

**PEMBENTUKAN *STRUVITE* KRISTAL ($Mg NH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)
DENGAN PROSES ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN PLAT
MAGNESIUM DAN PLAT STAINLESS STEEL**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Strata-1
Pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Oleh:

Putrie Meline Herlyance

122019015

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBENTUKAN KRISTAL *STRUVITE* ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
DENGAN *PROSES ELECTROLISIS* MENGGUNAKAN
PLAT MAGNESIUM (Mg) DAN PLAT *STAINLESS STEEL*

Disusun Oleh:

Putrie Meline Herlyance
122019015

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



Dr. Eko Ariyanto, ST, M. Chem. Eng.
NIDN. 0217067504

Pembimbing 2



Ir. Ani Melani, M.T
NIDN. 0021056308

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia FT-UMPalembang



Ir. Robiah, M.T
NIDN: 0008066401

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBENTUKAN STRUVITE KRISTAL ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
DENGAN PROSES ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN PLAT
MAGNESIUM DAN PLAT STAINLESS STEEL

Disusun Oleh:

PUTRIE MELINE HERLYANCE (122019015)

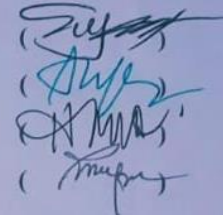
Telah diuji dihadapan tim penguji pada tanggal 22 Agustus 2023

Di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Palembang

Tim Penguji:

Ketua : Dr. Eko Ariyanto M.ChemEng
Anggota : Ir. Ani Melani.,M.T
Anggota : Netty Herawati, S.T, M.T
Anggota : Ir. Rifdah, M.T



Menyetujui

Dekan Fakultas Teknik

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Kimia



Prof. Dr. Ir. Kgs A Roni, ST., M.T., IPM.ASEAN Eng.
NBM/NIDN:0763049/0227077004



Ir. Robiah M.T
NBM/NIDN.1060755/0008066401





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang 30623, Telp (0711) 518764 Fax (0711) 519408
Terakreditasi B dengan SK No. 396/SK/BAN-PT/Akred/S/X/2014

Nama : **PUTRIE MELINE HERLYANCE**
NRP : **122019015**
Judul Tugas : **PEMBENTUKAN STRUVITE KRISTAL ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) DENGAN
PROSES ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN PLAT MAGNESIUM
DAN PLAT STAINLESS STEEL**

Telah Mengikuti Ujian Sidang Sarjana Teknik Kimia Pada Tanggal Dua Puluh Dua Bulan Agustus
Dua Ribu Dua Puluh Tiga
Dinyatakan Lulus Dengan Nilai : A

Palembang, Agustus 2023

Ketua Penguji

Ketua Panitia Ujian Tugas Akhir

Prodi Teknik Kimia

Dr. Eko Ariyanto M.ChemEng

Ir. Robiah, M.T.

NIDN.0217067504

NBM/NIDN:1060755/0008066401

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eko Ariyanto M.ChemEng

Ir. Anji Melani, M.T.

NIDN.0217067504

NIDN: 0021056308

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UMP

Ketua Prodi Teknik Kimia UMP

Prof. Dr. Ir. Kgs. A. Roni ST., MT., IPM., ASEAN Eng

Ir. Robiah, M.T.

NBM/NIDN: 763049/0227077004

NBM/NIDN:1060755/0008066401

LEMBAR PERSEMBAHAN

Skripsi ini, saya persembahkan kepada kedua orang tua saya. Teruntuk ayah saya dan ibu saya, terimakasih telah mengajarkan saya banyak hal, mendidik, memotivasi, dan juga tidak pernah putus mendoakan saya.

Skripsi ini saya persembahkan untuk adik saya yang telah memberikan semangat dan semoga kita semua menjadi anak yang membanggakan kedua orang tua.

Skripsi ini saya persembahkan juga kepada Dosen Pembimbing bapak Dr. Eko Ariyanto.Chem.Eng dan ibu Ir. Ani Melani M.T yang telah memberikan bantuan, doa, dan dukungan sehingga peneliti dapat menyelesaikan karya skripsi ini.

