

**KINETIKA ADSORPSI DAN KRISTALISASI  
PADA PROSES PEMBENTUKAN  
MAGNESIUM AMMONIUM PHOSFAT KRISTAL**

**YUYUN NIYATI  
NIM. 94217008**



**TESIS**

**Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik Kimia pada Universitas  
Muhammadiyah Palembang  
Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang  
Dipertahankan pada tanggal 18 Maret 2019 Di Universitas Muhammadiyah Palembang**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG  
2019**

**KINETIKA ADSORPSI DAN KRISTALISASI  
PADA PROSES PEMBENTUKAN  
MAGNESIUM AMMONIUM PHOSPAT KRISTAL**

TESIS

Nama : Yuyun Niyati  
NIM : 94217008

Disetujui untuk disampaikan kepada Panitia Penguji  
Pada Tanggal : 18 Maret 2019

Pembimbing 1,



Dr. Eko Arivanto, M.Chem.Eng.  
NIDN/NBM:0217067504/856363

Pembimbing 2,



Dian Kharismadewi, M.T., Ph.D.  
NIDN/NBM:0222048201/1254846

Mengetahui  
Ketua Program Studi



Dr. Ir. Elfiyah, M.T.  
NIDN/NBM:0202066401/953342

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yuyun Niyati  
NIM : 94217008  
Program Studi : Teknik Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Pendidikan baik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau di publikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, Maret 2019

Yang membuat pernyataan,



( Yuyun Niyati )

## ABSTRAK

Air limbah industri pupuk yang banyak mengandung fosfat dan ammonium seringkali membentuk endapan yang mampu menyumbat aliran pipa yang berakibat pada penurunan efisiensi pompa di instalasi pengolahan air limbah. Kandungan fosfat dan ammonium dalam konsentrasi tinggi ini dapat dijadikan sumber sekunder untuk membuat pupuk fosfat, dengan merecoverynya menjadi senyawa magnesium Ammonium Phospat ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ).

Pada penelitian ini, magnesium Ammonium Phospat di kristalisasi menggunakan *Aeration Cone Column Crystallizer* (ACCC) dengan absorben zeolite alam yang telah modifikasi dengan ion Magnesium (Zeo-Mg). Penelitian juga dilakukan dengan menggunakan proses Batch, yang hasilnya dijadikan basis variabel pada sistem ACCC. Pengaruh aktifasi zeolite, penambahan Zeo-Mg (10 – 30 gr), rasio reaktan  $PO_4$  dan  $NH_4$  (1:1 – 1:3), perubahan pH larutan (6 – 9), dan lamanya waktu reaksi (0 – 60 menit) terhadap persentase penyisihan  $PO_4$  menjadi parameter yang dianalisa pada proses kristalisasi magnesium Ammonium Phospat. Zeo-Mg dan magnesium Ammonium Phospat yang dihasilkan dianalisa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* dan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*. Dari hasil penelitian menggunakan ACCC, didapatkan persentase penyisihan  $PO_4$  dengan absorben Zeo-Mg adalah sebesar 65% dalam 16 menit dan mengikuti persamaan kinetika reaksi orde satu, dengan konstanta laju reaksi  $0,21 \text{ min}^{-1}$ . Larutan mencapai kesetimbangan persentase penyisihan  $PO_4$  pada pH 8,10 setelah 28 menit. Proses pemisahan fosfat dengan absorben Zeo-Mg menjadi magnesium Ammonium Phospat secara berkesinambungan pada sistem ACCC merupakan proses baru pengolahan air limbah yang dapat diterapkan dalam skala industri.

## ABSTRACT

Wastewater from fertilizer industry contains high concentration of phosphate and ammonium frequently formed precipitate that blocked water flow in pipe streams and may lower the efficiency of pump in wastewater treatment installation. A high concentration of phosphate and ammonium in this wastewater can be used as a secondary source of phosphate fertilizer through recovery process into magnesium Ammonium Phospat compounds ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

