,89	20	8,52
25	6,85	25	8,50
30	6,85	30	8,53

Air limbah amoniak sebelum *digelembungkan* kadar NH<sub>3</sub>-N nya sebesar 1275,4 mg/l, setelah *digelembungkan* dengan CO<sub>2</sub> dan dengan udara (aerasi) kadar NH<sub>3</sub>-N nya tidak berubah secara signifikan dan terukur berturut-turut sebesar 1252,3 mg/l dan 1232,5 mg/l.

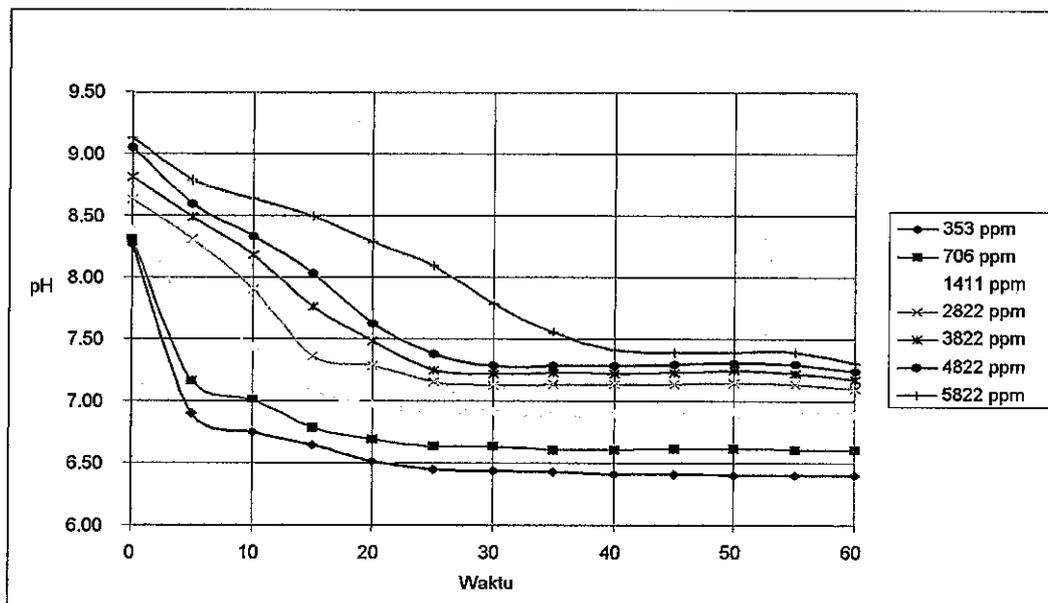
Dalam hal ini maka dengan kedua cara penggelembungan, kadar amoniak total (NH<sub>3</sub>-N) tidak dapat diturunkan secara drastis, tetapi gelembung CO<sub>2</sub> mampu menurunkan kadar amoniak bebas dan menurunkan toksisitas air limbah dengan cara merubah bentuk amoniak bebas menjadi ion amonium yang tidak berbahaya. Secara fisis juga terdapat perbedaan antara air limbah amoniak yang *digelembungkan* CO<sub>2</sub> dengan yang *digelembungkan* udara, air limbah amoniak yang *digelembungkan* CO<sub>2</sub> sudah tidak berbau, berbeda dengan yang *digelembungkan* udara, yang jelas-jelas masih tercium bau amoniak yang sangat menyengat. Ini menandakan bahwa gas CO<sub>2</sub> adalah faktor dominan yang menyebabkan penurunan bau dan kadar amoniak bebas dalam air limbah sementara pemasukan gas dengan cara penggelembungan merupakan faktor pendukungnya.

## 4.2. Pengolahan CO<sub>2</sub> dengan Metode Pengelembungan

### 4.2.1. Pengelembungan CO<sub>2</sub> dari limbah *Chemical Pond* dengan batu apung

Limbah dari chemical pond yang dilakukan perlakuan menggunakan aliran gas CO<sub>2</sub> dalam bentuk gelembung mempunyai konsentrasi NH<sub>3</sub> sebesar 2822 ppm. Untuk mengetahui respons terhadap pemberian gas CO<sub>2</sub>, dilakukan pengenceran dan penambahan NH<sub>3</sub> sehingga diperoleh seri konsentrasi dari 353 sampai dengan 5822 ppm. Pengenceran dilakukan pada limbah dengan kandungan amoniak 2822 ppm dengan menambahkan air, sedangkan untuk mendapatkan konsentrasi tinggi dengan menambahkan ammonia teknis 25%. Pengambilan variabel ini berdasarkan rekaman hasil analisis di *Chemical Pond*. Konsentrasi tinggi merupakan karakteristik pada saat pabrik mengalami shut down.

Aliran gas CO<sub>2</sub> ke dalam air limbah yang mengandung NH<sub>3</sub> mempunyai laju alir 7.2 ltr/mnt, melalui batu apung standar aquarium. Gas CO<sub>2</sub> didispersikan ke dalam air limbah sehingga terjadi transfer dari fase gas ke dalam fase air. Di dalam fase air terjadi reaksi gas terlarut dengan amoniak membentuk ammonium bikarbonat, ditandai dengan penurunan pH. Hasil pengolahan dengan berbagai konsentrasi awal ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2. Respon penurunan pH air limbah sebagai fungsi waktu

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa dengan bertambahnya waktu, pH air limbah turun menuju ke keadaan setimbang ditandai dengan kurva yang konstan. pH akhir yang diperoleh dari semua konsentrasi awal NH<sub>3</sub> dapat mencapai kurang dari 7,5. Hasil ini dapat dipakai

sebagai acuan pengolahan limbah, karena baku mutu yang diinginkan untuk pengolahan adalah sebesar 10, namun untuk pembuangan ke badan air sebesar 7,5 sampai 8.

Pada konsentrasi rendah terlihat bahwa penurunan pH sangat cepat karena konsentrasi gas terlarut cukup untuk menetralkan air limbah dengan laju yang cepat sampai keadaan setimbang. Untuk mencapai pH sebesar 7,5 hanya diperlukan waktu sebesar 3 menit sampai 9 menit (konsentrasi 353 ppm, 706 ppm dan 1411 ppm). Air limbah yang langsung diambil memerlukan waktu 13 menit. Waktu yang diperlukan untuk penetralan pada konsentrasi tinggi jauh lebih lama yaitu sampai 39 menit. Hal ini menunjukkan bahwa untuk air limbah yang mengandung amoniak dengan konsentrasi 3800 ppm kebawah yang merupakan data statistik untuk konsentrasi amoniak di air limbah, perlakuan pemberian gas CO<sub>2</sub> maksimum hanya 20 menit, yang dapat dijadikan pedoman untuk operasional penggelembungan CO<sub>2</sub> di *Chemical Pond*. Tabel 4.4. merangkum waktu yang diperlukan untuk mencapai pH sebesar 7,5 dari grafik hasil penelitian.