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putrie Meline Herlyance
Tempat / Tanggal Lahir : Jakarta, 19 Maret 2001
NIM : 1220219015
Program Studi : Teknik Kimia
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah hasil karya saya dan disusun sendiri dengan sungguh-sungguh serta bukan merupakan penjiplakan karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi berupa pembatalan skripsi ini dan segala konsekuensinya.
2. Saya bersedia untuk menanggung segala bentuk tuntutan hukum yang mungkin timbul jika terdapat pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
3. Memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan/mempublikasikannya di media secara full teks untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Agustus 2023



Putrie Meline Herlyance

ABSTRAK

**PEMBENTUKAN *STRUVITE* KRISTAL ($\text{Mg NH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
DENGAN PROSES ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN PLAT
MAGNESIUM DAN PLAT STAINLESS STEEL**

Putrie Meline Herlyance¹, Eko Ariyanto², Ani Melani³
**Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Palembang, Indonesia**

Struvite adalah kristal putih yang secara kimiawi dikenal sebagai magnesium amonium fosfat heksahidrat ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). *Struvite* dapat dimanfaatkan menjadi pupuk karena kandungan fosfat (PO_4) di dalamnya. Limbah cair industri tempe memiliki kandungan PO_4 yang cukup tinggi, menjadikan limbah cair industri tempe adalah bahan pembentuk pupuk *struvite* yang potensial. Pembentukan pupuk *struvite* dilakukan dengan proses elektrolisis. Proses ini menghubungkan energi listrik pada anoda dan katoda, yang menarik ion-ion sehingga terjadi reaksi redoks. Larutan MAP (Magnesium Amonium Fosfat) dibuat dengan cara mereaksikan limbah cair industri tempe, Magnesium Klorida (MgCl_2), dan Amonium Hidroksida (NH_4OH). Rasio MAP yang digunakan adalah 1:1:1. Kecepatan pengadukan ditetapkan 120 rpm, pH 9 dengan tegangan 15 volt. Kristal *struvite* dianalisis menggunakan Floresensi sinar-X (XRF) dan Mikroskop Pemindai Elektron (SEM). Pembentukan *struvite* yang baik adalah pada pH 9 dengan tegangan 15 volt. Semakin tinggi tegangan yang digunakan maka semakin kuat reaksi elektrolisis yang terbentuk sehingga ion-ion yang membentuk reaksi redoks semakin banyak.

Kata Kunci: Elektrolisis, kristalisasi, limbah cair industri tempe, *struvite*

ABSTRACT

FORMATION OF CRYSTAL STRUVITE ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) BY ELECTROLYSIS PROCESS USING MAGNESIUM PLATE AND STAINLESS STEEL PLATE

Putrie Meline Herlyance¹, Eko Ariyanto², Ani Melani³

*Chemical Engineering Study Program, Faculty of Engineering,
Muhammadiyah University of Palembang, Indonesia*

Struvite is a white crystal known chemically as magnesium ammonium phosphate hexahydrate ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$). Struvite can be used as fertilizer because of the phosphate (PO_4) content in it. Tempeh industrial wastewater has a fairly high PO_4 content, making tempeh industrial wastewater a potential struvite fertilizer forming material. Formation of struvite fertilizer is done by electrolysis process. This process connects electrical energy at the anode and cathode, which attracts ions so that redox reactions occur. MAP (Magnesium Ammonium Phosphate) solution is prepared by reacting tempe industry wastewater, Magnesium Chloride ($MgCl_2$), and Ammonium Hydroxide (NH_4OH). The MAP ratio used is 1:1:1. Stirring speed was set at 120 rpm, pH 9 with a voltage of 15 volts. Struvite crystals were analyzed using X-ray fluorescence (XRF) and scanning electron microscopy (SEM). Good struvite formation is at pH 9 with a voltage of 15 volts. The higher the voltage used, the stronger the electrolytic reaction that is formed so that the more ions that form the redox reaction.