In this research, magnesium Ammonium Phospat was crystallized in Aeration Cone Column Crystallizer (ACCC) with Magnesium modified natural Zeolite (Zeo-Mg) as absorbent. Research also has been done using Batch process, and the results were used as basis variable in ACCC system. Effects of Zeolite activation, amounts of Zeo-Mg (10 – 30 g),  $\text{PO}_4$  and  $\text{NH}_4$  reactant ratio (1:1 – 1:3), pH (6 – 9), and reaction time (0 – 60 min) to the removal percentage of  $\text{PO}_4$  were used as research parameters that analyzed in Struvite crystallization process. Zeo-Mg and magnesium Ammonium Phospat formed were analyzed using Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy. Research results in ACCC system with Zeo-Mg as absorbent showed that percentage of  $\text{PO}_4$  removal was 65% in 16 min and followed pseudo first order reaction kinetics with reaction rate constant of  $0.21 \text{ min}^{-1}$ . A solution was then reached equilibrium in  $\text{PO}_4$  removal percentage at pH 8.10 after 28 min. A simultaneous removal of phosphate to formed magnesium Ammonium Phospat crystals using Zeo-Mg as adsorbent in ACCC system is a novel process in waste water treatment that can be implemented in industrial scale.

## PRAKATA

Puji dan Syukur peneliti panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Kinetika Adsorpsi dan Kristalisasi pada Proses Pembentukan Magnesium Ammonium Phospat”**.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah penelitian pada Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang. Tesis ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan di bulan Januari 2018.

Peneliti menyadari dalam penulisan ini banyak kesalahan dan kekeliruan. Oleh karena itu, kritik, saran, dan sumbangan pikiran yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan untuk menjadi lebih baik lagi.

Selama penyusunan dan penulisan Tesis ini, peneliti mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga peneliti mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. Ir. Elfidiah, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang dan juga selaku Pembimbing 2.
3. Dr. Eko Ariyanto, S.T., M.T., M.Chem. Eng., selaku Dosen Pembimbing 1.
4. Seluruh Staff Pengajar dan Administrasi Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Kedua orang tua, suami dan anak-anak tercinta serta saudara-saudara yang telah memberikan do'a restu, motivasi, bantuan moril dan semangat, serta dukungannya selama penyelesaian tesis ini.
6. Teman-teman Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang tidak bisa disebutkan namanya satu per satu, terima kasih atas masukan dan bantuannya yang telah diberikan selama ini.

Terima kasih, peneliti ucapkan dan semoga bantuan yang diberikan mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT. Amin. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, peneliti mempersembahkan Tesis ini dengan harapan semoga bermanfaat bagi kita semua dalam menambah wawasan dan pengetahuan, atau sebagai panduan pembaca, khususnya Mahasiswa/i Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, Maret 2019

Peneliti

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT (Bahasa Inggris)</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK(Bahasa Indonesia)</b> .....	<b>v</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
A. Pengantar .....	8
B. Kristalisasi .....	8
1. Proses Kristalisasi .....	9
2. Teknik Dalam Proses Kristalisasi Buatan .....	10
3. Penggunaan Kristalisasi Sebagai Pemurnian Senyawa .....	11
4. Kristalisasi Magnesium Ammonium Phospat Menggunakan Model Pertumbuhan Dua Langkah .....	11
5. Teknik Pengukuran Pada Kristal.....	14
C. Adsorpsi.....	15
1. Jenis-jenis Adsorpsi.....	16
2. Tempat Terjadinya Adsorpsi.....	18
D. Adsorben .....	18



E. Zeolit.....	22
1. Zeolit Alam .....	23
2. Zeolit Sintetik .....	24
3. Manfaat Zeolit .....	28
a. Aplikasi Zeolit & Penarapannya .....	28
b. Aplikasi Adsorben.....	29
c. Aplikasi Adsorben Zeolit Sebagai Saringan Molekuler Komersial .....	30
F. Metode Untuk Meningkatkan Laju Pertumbuhan.....	30
1. Pengaruh Pencampuran.....	30
2. Pengaruh pH Larutan .....	31
3. Pengaruh Temperatur .....	32
4. Pengaruh Kecepatan Pengadukan .....	32
G. Kinetika Pembentukan Magnesium Ammonium Phospat Kristal Pada Aeration Cone Column Crystallizer.....	36
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	37
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	37
1. Alat Penelitian .....	37
2. Bahan Penelitian.....	37
C. Variabel Penelitian .....	38
D. Prosedur Penelitian.....	38
1. Prosedur Aktivasi Zeolite.....	38
2. Proses Penelitian.....	40
E. Parameter Uji.....	42
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
A. Pengaruh Aktivasi Zeolite dengan Ion Mg .....	45
B. Pengaruh pH Larutan .....	46
C. Pengaruh Penambahan Jumlah Zeolite Terhadap Persen Penyisihan PO <sub>4</sub> .....	47
D. Pengaruh Rasio Reaktan PO <sub>4</sub> dan NH <sub>4</sub> .....	49