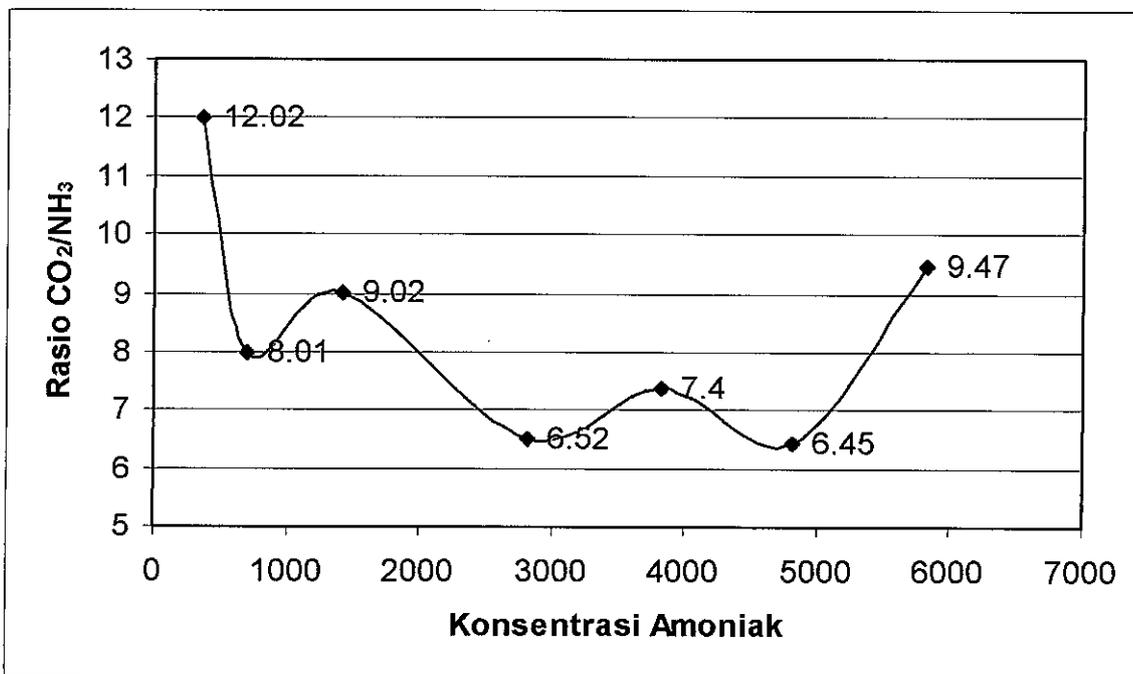
**Tabel 4.4. Waktu penetralan CO<sub>2</sub> pada pH = 7,5 terhadap berbagai konsentrasi amoniak**

No	NH3 (ppm)	pH	Waktu (menit)
1	353	7,5	3
2	706	7,5	4
3	1411	7,5	9
4	2822	7,5	13
5	3822	7,5	20
6	4822	7,5	22
7	5822	7,5	39

Untuk mengetahui pemakaian gas CO<sub>2</sub> terhadap reaksi penetralan limbah yang mengandung amoniak, maka berdasarkan waktu yang di dapat agar tercapai pH = 7,5, maka dicari jumlah berat gas CO<sub>2</sub> berdasarkan lama waktu yang dibutuhkan dan dibandingkan dengan berat amoniak yang telah ditetapkan (lihat Tabel 4.5).

Tabel 4.5. Rasio CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> (berat/berat) pada pH = 7,5 fungsi waktu

Amoniak (ppm)	Waktu (menit)	Flow CO <sub>2</sub> (lt/mnt)	Vol. CO <sub>2</sub> (liter)	Berat CO <sub>2</sub> (grm)	Vol. NH <sub>3</sub> (ltr)	Berat NH <sub>3</sub> (grm)	Rasio CO <sub>2</sub> /NH <sub>3</sub>
353	3	7.2	21.64	42.43	10	3.53	12.02
706	4	7.2	28.8	56.57	10	7.06	8.01
1411	9	7.2	64.8	127.28	10	14.11	9.02
2822	13	7.2	93.6	183.86	10	28.22	6.52
3822	20	7.2	144	282.86	10	38.22	7.40
4822	22	7.2	158.4	311.14	10	48.22	6.45
5822	39	7.2	280.8	551.57	10	58.22	9.47



Gambar 4.3. Rasio CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> pada berbagai konsentrasi NH<sub>3</sub>

Dari Gambar 4.3, terlihat bahwa terjadi ketidak-konsistenan dari hasil, di mana rasio CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> yang didapatkan tidak sebanding dengan besarnya konsentrasi limbah yang terolah dengan waktu yang didapat dari Tabel 4.4.

Pada konsentrasi 353 ppm maka rasio  $\text{CO}_2/\text{NH}_3$  sebesar 12.02, sedangkan pada konsentrasi 5822 ppm, rasio adalah 9.47. Hasil ini menggambarkan bahwa pada konsentrasi rendah, maka kebutuhan gas  $\text{CO}_2$  lebih besar dibandingkan pada konsentrasi tinggi.

#### 4.2.2. Pengelembungan gas $\text{CO}_2$ dengan pipa berlubang

Dalam penelitian ini dipakai amoniak buatan dengan bantuan ammonia teknis 25%. Dilakukannya perlakuan ini karena keterbatasan untuk mendapatkan limbah *Chemical Pond* pada berbagai konsentrasi yang diinginkan.

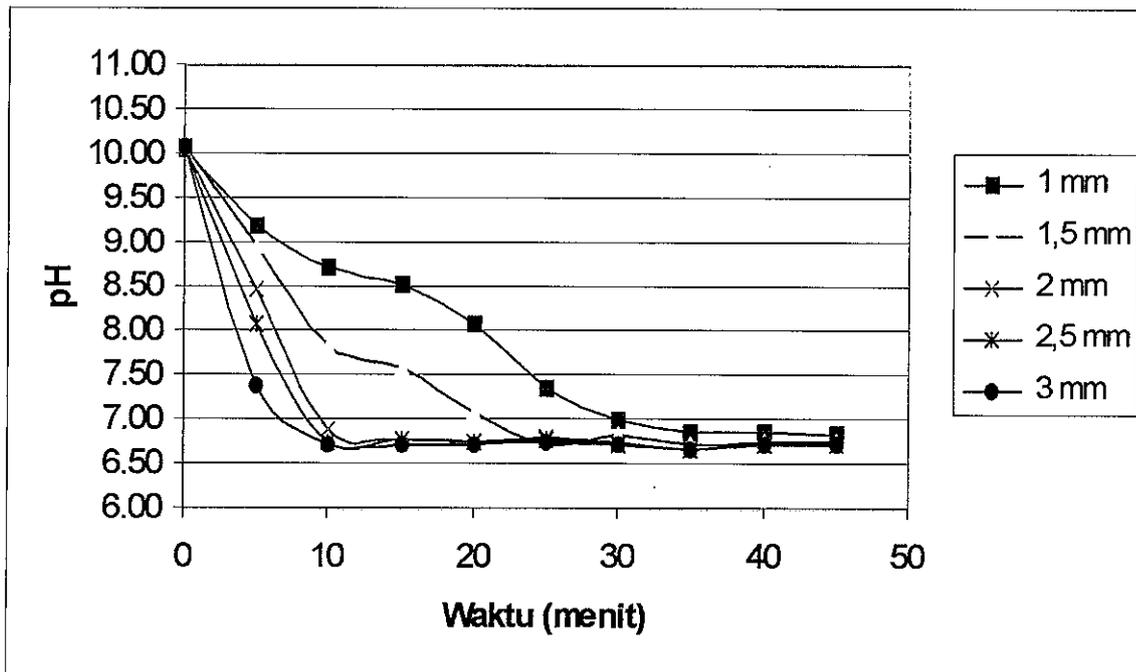
Pada penggunaan pengenceran amoniak teknis pada berbagai macam konsentrasi dan ukuran lubang pipa didapatkan hasil sebagai berikut.