Keywords: *Electrolysis, crystallization, tempe industrial wastewater, struvite*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi saya yang berjudul “Pembentukan Struvite Kristal ($Mg NH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) Dengan Proses Elektrolisis Menggunakan Plat Magnesium Dan Plat Stainless Steel”.

Penulisan Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk melaksanakan riset di Laboratorium Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang. Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan Skripsi, terutama kepada:

1. Bapak Prof.Dr. Kgs A Roni,ST.,M.T.,IPM.ASEAN Eng. selaku Dekan FakultasTeknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ibu Ir. Robiah.M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Ibu Dr. Mardwita,S.T.M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Bapak Dr. Eko Ariyanto, S.T., M.Chem.Eng Sebagai dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas ini
5. Ibu Ir. Ani Melani, M.T Sebagai dosen pembimbing II yang juga telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas ini
6. Seluruh Staff Dosen Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Kepada Orang Tua dan teman satu angkatan 2019 yang sudah berjuang bersama dari awal kuliah hingga sekarang.

Palembang,Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	<u>ii</u>
LEMBAR PENGESAHAN	<u>iii</u>
LEMBAR PERSETUJUAN KUNING.....	<u>iv</u>
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pencemaran Air	4
2.2 Limbah Tempe.....	4
2.3 Elektrolisis.....	5
2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Elektrolisis.....	8
2.5 Elektroda.....	9
2.6 Pembentukan Struvite Kristal.....	10
2.7 Penelitian Terdahulu Elektrolisis Limbah	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat	18
3.2 Alat dan Bahan	18

3.3	Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1	Merancang Reaktor Elektrolisis	19
3.3.2	Pengaturan Elektrokimia	19
3.3.3	Optimalisasi Pembentukan Struvite.....	20
3.4	Cara Penelitian.....	20
3.4.1	Langkah-Langkah Penelitian Struvite Limbah Sintetis	20
3.4.2	Langkah-Langkah Penelitian Struvite Limbah Cair Tempe.....	21
3.5	Diagram alir penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Proses Elektrolisis Pada Limbah Sintetis	23
4.1.1	Pengaruh pH	23
4.1.2	Pengaruh Tegangan	23
4.2	Proses Elektrolisis Limbah Cair Tempe.....	30
4.2.1	Pengaruh pH	30
4.2.2	Pengaruh Tegangan	34
4.3	Karakteristik Padatan Struvite.....	38
4.3.1	Limbah Sintetis.....	38
4.3.2	Limbah Cair Tempe.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA		42

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Konsentrasi NH_4 Limbah Sintetis Variabel pH.....	23
Tabel 4.2 Berat Struvite Variabel pH	25
Tabel 4.3 Hasil Konsentrasi NH_4 Limbah Sintetis Variabel Tegangan	27
Tabel 4.4 Berat Struvite Variabel Tegangan.....	29
Tabel 4.5 Hasil Konsentrasi NH_4 Limbah Cair Tempe Variabel pH	31
Tabel 4.6 Berat Struvite Variabel pH	33
Tabel 4.7 Hasil Konsentrasi NH_4 Limbah Cair Tempe Variabel Tegangan	35
Tabel 4.8 Berat Struvite Variabel Tegangan.....	37
Tabel 4.9 Hasil Uji SEM EDX Limbah Sintetis	39
Tabel 4.10 Hasil Uji SEM EDX Limbah Cair Tempe	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Elektrolisis	6
Gambar 2.2 Struvite Kristal.....	10
Gambar 2.3 Pengaruh pH dalam Penyisihan PO_4	14
Gambar 3.1 Skema Reaktor Elektokoagulasi	19
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1 Pengaruh pH Pada Penurunan NH_4 Limbah Sintetis	24
Gambar 4.2 Berat Struvite Pada Limbah Sintetis	26
Gambar 4.3 Pengaruh Tegangan Pada Penurunan NH_4 Limbah Sintetis	27
Gambar 4.4 Berat Struvite Pada Limbah Sintetis	30
Gambar 4.5 Pengaruh pH Pada Penurunan NH_4 Limbah Cair Tempe	31
Gambar 4.6 Berat Struvite Pada Limbah Cair Tempe	34
Gambar 4.7 Pengaruh Tegangan Pada Penurunan NH_4 Limbah Cair Tempe	35
Gambar 4.4 Berat Struvite Pada Limbah Cair Tempe	38