E. Proses Pembentukan Magnesium Ammonium Phospat Kristal pada Aeration Cone Column Crystallizer .....	50
F. Kinetika Pembentukan Magnesium Ammonium Phospat Kristal Pada Aeration.....	54
G. Proses Pembentukan Magnesium Ammonium Phospat Kristal pada Zeolite Secara Batch Proses .....	57
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>60</b>
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>67</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perkembangan Produksi Pupuk di Indonesia .....	2
Tabel 2. Tipe Karakteristik Kegunaan dan Kelemahan dari Jenis Adsorben. . .	20
Tabel 3. Contoh Zeolit Alam.....	23
Tabel 4. Rumus Oksida Beberapa Jenis Zeolit Sintetik.....	25
Tabel 5. Aplikasi Zeolit dan Penerapannya.....	28
Tabel 6. Aplikasi Adsorben Zeolit Sebagai Saringan Molekuler .....	30
Tabel 7. Analisa Komposisi Kimia Zeolite Alam dan Zeolite yang Dimodifikasi Menggunakan EDX.....	58
Tabel 8. Pengaruh Aktivasi Zeolite dengan Ion Mg.....	67
Tabel 9. Pengaruh pH Larutan Terhadap Persentase Efisiensi Penyisihan PO <sub>4</sub>	68
Tabel 10. Pengaruh Penambahan Jumlah Zeolite Terhadap Persentase Efisiensi Penyisihan PO <sub>4</sub> .....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kimia Zeolit .....	22
Gambar 2. Diagram Alir Aktivasi Zeolit.....	38
Gambar 3. Diagram alir Proses Kristalisasi.....	40
Gambar 4. Skema Alat Air Aeration cone Column Crystallizer.	42
Gambar 5. Fishbone Diagram Penelitian .....	44
Gambar 6. Pengaruh Aktivasi Zeolite dengan Ion Mg Terhadap Persen Efisiensi Penghilangan Konsentrasi $PO_4$ .....	45
Gambar 7. Persentase Effisiensi $PO_4$ Removal Terhadap Variasi pH Larutan .	46
Gambar 8. Pengaruh Penambahan Jumlah Zeolite Terhadap Persen Penyisian $PO_4$ .....	48
Gambar 9. Persentase Effisiensi $PO_4$ Removal Terhadap Rasio Reaktan $PO_4 : NH_4$ .....	49
Gambar 10. Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Udara Terhadap Perubahan pH Larutan .....	51
Gambar 11. Proses Induksi Magnesium Ammonium Phospat Kristal.....	52
Gambar 12. Pengaruh Penambahan Zeo-Mg pada Pembentukan Magnesium Ammonium Phospat Kristal Terhadap Perubahan pH Larutan.....	53
Gambar 13. Pengaruh Penambahan Zeo-Mg pada Pembentukan Magnesium Ammonium Phospat Kristal Terhadap Perubahan Konsentrasi $PO_4$ .....	54
Gambar 14. Plotting Data Persamaan Kinetika Orde Satu.....	56
Gambar 15. Plotting Data Persamaan Kinetika Orde Dua .....	56
Gambar 16. Mikrograf SEM untuk Zeolite Alami (sebelum Modifikasi dan Dan Setelah Modifikasi Magnesium. ....	57
Gambar 17. Analisa SEM dan EDX.....	59

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar mata pencaharian penduduk adalah petani, sehingga pertanian merupakan sektor yang memegang peranan penting dan strategis dalam perekonomian nasional. Peran strategis tersebut memberikan kontribusi yang signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat pada periode 2003-2013, kontribusi di sektor pertanian pada PDB mengalami penurunan dari 15,19 persen menjadi 14,43 persen. Disamping itu, sektor pertanian masih menjadi sumber andalan bagi bahan pangan untuk kepentingan domestik serta penyedia bahan baku bagi industri.