##### 4.2.2.1. Pengelembungan gas $\text{CO}_2$ dengan pipa berlubang dengan Variasi Diameter

Pada percobaan ini konsentrasi amoniak dibuat 1000 ppm s/d 4000 ppm sedangkan diameter lubang bervariasi antara 1 mm sampai 3 mm, besarnya variabel lubang ini sekaligus mempengaruhi *flow rate*  $\text{CO}_2$  karena jumlah lobangnya tetap 6 buah sedang diameternya yang bervariasi.

Tabel 4.6. pH Pada Berbagai Diameter Lubang Dengan Konsentrasi  $\text{NH}_3$  1000 ppm

No	Waktu (Menit)	Diameter	Diameter	Diameter	Diameter	Diameter
		1 mm	1,5 mm	2 mm	2,5 mm	3 mm
1	0	10,06	10,09	10,05	10,08	10,09
2	5	9,20	8,98	8,48	8,08	7,40
3	10	8,73	7,82	6,88	6,76	6,72
4	15	8,54	7,57	6,77	6,77	6,73
5	20	8,08	7,07	6,76	6,75	6,72
6	25	7,36	6,72	6,80	6,77	6,76
7	30	7,01	6,83	6,74	6,73	6,73
8	35	6,86	6,73	6,68	6,67	6,67
9	40	6,86	6,75	6,72	6,72	6,71
10	45	6,84	6,74	6,71	6,71	6,71
	Flow rate $\text{CO}_2$ (liter/detik)	0,0383	0,0933	0,1647	0,2373	0,3684

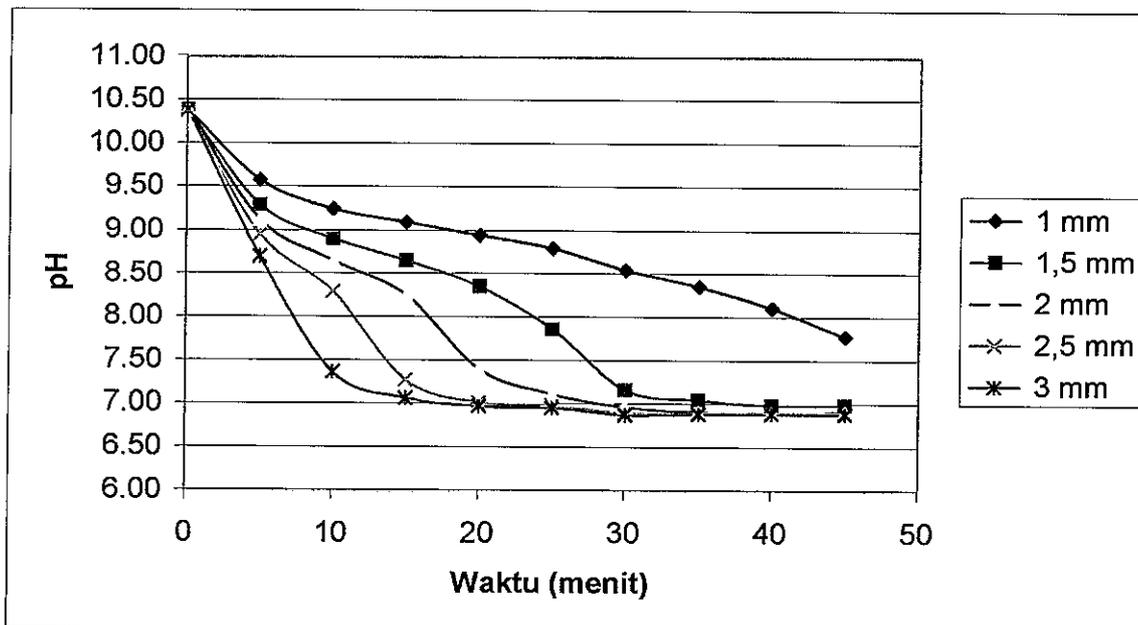


Gambar 4.4. Grafik pH terhadap Waktu Pada Berbagai Ukuran Lubang Pada Konsentrasi  $\text{NH}_3 = 1000$  ppm

Dari Gambar 4.4, terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai  $\text{pH} = 7,5$  berbeda, untuk ukuran diameter lubang pipa pralon 3 mm dibutuhkan 4 menit; lubang 2,5 mm dibutuhkan 7 menit; 2 mm (9 menit); 1,5 mm (16 menit) dan 1 mm (24 menit). Dari data laju alir maka terlihat bahwa pada pipa berlubang ukuran 1 mm, *flow*  $\text{CO}_2$  hanya 0.0383 liter/detik, untuk 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm dan 3 mm mencapai 0.0933, 0.1647, 0,2373, 0.3684 liter/detik. Dari kenyataan ini dan melihat posisi dari masing-masing drum pada saat penelitian, penyebabnya perbedaan karena jarak dari sumber  $\text{CO}_2$  yang mempengaruhinya, sehingga laju alir gas  $\text{CO}_2$  ke arah lubang yang kecil semakin sedikit, sehingga menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk penetralan amoniak semakin besar.

Tabel 4.7. pH Pada Berbagai Diameter Lubang Dengan Konsentrasi NH<sub>3</sub> 2000 ppm

Waktu (Menit)	Diameter 1 mm	Diameter 1,5 mm	Diameter 2 mm	Diameter 2,5 mm	Diameter 3 mm
0	10,39	10,39	10,39	10,39	10,39
5	9,58	9,30	9,13	8,96	8,71
10	9,25	8,91	8,66	8,30	7,37
15	9,10	8,66	8,26	7,28	7,07
20	8,95	8,36	7,41	7,02	6,98
25	8,80	7,87	7,12	6,99	6,96
30	8,55	7,17	6,97	6,90	6,88
35	8,36	7,05	6,91	6,90	6,89
40	8,11	6,99	6,90	6,90	6,89
45	7,78	6,99	6,91	6,90	6,89
Flow rate CO <sub>2</sub> (liter/detik)	0,0383	0,0933	0,1647	0,2373	0,3684