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN	45
LAMPIRAN II	66
I. SEM EDX.....	66
II Kegiatan Penelitian.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan hasil sisa produksi dari rumah tangga maupun dari industri, yang mengandung bahan-bahan yang dapat menimbulkan polusi dan dapat mengganggu kesehatan. Limbah industri, khususnya limbah cair yang memberikan pengaruh besar terhadap pencemaran air, salah satunya yaitu limbah industri tempe. Limbah cair pada industri tempe sebagian besar berasal dari pemasakan kedelai, pencucian kedelai, peralatan proses, serta lantai. Karakter limbah cair yang dihasilkan berupa bahan organik padatan tersuspensi (kulit, selaput lendir dan bahan organik lain) (Darmono, 2001, dalam Rosalina, 2008). Dalam konsentrasi tertentu kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia sehingga perlu adanya penanganan terhadap limbah.

Di kota Palembang terdapat industri tempe rumahan yaitu industri penghasil tempe yang berlokasi di daerah Plaju. Terdapat pencemaran air disekitar lingkungan yang menimbulkan bau tak sedap akibat drainase oleh limbah industri tempe, yang limbah cairnya mencapai hingga 7 juta liter/tahun. Dalam limbah cair tempe memiliki beberapa unsur kimia, diantaranya protein, lemak, karbohidrat, air, kalsium, fosfor dan besi. Air merupakan salah satu sumber kehidupan, maka dari itu diperlukan air yang sesuai dengan standar baku air bersih yang dapat digunakan untuk keperluan kehidupan sehari-hari, keperluan industri, untuk kebersihan sanitasi kota, keperluan pertanian dan lain sebagainya. Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH diatas pH normal bersifat basa. Air limbah dan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik (Baharsa, 2017).

Limbah cair industri tempe memiliki kandungan fosfat (PO_4) yang cukup tinggi. Kandungan PO_4 pada limbah cair industri tempe berkisar $\pm 1089,3$ mg/L. Kandungan fosfat pada limbah cair tempe sangat diperlukan untuk tumbuhan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan tanaman. Kandungan fosfat pada limbah cair industri tempe ini dapat dimanfaatkan menjadi salah satu bahan pembentuk pupuk struvite. Caranya yakni mereaksikannya dengan senyawa Amonium (NH_4).

Secara tradisional, air limbah tempe diolah dengan berbagai metode seperti pengendapan, penguraian secara kimia, aerasi, ultrafiltrasi, ozonisasi, biodegradasi, koagulasi, dan elektrolisis. Pada proses elektrolisis memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat memproses banyak kontaminan dalam satu kali jalan, produksi lumpur rendah, biaya perawatan rendah, menghasilkan efluen dengan TDS lebih rendah, sistem dapat dengan mudah menangani variasi kualitas air. Pada sel elektrolisis elektroda yang berfungsi menghantarkan listrik adalah anoda sehingga terjadi suatu pelatiran material anoda menghasilkan kation logam. Elektrolisis air merupakan reaksi samping yang menghasilkan gas hydrogen pada katoda dan gas oksigen pada anoda (Prabowo dkk, 2012). Rapat arus merupakan salah satu faktor yang berperan dalam proses elektrokimia. Dari penelitian ini mengusulkan untuk memberikan alternatif pengolahan limbah dengan menggunakan reaktor elektrolisis secara batch untuk memproses ulang limbah tempe menjadi air yang dapat digunakan kembali oleh masyarakat.