Keberlangsungan sektor pertanian dipengaruhi oleh sektor-sektor non pertanian yang saling terkait. Industri pupuk merupakan salah satu industri yang berpengaruh dalam penyediaan faktor produksi pertanian berupa pupuk. Produksi pupuk anorganik memberikan kontribusi terbesar dalam memasok pupuk di Indonesia, dengan tingkat produksi rata-rata 97% dari tahun 2007 – 2013 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkembangan Produksi Pupuk di Indonesia  
(2007-2014) ( $\times 10^3$  ton)

Tahun Jenis Pupuk	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. Urea	5.866	6.213	6.857	6.722	6.743	6.498	6.301
2. Fosfat/SP-36	661	479	743	636	441	491	487
3. ZA/AS	652	693	768	793	819	764	778
4. NPK	760	1.240	1.838	1.853	2.180	2.722	2.379
5. ZK (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	4	5	8	9	3	8	8
6. Organik	2	80	295	261	341	717	741

Sumber : Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia, 2014

Kondisi permasalahan yang dihadapi industri pupuk nasional saat ini semakin serius, salah satunya penyebabnya terbatasnya pasokan gas sebagai bahan baku bagi industri pupuk. Gas merupakan unsur terbesar dari stuktur biaya produksi pupuk yaitu sekitar 50%-60%. Karenanya, ketersediaan gas dengan harga yang terjangkau merupakan hal yang mutlak bagi kelangsungan hidup pabrik pupuk.

Pupuk dapat dibagi menjadi pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Pupuk tunggal adalah pupuk yang hanya mengandung satu jenis unsur hara. Biasanya berupa unsur hara makro primer, misalnya urea yang hanya mengandung unsur hara nitrogen, TSP hanya mengandung unsur hara fosfor (P), dan KCl yang hanya mengandung unsur kalium (K). Sementara pupuk majemuk adalah pupuk yang mengandung lebih dari satu jenis unsur hara. Pemakaian pupuk majemuk saat ini sudah sangat luas. Berbagai merek, kualitas, dan komposisi kimia telah tersedia di pasaran. Hampir semua pupuk majemuk bersifat asam, kecuali yang telah mendapatkan perlakuan khusus, seperti penambahan Ca dan Mg.

Pupuk majemuk yang belum dikenal oleh masyarakat luas sebagai pupuk alternatif, bahan dasarnya dapat diperoleh dari batuan fosfat, dolomit, dan belerang. Sementara unsur hara nitrogen (N) diambil dari urea dan kalium (K) diambil dari KCl.

Fosfat alam merupakan salah satu mineral yang mengandung unsur hara penting bagi pertumbuhan tanaman. Lebih dari 90 persen produk fosfat digunakan sebagai bahan pembuatan pupuk, baik sebagai pupuk buatan maupun pupuk alam, demikian juga unsur hara dari batuan dolomit yang merupakan senyawa rangkap antara karbonat dari kalsium dan magnesium. Kedua mineral ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk majemuk.

Batuan fosfat dan dolomit tersebut apabila direaksikan dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) akan menghasilkan pupuk anorganik (pupuk majemuk) yang mengandung beberapa unsur hara. Pupuk yang relatif murah adalah pupuk dengan bahan baku utamanya antara lain fosfat dan dolomit. Kondisi ini tidak menguntungkan karena penggunaan bahan baku mineral dalam negeri dapat merusak lingkungan. Serta proses pembuatannya tidak ekonomis dan membutuhkan biaya tinggi.

Melihat kondisi sumber daya alam baik gas maupun batuan fosfat yang merupakan sumber alam yang tidak dapat diperbaharui, maka alternatif bahan baku pembuatan pupuk adalah menggunakan magnesium ammonium phospat. Limbah yang mengandung bahan organik yang tinggi, nitrogen, fosfor, nitrogen, magnesium dan unsur logam yang merupakan salah satu unsur pendukung pencemaran lingkungan.

Unsur kimia dari Limbah seperti fosfor, nitrogen dan magnesium dapat dikristalisasikan menjadi pupuk alternatif yaitu magnesium ammonium fosfat ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Magnesium ammonium fosfat memiliki kualitas pupuk yang sangat baik dibandingkan dengan pupuk standar karena Magnesium ammonium fosfat memiliki karakteristik seperti:

1. *Slow Release Fertilizer*, Magnesium ammonium fosfat dapat melepaskan nitrogen dengan lambat kedalam tanah sehingga tanaman dapat menyerap yang sangat baik untuk tanaman hortikultura (tanaman hias, sayuran) dan tanaman perkebunan.
2. Magnesium ammonium fosfat sebagai pupuk majemuk yang memiliki unsur kimia yaitu 13% P, 7% N dan 10% Mg

Keunggulan pupuk Magnesium ammonium fosfat adalah dari segi keekonomian, sebab biaya produksi pupuk Magnesium ammonium fosfat ini jauh lebih murah dibandingkan dengan pembuatan pupuk lainnya. Dengan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh pupuk Magnesium ammonium fosfat, pupuk ini bisa dijadikan alternatif. Terlebih jika kebutuhan pupuk terus meningkat.