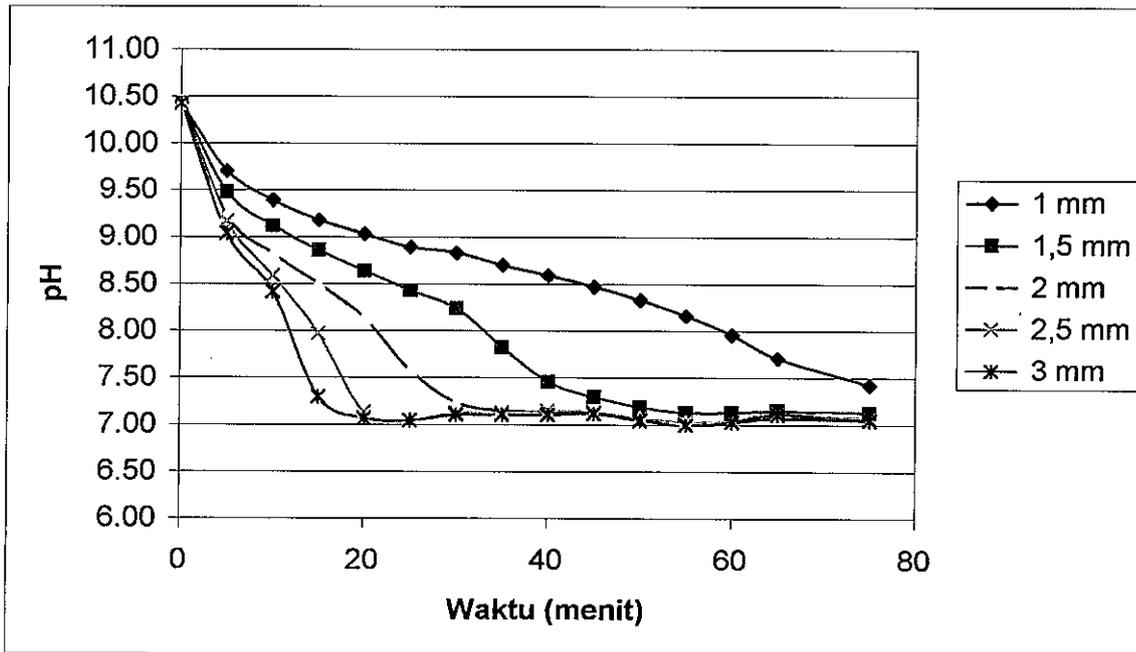
Gambar 4.5. Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai ukuran lubang pada konsentrasi NH<sub>3</sub> = 2000 ppm

Dari gambar 4.5, terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pH = 7,5 berbeda, untuk ukuran diameter lubang pipa pralon 3 mm dibutuhkan 10 menit; lubang 2,5 mm

dibutuhkan 12 menit; 2 mm (20 menit); 1,5 mm (28 menit) dan 1 mm grafik yang di dapat belum mencapai pH = 7,5

Tabel 4.8. pH Pada Berbagai Diameter Lubang Dengan Konsentrasi NH<sub>3</sub> = 3000 ppm

No	Waktu (Menit)	Diameter	Diameter	Diameter	Diameter	Diameter
		1 mm	1,5 mm	2 mm	2,5 mm	3 mm
1	0	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44
2	5	9,72	9,49	9,24	9,18	9,05
3	10	9,40	9,13	8,83	8,60	8,43
4	15	9,19	8,87	8,51	7,98	7,31
5	20	9,04	8,65	8,15	7,15	7,08
6	25	8,90	8,44	7,59	7,06	7,06
7	30	8,84	8,25	7,25	7,14	7,12
8	35	8,71	7,84	7,16	7,14	7,12
9	40	8,60	7,47	7,15	7,16	7,12
10	45	8,48	7,31	7,13	7,15	7,13
11	50	8,34	7,20	7,08	7,08	7,06
12	55	8,17	7,14	7,04	7,04	7,01
13	60	7,97	7,14	7,04	7,06	7,04
14	65	7,72	7,16	7,08	7,14	7,12
15	75	7,43	7,14	7,06	7,08	7,06
	Flow rate CO <sub>2</sub> (liter/detik)	0,0383	0,0933	0,1647	0,2373	0,3684

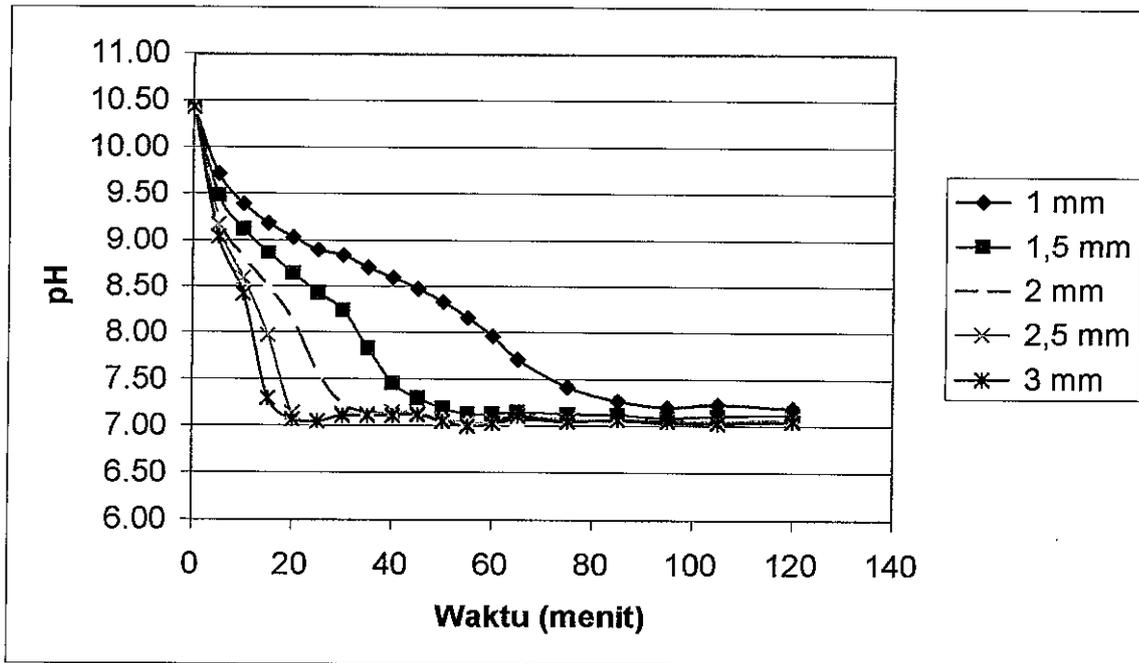


Gambar 4.6. Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai ukuran lubang pada Konsentrasi  $\text{NH}_3 = 3000 \text{ ppm}$

Dari Gambar 4.6, terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai  $\text{pH} = 7,5$  berbeda, untuk ukuran diameter lubang pipa pralon 3 mm dibutuhkan 17 menit; lubang 2,5 mm dibutuhkan 18 menit; 2 mm (25 menit); 1,5 mm (40 menit) dan 1 mm (75 menit).