Adapun penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Devita Sari pada tahun 2020 menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan dan semakin lama waktu kontak tidak mutlak akan terjadi penurunan kandungan parameter pencemar. Dan juga nilai pH dari limbah cair tempe masih dalam batas normal, antara 6-9. Merujuk hasil uji tersebut diatas secara tidak langsung pembuangan limbah cair tempe ke sungai secara langsung tanpa pengolahan akan dapat menyebabkan pencemaran air. Pada penelitian ini akan diteliti pengaruh tegangan dan penambahan elektrolit dalam proses elektrolisis terhadap penurunan konsentrasi NH_4 pada limbah

cair tempe dan pengaruh pH dalam proses elektrolisis $Mg, NH_4, PO_4, 6H_2O$.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang masalah diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh tegangan terhadap penurunan konsentrasi NH_4 pada proses elektrolisis?
2. Bagaimana pengaruh pH terhadap penurunan konsentrasi NH_4 pada proses elektrolisis?
3. Bagaimana pengaruh pH dan tegangan terhadap berat produk struvite?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk memperoleh kondisi tegangan yang paling optimum dalam penurunan konsentrasi NH_4 pada proses elektrolisis
2. Untuk memperoleh Ph yang paling optimum dalam penurunan konsentrasi NH_4 pada proses elektrolisis
3. Untuk memperoleh pH dan tegangan terhadap berat produk struvite

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi ilmu pengetahuan pada mata kuliah pengolahan limbah industri tentang pengolahan limbah
2. Memberikan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk proses pembantuan struvite kristal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aage, H.K., Andersen, B.L., Blom, A., Jensen, I., 1997. *The Solubility of struvite*. J. Radional. Nucl. Chem. 223, 213-215
- Ariyanto, E., T.K. Sen, dan H.M. Ang. 2014. *The influence of Various Physicochemical Process Parameters on Kinetics and Growth Mechanism of Struvite Crystallisation*. Advanced Powder Technology. Vol. 25, No.2. Hal. 682-694.
- Ariyanto, Eko., Dkk. 2014. *Penyisihan PO₄ Dalam Air Limbah Rumah Sakit Untuk Produksi Pupuk Struvite*. Palembang: jurnal Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah. Vol 20, No 20: 1-4
- Battistoni, P., Boccadoro, R., Fatone, F. & Pavan, P. 2005. *Auto-nucleation and kristal growth of struvite in a demon strative fluidised bed reactor (FBR)*. Environmental Technology, 26, 975-982
- Bhuiyan, M.I.H., D.S. Mavinic, and R.D.Beckie.2007, *Nucleation and growth kinetic of struvite in a fluidized bed reactor*. Journal of Crystal Growth, 310(6):p.1178-1194
- Booker, N. A., Priestley, A. J. Dan Fraser, I.H. 1999. *Struvite formantion in wastewater treatment plants: opportunities for nutrient recovery*. Environmental Technology. Vol.20.Hal. 777-782
- Bouropoulos, N.Ch.dan Koutsoukos, P.G.2000. *Spontaneous Precipitation of Struvite from Aqueous Solutions*. Journal of Crystal Growth. Vol. 213. Hal. 381-388
- Capdevielle, A., Sykorova, E., Biscans, B.,Beline,F.& Daumer, M. L. 2013 *Optimization of struvite precipitation in synthetic biologically treated swine wastewater determination of the optimal process parameters*. Journal of Hazardous Materials, 244 – 245, 357-369
- Doyle, J. D. Dan Parsons, S. A. 2002. *Struvite Formation, Control and Recovery* Water Research. Vol. 36, No. 16. Hal. 3925-3940
- Fardiaz, S., (1992). *Polusi Air Dan Udara*. Kanisius, Yogyakarta.
- Gabriel. J.F., (2001). *Fisika Lingkungan*. Hipokratesi. Jakarta