Proses kristalisasi yang umum digunakan untuk *recovery* fosfor adalah reaktor unggun terfluidisasi. Bhuiyan *et al.*, (2008). Reaktor ini umumnya terdiri dari reaktor kolom yang bagian dalam terdapat seed kristal yang berguna untuk membantu pertumbuhan kristal. Tetapi kristalisasi menggunakan reaktor unggun terfluidisasi memiliki kekurangan antara lain *seed crystal* yang digunakan dapat mengurangi kemurnian produk dan meningkatkan biaya untuk pengangkutan,



pemindahan dan pemurnian *seed crystal* yang digunakan. Selain itu juga penggunaan *seed crystal* akan menyulitkan pada waktu pembersihan alat. Proses kristalisasi menggunakan reaktor berpengaduk juga tidak menguntungkan karena magnesium ammonium fosfat kristal dapat melekat pada pengaduknya. Pada penelitian ini diusulkan proses kristalisasi menggunakan *Aeration Cone Column Crystallizer* berbentuk kerucut. Kolomaerasi berbentuk kerucut menawarkan keunggulan dibandingkan dengan cara lain, seperti *fluidized crystallizer*, *crystallizer berpengaduk* dan *batch crystallizer*, karena kecepatan aliran akan melambat karena pola aliran diubah membesar pada bagian atas kolom sehingga membantu proses pembentukan kristal dan mempertahankan ukuran partikel.

Cara kerja proses kristalisasi memiliki peran penting untuk meningkatkan kinerja pembentukan magnesium ammonium fosfat. Salah satu *crystallizer* yang dapat meningkatkan produksi magnesium ammonium fosfat adalah *Aeration Cone Column Crystallizer*. Aliran udara yang diinjeksikan ke dalam *crystallizer* memiliki peran penting dalam proses pengadukkan dan meningkatkan laju penyisihan  $\text{PO}_4$  dan  $\text{NH}_4$  dari air limbah. Sehingga laju pembentukan magnesium ammonium fosfat kristal sebanding dengan peningkatan laju aerasi Battistoni, P. *et al.*, (2004). Selain itu aerasi dapat meningkatkan  $\text{CO}_2$  *stripping* yang dapat membantu meningkatkan nilai pH air limbah. Berbagai macam metode hidrodinamik proses untuk meningkatkan homogenitas dan mempercepat pembentukan magnesium ammonium fosfat kristal. Metode yang umum digunakan adalah menggunakan pengaduk. Peningkatan kecepatan pengadukkan menjadi tidak ekonomis karena dapat mengakibatkan pecahnya kristal dan

konsumsi energi menjadi lebih besar” Ariyanto, E. *et al.*, (2014). Kecepatan pengadukan dapat mengakibatkan proses tabrakan antara kristal dan kristal, kristal dan permukaan dinding reaktor, baffle, impeller. Pada penelitian ini, proses peningkatan hidrodinamik menggunakan udara sehingga pembentukan kristal akan meningkat Myerson, A.S. (2002). Pada usulan penelitian proses kristalisasi menggunakan *Aeration Cone Column Crystallizer* dibutuhkan zeolite sebagai adsorben yang membantu proses percepatan pembentukan magnesium ammonium fosfat kristal. Zeolite yang digunakan dalam proses pembentukan magnesium ammonium fosfat kristal memiliki keuntungan selain digunakan sebagai media penyerap juga media pembentukan kristal pada permukaan zeolite.

## **B. Perumusan Masalah**

Meningkatnya kebutuhan pupuk yang tidak seiring dengan pasokan yang ada mengakibatkan harga pupuk semakin meningkat. Disisi lain, limbah yang mengandung  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$  dan Mg kurang bisa dimanfaatkan sehingga mencemarin lingkungan. Dengan majunya teknologi, limbah tersebut dapat diolah menjadi pupuk.  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  yang memiliki banyak keunggulan seperti harga yang lebih murah dan proses pembuatan lebih sederhana. Akan tetapi teknologi yang digunakan masih banyak kekurangannya seperti produk yang kurang murni dan pemisahan Kristal magnesium ammonium fosfat yang sulit dilakukan. Dengan bantuan *Aeration Cone Column Crystallizer* yang menggunakan zeolite sebagai adsorben diharapkan dapat mengatasi permasalahan di atas.