Tabel 4.9. pH Pada Berbagai Diameter Lubang Dengan Konsentrasi  $\text{NH}_3 = 4000$  ppm

No	Waktu (Menit)	Diameter	Diameter	Diameter	Diameter	Diameter
		1 mm	1,5 mm	2 mm	2,5 mm	3 mm
1	0	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45
2	5	9,93	9,71	9,55	9,43	9,16
3	10	9,63	9,36	9,15	8,94	8,61
4	15	9,48	9,16	8,88	8,61	8,15
5	20	9,40	9,01	8,72	8,32	7,52
6	25	9,22	8,85	8,51	7,90	7,18
7	30	9,16	8,73	8,29	7,42	7,18
8	35	9,09	8,59	7,99	7,24	7,17
9	40	9,07	8,47	7,64	7,22	7,18
10	45	9,01	8,29	7,39	7,20	7,17
11	50	8,98	8,12	7,28	7,18	7,16
12	55	8,93	7,88	7,24	7,18	7,17
13	60	8,89	7,63	7,21	7,17	7,15
14	65	8,86	7,44	7,20	7,17	7,16
15	75	8,80	7,30	7,21	7,20	7,19
16	85	8,64	7,24	7,20	7,19	7,20
17	95	8,35	7,19	7,16	7,11	7,13
18	105	8,03	7,12	7,19	7,13	7,16
19	120	7,37	7,18	7,14	7,09	7,11
Flow rate $\text{CO}_2$ (liter/detik)		0,0383	0,0933	0,1647	0,2373	0,3684



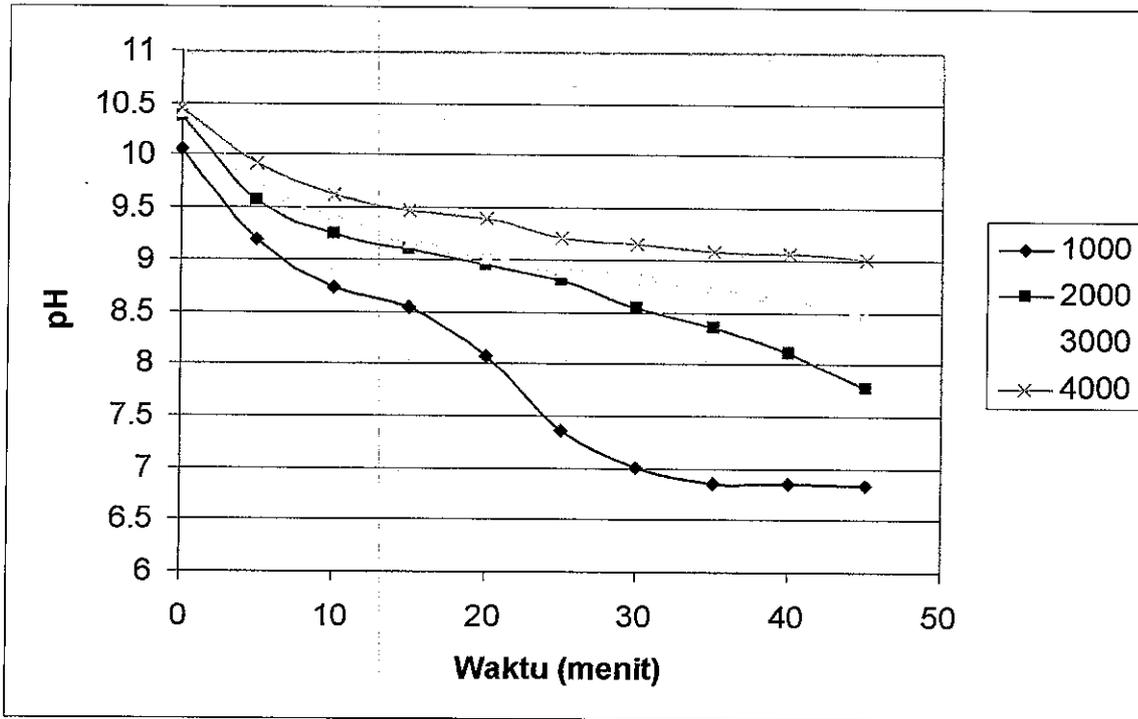
Gambar 4.7. Grafik pH terhadap Waktu Pada berbagai ukuran lubang Pada Konsentrasi  $\text{NH}_3 = 4000 \text{ ppm}$

Dari Gambar 4.7, terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai  $\text{pH} = 7,5$  berbeda, untuk ukuran diameter lubang pipa pralon 3 mm dibutuhkan 17 menit; lubang 2,5 mm dibutuhkan 19 menit; 2 mm (28 menit); 1,5 mm (40 menit) dan 1 mm (76 menit).

#### 4.2.2.2. Pengelembungan gas CO<sub>2</sub> dengan pipa berlubang dengan Variasi Konsentrasi

Tabel 4.10 . Perbandingan Konsentrasi Pada Diameter Lubang 1 mm

No	Waktu (Menit)	Konst.	Konst.	Konst.	Konst.
		1000	2000	3000	4000
1	0	10,06	10,39	10,44	10,45
2	5	9,20	9,58	9,72	9,93
3	10	8,73	9,25	9,40	9,63
4	15	8,54	9,10	9,19	9,48
5	20	8,08	8,95	9,04	9,40
6	25	7,36	8,80	8,90	9,22
7	30	7,01	8,55	8,84	9,16
8	35	6,86	8,36	8,71	9,09
9	40	6,86	8,11	8,60	9,07
10	45	6,84	7,78	8,48	9,01
Flow rate CO <sub>2</sub> (liter/detik)		0,0383			

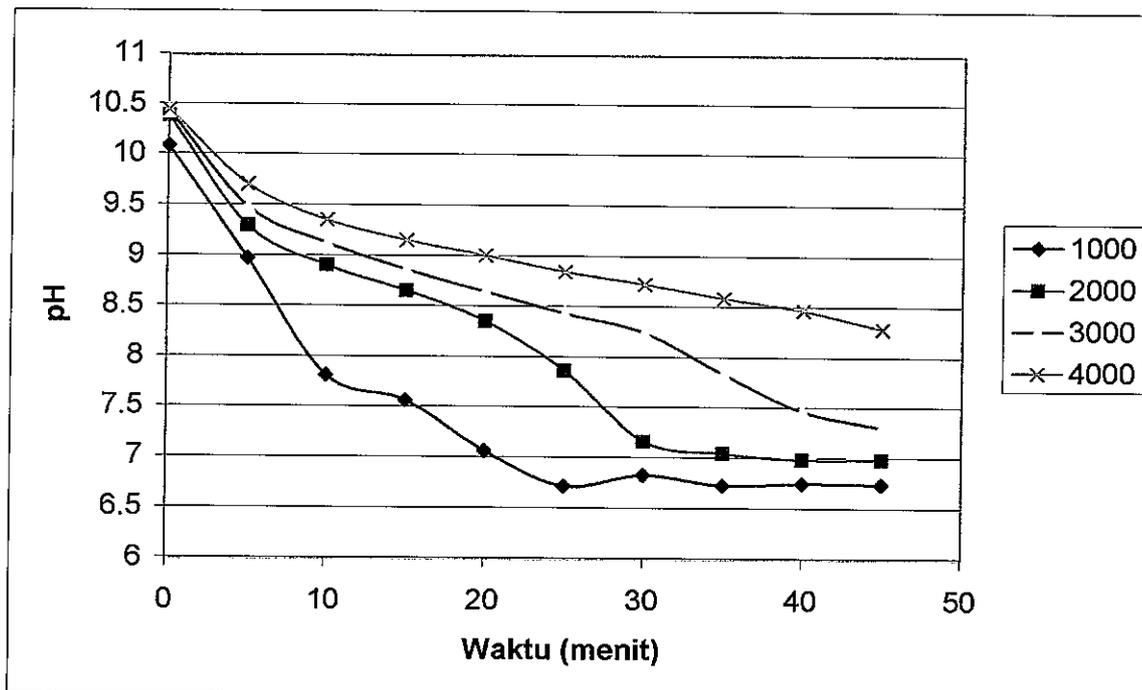


Gambar 4.8. Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi  $\text{NH}_3$  dengan Diameter Lubang = 1 mm

Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi amoniak pada Gambar 4.8, sebagai variabel tetap adalah ukuran lubang 1 mm, untuk konsentrasi amoniak 1000 ppm, waktu yang dibutuhkan mencapai  $\text{pH} = 7,5$  adalah 25 menit, sedangkan untuk konsentrasi 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm sampai dengan 45 menit  $\text{pH} = 7,5$  belum tercapai.

**Tabel 4. 11 . Perbandingan Konsentrasi Pada Diameter Lubang 1,5 mm**

No	Waktu (Menit)	Konst.	Konst.	Konst.	Konst.
		1000	2000	3000	4000
1	0	10,09	10,39	10,44	10,45
2	5	8,98	9,30	9,49	9,71
3	10	7,82	8,91	9,13	9,36
4	15	7,57	8,66	8,87	9,16
5	20	7,07	8,36	8,65	9,01
6	25	6,72	7,87	8,44	8,85
7	30	6,83	7,17	8,25	8,73
8	35	6,73	7,05	7,84	8,59
9	40	6,75	6,99	7,47	8,47
10	45	6,74	6,99	7,31	8,29
Flow rate CO <sub>2</sub> (liter/detik)		0,0933			

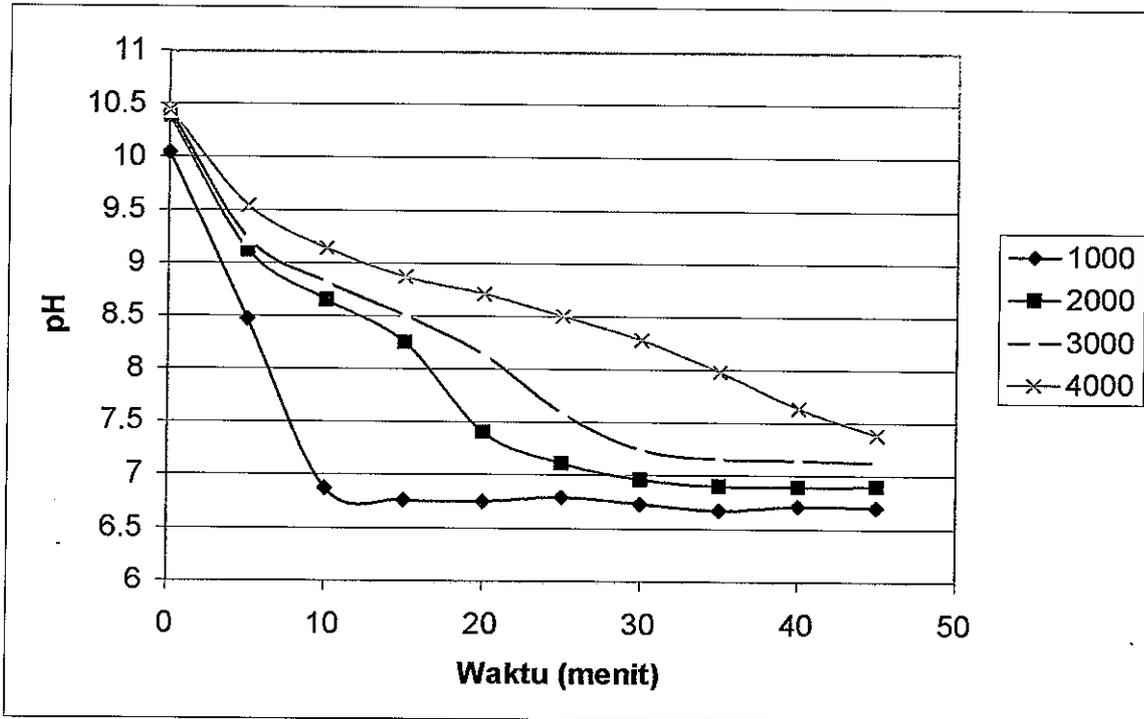


Gambar 4.9. Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi NH<sub>3</sub> dengan Diameter Lubang = 1,5 mm

Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi amoniak pada Gambar 4.9, sebagai variabel tetap adalah ukuran lubang 1,5 mm, untuk konsentrasi amoniak 1000 ppm, waktu yang dibutuhkan mencapai pH = 7,5 adalah 15 menit, sedangkan untuk konsentrasi 2000 ppm adalah 28 menit, 3000 ppm adalah 40 menit, 4000 ppm sampai dengan 45 menit pH = 7,5 belum tercapai.

**Tabel 4.12. Perbandingan Konsentrasi Pada Diameter Lubang 2 mm**

No	Waktu (Menit)	Konst.	Konst.	Konst.	Konst.
		1000	2000	3000	4000
1	0	10,05	10,39	10,44	10,45
2	5	8,48	9,13	9,24	9,55
3	10	6,88	8,66	8,83	9,15
4	15	6,77	8,26	8,51	8,88
5	20	6,76	7,41	8,15	8,72
6	25	6,80	7,12	7,59	8,51
7	30	6,74	6,97	7,25	8,29
8	35	6,68	6,91	7,16	7,99
9	40	6,72	6,90	7,15	7,64
10	45	6,71	6,91	7,13	7,39
Flow rate CO <sub>2</sub> (liter/detik)		0,1647			