- Galbraith, S.C., Schneider, P.A., 2009. *A review of struvite nucleation studies*. In: Ashley, K., Mavinic, D.S., Koch, F. (Eds), *International Conference on Nutrient Recovery From Wastewater Streams*. IWA Publishing, London, UK, ISBN 9781843392323
- Gameissa, Mutiara Windika, dkk. 2012. *Pengolahan Tersier Limbah Cair Industri Pangan Dengan Teknik Elektrolisis Menggunakan Elektroda Stainless Steel*. Bogor. Institut Pertanian Bogor
- Hug, Alexandra, et.al. 2013. *Struvite Precipitation from Urine With Electrochemical Magnesium Dosage*. ScienceDirect. Vol. 47. Hal, 289-299
- Jones, A.G., 2002. *Crystallization Process System*. Butterworth/ Heinemann, Oxford, Great Britain
- Khai, N. M. Dan Hoang T. Q. T., "Chemical Precipitation of Ammonia and Phosphate from Nam Son Landfill Leachate, Hanoi" *Iranica Journal of Energy & Environment 3 (Special Issue on Environmental Technology)* (2012) 32-36
- Kozik, A., et.al. 2014. *Continuous Reaction Crystallization of Struvite from Diluted Aqueous Solution of fosfat (V) Ions in the Presence of Magnesium Ions Excess*. Chemical Engineering Research and Design. Vol. 92. Hal 481-490
- Kumar, R dan Pal, P., "Turning Hazardous Waste Into ValucAdded Products: Production and Characteristization of Struvite Ammonical Waste With New Approaches" *Journal of Cleaner Production* Vol. 43 (2013), pp: 59-70
- Le Corre, K.S.L., Jones, V. E., Hobbs, P., dan Parsons, S. A. 2005. *Impact of calcium on Struvite Crystal Size, Shape and Purity*. J.Cryst. Growth 283, 514-522
- Metteson, Michael J, 1995. *Electrocoagulation and Separation of Aqueous Suspensions of Ultrafine Particles, Colloids and Surface Aphysicochemical and Engineering Aspects*. The University of Sydney. New South Wales
- Mullin, J.W., 1993. *Crystallization*. Butterworth-Heinemann, Oxford
- Ohlinger, K.N., Young, T.M., Schroeder, E.D., 1999. *Kinetics effects on preferential struvite accumulation in wastewater*. J. Environ. Eng. 125, 730-737
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook Seventh Edition*. America : McGraw Hill

- Prabowo, Agung, Gagah Hasan B, dan Purwanto. 2012. Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Minyak Dengan Proses Elektrolisis Dengan Elektroda Besi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri Vol. 1 No. 1*.
- Pratama, R.R.P. 2015. *Recovery Amonium dan Fosfat Limbah Cair PT Petrokimia Gresik melalui Proses Presipitasi menggunakan Magnesium*. Tugas akhir. ITS : Surabaya
- Rahman,Mukhlesur.,Mohamad Amran Mohd Salleh., Umer Rashid., Amimul ahsan., Mohammad Mojaffar Hossain., and Chang Six Ra. 2014. *Production of slow release crystal fertilizer from wastewaters through struvite crystallization- A review*.Arabian Journal of Chemistry 7,139-155
- Regy, S., Mangin, D., Klein, J.P., Lieto, J., 2002. Lagep Report. *Phosphate recovery by struvite precipitation in a stirred reactor*. Lagep (laboratoire d'automatique et de genie des procedes)/CEEP (Centre Europe'en d'Etude des Polyphosphates), availableat/<http://www.nhm.ac.uk/researchcuration/departments/mineralogy/researchgroups/phosphaterecovery/LagepReportS.PDF> 1-65
- Wang, J., Burken, J. G.& Zhang, X. J. 2006. *Effect of seeding materials and mixing strength on struvite precipitation*. Water Environment Research, 78,125-132
- Warmadewanthi dan Liu, J.C., ” Recovery of fosfat and amonium as struvite from Semiconductor wastewater” *Separation Purification technology* (2009) 64(1-3). Hal 368-373
- Yetilmezsoy, K., Zengin, Z.S., 2009. *Recovery of ammonium nitrogen from the effluent of UASB treating poultry manure wastewater by MAP precipitation as a slow release fertilizer*. J. Hazard. Mater. 166, 260-269
- Zeng, L., dan Li, X., ”Nutrient Removal from Anaerobically Digester Cattle Manure by Struvite Precipitation” *Journal of Enviromental Enggineering and Science*, Vol 5 (2006) Issue 4. P285