### C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan kondisi optimasi parameter proses pembentukan Magnesium Ammonium Phospat kritical dengan menggunakan zeolite alam yang di modifikasi sebagai adsorben.
2. Identifikasi *saturation index* (SI) disetiap zona pada *Aeration Cone Column Crystallizer* terdiri dari zona 1, zona 2, dan zona 3.
3. Mendapatkan nilai kinetika proses pembentukan magnesium ammonium phospat kristal pada *Aeration Cone Column Crystallizer* menggunakan zeolite alam sebagai adsorben

### D. Manfaat Penelitian

1. Menambah informasi ilmiah mengenai pemanfaatan zeolit yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam menurunkan konsentrasi fosfat di dalam pengolahan limbah cair di industri.
2. Sebagai bahan referensi untuk penelitian yang terkait karakterisasi adsorben dari zeolit alam.
3. Sebagai tambahan informasi kepada pembaca tentang kondisi optimum dari proses adsorpsi fosfat dengan menggunakan zeolit alam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdur Rahman & Budi Hartono. 2004. *Makala Kesehatan Vol. 8 No.1. Depok, Departemen Kesehatan Lingkungan FAKULTAS Kesehata Masyarakat Universitas Indonesia.*
- Anisa Riyani. 2015. *Proses Kimia dalam Zeolit dan Penggunaannya dala Kehidupan Sehari-hari. Universitas Negeri Yogyakarta.*
- Akimkhan, A. M. 2012. *Structural and Ion-Exchange Properties of NaturalZeolit.* Lisence in tech.
- Arfan, Yopy. 2006. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya. Depok, Departemen Teknik Kimia FT-UI.*
- Ariyanto. Eko., 2013. *Crystallisation and Dissolution Studies of Struvite in Aqueous Solutions.* Curtin University.
- Banakar, U. V. 1992. *Pharmaceutical Dissolution Testing.* New York, Marcel Dekker, Inc.
- Battistoni, P., Angelis, A. D., Pavan, P., Prisciandaro, M. & Cecchi, F. 2001. *Phosphorus Removal from a Real Anaerobic Supernatant by Struvite Crystallization.* Water Research, 35,2167 – 2178.
- Battistoni, P., Boccadoro, R., Fatone, F. & Pavan, P. 2005. *Auto Nucleation and Crystal Growth of Struvite in a Demonstrative Fluidized Bed Reactor (FBR).* Environmental Technology, 26,975 – 982.
- Bekkum, H.V., Flanigen, E.M., Jansen, J.C., 1991, *Instruction to Zeolit Science and Practise,* Elsevier, Netherland.
- Bhuiyan, M. I. H., Mavinic, D. S. & Beckie, R. D. 2007. *A Solubility and Thermodynamic Study of Struvite.* Environmental Technology, 28, 1015 - 1026.
- Bhuiyan, M. I. H., Mavinic, D. S. & Beckie, R. D. 2008. *Nucleation and Growth Kinetic of Study of Struvite in a Fluidized Bed Reactor.* Journal of Crystal Growth, 310, 1187 - 1194.
- Bhuiyan, M. I. H., Mavinic, D. S. & Beckie, R. D. 2009. 2009. *Dissolution Kinetics of Struvite Pellets Grown in a Pilot-Scale Crystallizer.* Canadian Journal of Civil Engineering, 36,550 – 558.
- Bogdanov, B., D. Georgiev., K. Angelova., and Y. Hristov. 2009. *Synthetic Zeolits and Their Industrial and Environmental Applications Review. International Science conference.*Volume IV Natural & Mathematicalscience.