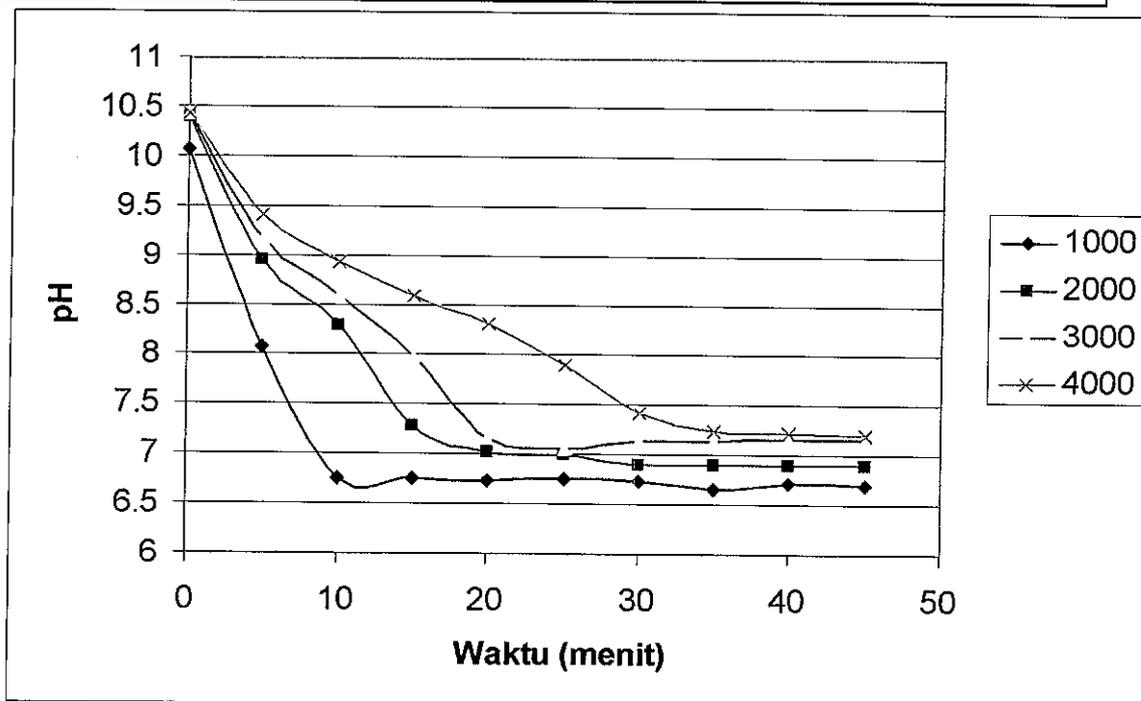


Gambar 4.10. Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi  $\text{NH}_3$  dengan diameter lubang = 2.0 mm

Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi amoniak pada Gambar 4.10, sebagai variabel tetap adalah ukuran lubang 2.0 mm, untuk konsentrasi amoniak 1000 ppm, waktu yang dibutuhkan mencapai  $\text{pH} = 7,5$  adalah 8 menit, sedangkan untuk konsentrasi 2000 ppm adalah 20 menit, 3000 ppm adalah 25 menit, 4000 ppm sampai dengan 43 menit.

**Tabel 4.13. Perbandingan Konsentrasi Pada Diameter Lubang 2,5 mm**

No	Waktu (Menit)	Konst.	Konst.	Konst.	Konst.
		1000	2000	3000	4000
1	0	10,08	10,39	10,44	10,45
2	5	8,08	8,96	9,18	9,43
3	10	6,76	8,30	8,60	8,94
4	15	6,77	7,28	7,98	8,61
5	20	6,75	7,02	7,15	8,32
6	25	6,77	6,99	7,06	7,90
7	30	6,73	6,90	7,14	7,42
8	35	6,67	6,90	7,14	7,24
9	40	6,72	6,90	7,16	7,22
10	45	6,71	6,90	7,15	7,20
Flow rate CO <sub>2</sub> (liter/detik)		0,2373			

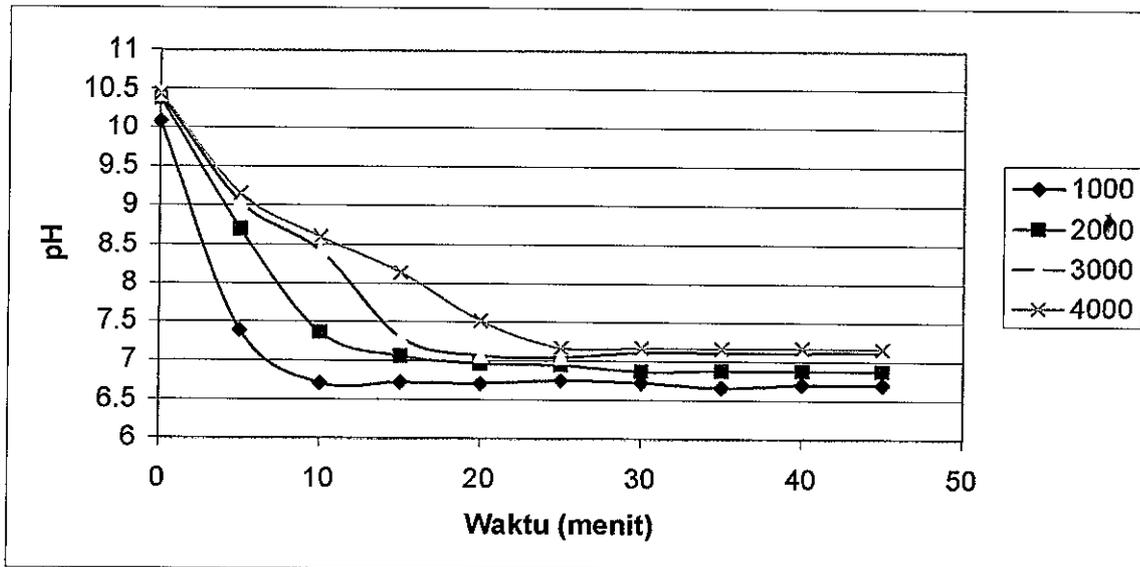


**Gambar 4.11. Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi NH<sub>3</sub> dan diameter lubang = 2.5 mm**

Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi amoniak pada Gambar 4.11, sebagai variabel tetap adalah ukuran lubang 2,5 mm, untuk konsentrasi amoniak 1000 ppm, waktu yang dibutuhkan mencapai pH = 7,5 adalah 6 menit, sedangkan untuk konsentrasi 2000 ppm adalah 12 menit, 3000 ppm adalah 17 menit, 4000 ppm sampai dengan 30 menit .

**Tabel 4.14. Perbandingan Konsentrasi Pada Diameter Lubang 3 mm**

No	Waktu (Menit)	Konst.	Konst.	Konst.	Konst.
		1000	2000	3000	4000
1	0	10,09	10,39	10,44	10,45
2	5	7,40	8,71	9,05	9,16
3	10	6,72	7,37	8,43	8,61
4	15	6,73	7,07	7,31	8,15
5	20	6,72	6,98	7,08	7,52
6	25	6,76	6,96	7,06	7,18
7	30	6,73	6,88	7,12	7,18
8	35	6,67	6,89	7,12	7,17
9	40	6,71	6,89	7,12	7,18
10	45	6,71	6,89	7,13	7,17
Flow rate CO <sub>2</sub> (liter/detik)		0,3684			



Gambar 4.12. Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi  $\text{NH}_3$  dengan diameter lubang = 3.0 mm

Grafik pH terhadap Waktu pada berbagai konsentrasi amoniak pada Gambar 4.12, sebagai variabel tetap adalah ukuran lubang 13.0 mm, untuk konsentrasi amoniak 1000 ppm, waktu yang dibutuhkan mencapai  $\text{pH} = 7,5$  adalah 4 menit, sedangkan untuk konsentrasi 2000 ppm adalah 10 menit, 3000 ppm adalah 13 menit, 4000 ppm sampai dengan 20 menit.