- Booker, N. A., Priestley, A. J. & Fraser, I. H. 1999. *Struvite Formation Environmental Technology*, 20, 777 – 782.
- Breck, D. W. 1974. *Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use*. London: John Wiley and Sons. pp. 4.
- Cheng, W. & LI, Z. 2010. *Nucleation Kinetics of Nesquehonite ( $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ ) in The  $MgCl_2 - Na_2CO_3$  System*. *Journal of Crystal Growth*, 312, 1563 – 1571.
- Chetani, D. A. 1992. *Solid State Compound*. Oxford university press. pp. 234-237.
- Corre, K. S. L., Valsami-Jones, E., Hobbs, P., Jefferson, B. & Parsons, S. A. 2007. *Agglomeration of Struvite Crystals*. *Water Research*, 41, 419 – 425.
- Corre, K. S. L., Valsami-Jones, E., Hobbs, P. & Parsons, S. A. 2009. *Phosphorus Recovery From Wastewater by Struvite Crystallization. A Review*. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39, 433 – 477.
- De Jong, E. 1984. *Industrial Crystallization 84*. 9<sup>th</sup> Symposium on Industrial Crystallization. The Hague, The Netherland.
- Ganrot, Z., Dave, G., Nilsson, E., 2007. *Recovery of N and P from Human Urine by Freezing Struvite Precipitation and Adsorption to Zeolite and Active Carbon*. *Bioresource Technology*. 98, 3112-3121.
- Haag, W. O., R. M. Lago., and P. B. Weisz. 1984. The active site of acidic aluminosilicate catalysts. *Nature*. 309. pp. 589-591
- Huang, H., Xiao, D., Pang, R., Han, C., Ding, L., 2014. *Simultaneous Removal of Modified Zeolite Combined With Struvite Crystallization*. *ScienceDirect*. 256, 431-438.
- Jones, A. G. 2002. *Crystallization Process System*, Oxford, Butterworth-Heinemann.
- Kamarudin, K. S. N., L. M. Wah., C. Y. Yuan., H. Hamdan., and H. Mat. 2004. *Rice Husk based Zeolite as Methane Adsorbent*. Paper presented at 18th Symposium of Malaysian Chemical Engineers. Universiti Teknologi Petronas. Tronoh. Perak.
- Koralewska, J., Piotrowski, K., Wierzbowska, B. & Matynia, A. 2009. *Kinetics of Reaction-Crystallization of Struvite in The Continuous Draft tube magma Type Crystallizer-Influence of Different Internal Hydrodynamics*. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 17, 330 – 339.
- Laosiripojana, N., T. Klamrassamee., and P. Pavasant. 2010. *Synthesis of Zeolite from Coal Fly Ash: its Application as Water Sorbent*. *J. Engineering*. 14. ISSUE 1 ISSN 0125-8281.

- Li, X. X. & Zhao, Q. L. 2003. Recovery of Ammonium-Nitrogen from Landfill Leachate as a Multi-Nutrient Fertilizer. *Ecological Engineering*, 20, 171-181.
- Lind. B. B., Ban. Z., Byden. S. 2000. *Nutrient Recovery From Human Urine by Struvite Crystallization with Ammonia Adsorption on Zeolite and Wollastonite*. *Bioresource Technology*. 73, 169-174.
- Lindenberg, C. & Mazzotti, M. 2009. Effect of Temperature on The Nucleation Kinetics of L- glutamic acid. *Journal of Crystal Growth*, 311, 1178 – 1184.
- Leowenthal, R. E., Kornmuller, U. R. C. & Heerden, E. P. V. 1994. *Modelling Struvite Precipitation in Anaerobic Treatment Systems*. *Water Science and Technology*, 30.
- Masuda, H., Higashitani, K & Yoshida, H. 2006. *Powder Technology Handbook*, CRC Press.
- Matynia, A., Koralewska, J., Wierzbowska, B. & Piotrowski, K. 2006. The Influence of Proses Parameters on Struvite Continuous Crystallization Kinetics. *Chemical Engineering & Science*, 2, 315 – 324.
- Maria. E. J. 2011. *Development of an Aerated Struvite Crystallization Reactor for Phosphorus Removal and Recovery from Swine Manure*. University of Manitoba.
- Mc Cabe, W. L., Smith, J & Harriott, P. 2005. *Unit Operations of Chemical Engineering*, McGraw-Hill Education.
- Mukhlesor. Md. R., Amran. M. M.S., Rashid. U., Aminul. A., Mujaffar. M. H., Six. C. Ra. 2014. *Production of Slow Release Crystal Fertilizer from Waste Waters Through Struvite Crystallization*. *King Saud University*. 7, 139-155.
- Munch, E. V. & Barr., K. 2001. *Controlled Struvite Crystallisation for Removing Phosphorus from anaerobic Digester Sidestreams*. *Water Research*, 35, 151 – 159.
- Mockovc'iakova', A., Matik., Z. Oroh'nova', P. Hudec., and E. Kmecova. 2007. *Structural characteristics of modified natural zeolit*. *J. Porous Mater.* DOI 10.1007 10934-007-9133-3.
- Myerson, A. S. & Toyokura, S. 1990. *Crystallization as a Separations Process*. American Chemical Society Symposium Series 438, Washington.
- Myerson, A. S. 2002. *Handbook of Industrial Crystallization*, Woburn (USA), Butterworth-Heinemann.
- Pastor, L., Mangin, D., Barat, R. & Seco, A. 2008. *A pilot-scale Study of Struvite Precipitation in a Stirred tank Reactor, Conditions Influencing The Process*. *Bioresource Technology*, 99, 6285 – 691.
- Perera, P. W. A., WU, W. X., Chen, Y. X. & Han, Z. Y. 2009. Struvite Recovery From Swine Waste Biogas Digester Effluent Through a Stainless Steel Device Under Constant pH Condition. *Biomedical and Environmental Sciences* 22, 201-209.
- Perwitasari, Ayu Adi. 2007. *Penentuan Luas Permukaan Zeolit Menggunakan Metode Adsopsi Isotermis Superkritis CO2 Dengan Model ono-kondo*. Departemen Teknik Kimia FT-UI, Depok.