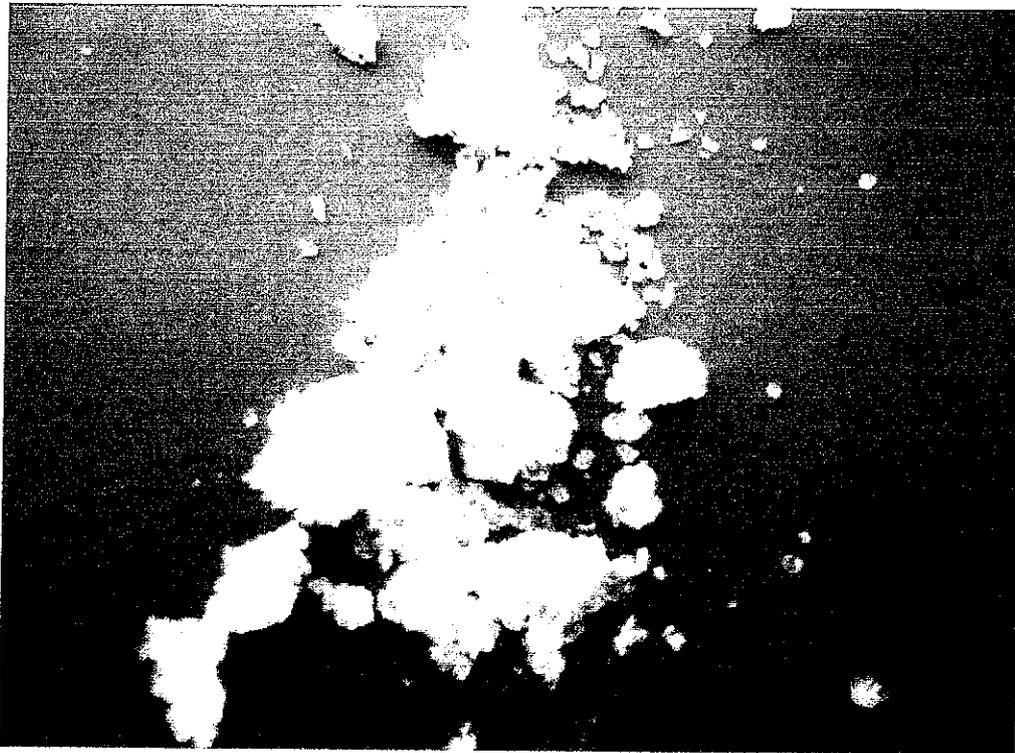
#### 4.3. Perbandingan $\text{CO}_2/\text{NH}_3$

Pada penelitian ini dilakukan pengujian teori pembentukan ammonium bikarbonat dari adanya reaksi antara  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$ , dimana perlakuan yang diberikan adalah memasukkan gas karbon dioksida ke dalam larutan amoniak dengan konsentrasi 25%. Reaksi senyawa ini membentuk ammonium bikarbonat berupa kristal putih, dimana hasil kristal di uji pada laboratorium Pupuk Kaltim dan hasil analisis dinyatakan sebagai amoniak total ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) dan Karbon dioksida, yaitu :

Tabel 4.15. Hasil Analisis Larutan Kristal Ammonium Bikarbonat dan Larutan hasil penggelembungan CO<sub>2</sub> pada pH 7,5

No	Parameter Uji	Kristal yang dilarutkan dengan air.		Hasil penggelembungan CO <sub>2</sub> hingga pH 7,5		Metode
		I A	I B	II A	II B	
1	NH <sub>3</sub> -N (ppm)	1548.8	2427.1	1744.5	2459.2	ASTM
2	CO <sub>2</sub> (ppm)	4280	7508	5676	8000	ASTM
3	Rasio CO <sub>2</sub> /NH <sub>3</sub> (mol/mol)	1,06	1,19	1,25	1,25	

Dari hasil perbandingan mole masing-masing komponen maka rasio CO<sub>2</sub> : NH<sub>3</sub> adalah mendekati 1 sesuai dengan persamaan stoikiometri, dengan demikian komposisi larutan pada pH 7,5 adalah mendekati komposisi kristal ammonium bikarbonat yang dilarutkan dengan kelebihan CO<sub>2</sub> nya.



Gambar 4.13. Kristal Ammonium bikarbonat dari hasil reaksi Larutan Ammoniak dan Gas CO<sub>2</sub>.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap metode pengolahan limbah cair amoniak di *chemical pond* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode pengolahan limbah cair amoniak di *chemical pond* dengan metode pengelembungan CO<sub>2</sub> dapat menurunkan kadar amoniak bebas dengan mengubahnya ke bentuk ammonium bikarbonat.
2. Pemakaian batu apung lebih efektif dibandingkan pipa plastik berlubang tetapi untuk operasional di lapangan lebih baik pipa plastik karena permukaan batu apung mudah buntu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002, Himpunan Peraturan Perundang-undangan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pengendalian Dampak Lingkungan Era Otonomi Daerah, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonim, Chemical Toxicity Studies for Ammonia on Fish Chemical Toxicity Studies pada <http://www.pesticideinfo.org>
- Agus Hadiyanto, 2002, Materi Kuliah Pengendalian Pencemaran Air, Magister Ilmu Lingkungan UNDIP-PKT
- Anonim, Lagoon System in Maine pada <http://www.Lagoononline.com/sitemap.htm>
- Anonim, 1988, Team Start-up PT.Pupuk Kaltim, Petunjuk Operasi Pabrik Ammonia K-3, Bagian I (Sistem Utama)
- Anonim, 1988, Team Start-up PT.Pupuk Kaltim, Petunjuk Operasi Pabrik Urea Kaltim III
- BASF, 1999, Ammonium Bicarbonate, pada <http://www.basf.com/businesses/chemicals/pdfs/ambicarb.pdf>
- Culp, R.L., Wesner, G.M., Culp, G.L., 1978, *Handbook of Advanced Wastewater Treatment*, Edisi ke-dua, Van Nostrand Reinhold Company, New York
- Frank, N., 2004, Ammonia Toxicity to Freshwater Fish : The Effect of pH and Temperature, <http://www.thekrib.com/chemistry/ammonia-toxicity.htm>
- Khasani, S.I., 1992, Sifat Cemar Kimia Dalam Air Limbah Dan Cara Pengelolaannya, dalam *handout Kursus Teknik Analisa Cemar Kimia Dalam Air Limbah Industri*, Puslitbang Kimia Terapan-LIPI, Bandung
- Kent, J.A., 1997, *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*, Edisi ke-sembilan, Chapman & Hall, New York
- Kristanto, P., 2002, *Ekologi Industri*, Edisi Pertama, Cetakan Pertama, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Poesponegoro, M., 1992, Mikroorganisme dan peranannya dalam pengolahan limbah industri, dalam *handout Kursus Teknik Analisa Cemar Kimia Dalam Air Limbah Industri*, Puslitbang Kimia Terapan-LIPI, Bandung.
- Sugiharto, E., 1987, *Dasar-dasar Pengelolaan Air limbah*, Cetakan I, UI press, Jakarta