- Rajesh, P., Ramasamy, P. & Bhagavannarayana, G. 2009. *Effect of ammonium Malate on Growth rate, Crystalline Prefection, Structural, Optical, Thermal, Mechanical, Dielectric and NLO Behaviour of ammonium Dihydrogen Phosphate Crystals*. Journal of Crystal Growth, 311, 4069-4075.
- Saragih, Sehat Abdi, 2008. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Riau Sebagai Adosrben, Depok, Program Pasca Sarjana Departemen Teknik Mesin FT-UI*.
- Scott, M. A., A. C. Kathleen., and K. D. Prabir. 2003. *Handbook of Zeolite Science and Technology*. Marcel Dekker, Inc.
- Subagjo. 1993. *Zeolit, Struktur dan Sifat-sifat*. Warta Insinyur Kimia 3 (7)
- Sunardi dan Abdullah. 2007. *Konversi Abu Layang Batu Bara Menjadi Zeolit dan Pemanfaatannya sebagai Adsorben Merkuri (II)*. Sains dan Terapan Kimia.1 (1). pp. 1 – 10. Supriyanto, R. 1999. *Pengantar Analisis Spektrometri*. Universitas Lampung.
- Suryawan, Bambang. 2004. *Karakteristik Zeolit Indonesia Sebagai Adsorben Uap Air*. Depok, Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik FT-UI.
- Sohnel, O. & Garside, J. 1992. *Precipitation, Basic Prinsiples and Industrial Applications*, Butterworth-Heinemann.
- Stratful, I., Scrimshaw, M.D. 7 Lester, J. N. 201. *Conditions Influencing The Precipitation of Magnesium Ammonium Phosphate*. *Water Research*, 35, 4191-4199.
- Stumm, W. & Morgan, J. J. 1995. *Aquatic Chemistry, Chemical Equilibria and Rates in Natural waters*, New York, Wiley.
- Suzuki, K., Tanaka, Y., Kuroda, K., Hanajima, D., Fukumoto, Y., Yasuda, T. & Waki, M. 2007. *Removal and Recovery of Phosphorous from Swine Wastewater by Demonstration Crystalization Reactor and Struvite Accumulation device*. *Bioresource Technology*, 98, 1573-1578.
- Wilsenach, J. A., Schuurbiens, C. A. H. & Loosdrecht, M.C. M. V. 2007. *Phosphate and Potassium Recovery From Source Separated Urine Through Struvite Precipitation*. *Water Research*, 41, 458-466.
- Wittayakun, J., P. Khemthong., S. Prayoonpokarach., and S. Khabuanchalad. 2008. *Transformation of Zeolite NaY Synthesized from Rice Husk Silica to NaP during Hydrothermal*. *Suranaree J. Sci. Technol.* 15(3). pp. 225-231.

Yuliyati, Y. B., G. Marifah., dan Solihudin. 2011. *Synthesis and characterization of carbon-zeolite ZSM-5 composite from the rice husk using tetrapropylammonium bromide template:determination of calcination temperature*. Proceedings of the 2nd International Seminar on Chemistry (pp.409-411 ) Jatinangor. ISBN 978-602-19413-1-7.

Zhang, D. M., Chen, Y. X., Jilani, G., WU, W. X., LIU, W. L. & Han, Z. Y. 2012. *Optimization of Struvite Crystallization Protocol for Pretreating The Swine Wastewater and its Impact on Subsequent Anaerobic Biodegradation of Pollutants*. *Bioresource Technology*, 116,386 – 395.