

**ANALISIS KANDUNGAN MAGNESIUM DAN VARIABILITAS LAJU
ALIR UDARA PADA PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI
PUPUK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MINERAL STRUVITE**

SKRIPSI



Oleh :

INDAH NUR FAUZIYYAH

19034010100

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

SURABAYA

2024

**ANALISIS KANDUNGAN MAGNESIUM DAN VARIABILITAS LAJU
ALIR UDARA PADA PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI
PUKUK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MINERAL STRUVITE**

SKRIPSI



Oleh :

INDAH NUR FAUZIYYAH

NPM 19034010100

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

SURABAYA

2024

**ANALISIS KANDUNGAN MAGNESIUM DAN VARIABILITAS LAJU
ALIR UDARA PADA PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI
PUKUP SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MINERAL STRUVITE**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
(ST.) Pada Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”**

Jawa Timur



OLEH :

INDAH NUR FAUZIYYAH

NPM: 19034010100

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAWA TIMUR**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS KANDUNGAN MAGNESIUM DAN VARIABILITAS LAJU ALIR
UDARA PADA PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PUPUK
SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MINERAL STRUVITE**

Disusun Oleh:

INDAH NUR FAUZIYYAH

NPM. 19034010100

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah

Menyetujui,

PEMBIMBING



Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT
NIPPPK. 19750717 202121 1 007

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KANDUNGAN MAGNESIUM DAN VARIABILITAS LAJU ALIR
UDARA PADA PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PUPUK
SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MINERAL STRUVITE**

Disusun Oleh:

INDAH NUR FAUZIYYAH

NPM. 19034010100

**Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal Serambi
Engineering (Terakreditasi SINTA 4)
Volume IX, Nomor 3, Juli 2024**

Menyetujui,

PEMBIMBING

TIM PENGUJI

1. Ketua

Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT.

NIP/PPK. 19750717 202121 1 007

Ir. Tuhji Agung Rachimanto, MT.

NIP/NPT. 19620501 198803 1 001

2. Anggota

Dr. Ir. Munawar Ali, MT.

NIP/NPT. 19600401 198803 1 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**ANALISIS KANDUNGAN MAGNESIUM DAN VARIABILITAS LAJU ALIR
UDARA PADA PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PUPUK
SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MINERAL STRUVITE**

Disusun Oleh:

INDAH NUR FAUZIYAH
NPM. 19034010100

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 11 Juli 2024

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT.
NIP. 19620501 198803 1 001

Dr. Ir. Munawar Ali, MT.
NIP/NPT. 19600401 198803 1 001

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Indah Nur Fauziyyah
NIM : 19034010100
Fakultas /Program Studi : Teknik / Teknik Lingkungan
Judul Skripsi/Tugas Akhir/ : ANALISIS KANDUNGAN MAGNESIUM DAN VARIABILITAS LAJU ALIR UDARA PADA PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PUPUK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MINERAL STRUVITE

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun , sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 15 Juli 2024

Yang Menyatakan



(Indah Nur Fauziyyah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, Yang Maha Esa, atas rahmat dan bimbingan-Nya yang telah memungkinkan penulis menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “*Analisis Kandungan Magnesium dan Variabilitas Laju Alir Udara pada Pemanfaatan Limbah Cairu Industri Pupuk Sebagai Bahan Baku Pembuatan Mineral Struvite*” Penulisan Laporan Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam kurikulum program studi S-1 Teknik Lingkungan dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Selama proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan arahan dan bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, ST., MT, selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan.
3. Bapak Dr. Okik Hendriyanto C., ST, MT, selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu untuk membantu, mengarahkan, dan membimbing dalam proses penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Tuhu Agung Rachmanto., MT, selaku Dosen Penguji dan Penasehat Akademik yang telah memberikan kritik, saran, masukan, bimbingan, arahan dan bantuan selama penulis menempuh studi di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
5. Bapak Dr. Ir. Munawar Ali, MT., selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan pada Tugas Akhir/Skripsi ini menjadi lebih baik.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Laporan Skripsi ini, tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bimbingan, pengarahan, petunjuk dan saran dari berbagai pihak. Penulis telah berusaha memberikan yang terbaik dalam Laporan Skripsi ini namun apabila terdapat kesalahan, penulis berharap hal

ini dapat menjadi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga Laporan Skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi penulis, pembaca lainnya dan Universitas khususnya program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 4 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	I
DAFTAR ISI.....	III
DAFTAR GAMBAR.....	VI
DAFTAR TABEL	VII
ABSTRAK	1
ABSTRACT	2
BAB 1	3
PENDAHULUAN.....	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	5
BAB 2	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Landasan Teori	6
2.1.1. Industri Pupuk.....	6
2.1.2. Limbah Cair Pabrik Pengolahan Pupuk.....	6
2.1.3. Ammonium	8
2.1.4. Fosfat	9
2.1.5. <i>Recovery</i> Fosfat	11
2.2. Kajian Teori Penelitian	12
2.2.1. Bahaya Fosfat pada Lingkungan	12
2.2.2. Pemanfaatan Limbah	13
2.2.3. Presipitasi <i>Struvite</i>	15
2.2.4. Proses Aerasi	16
2.3. Peneliti Terdahulu	18

BAB 3	22
METODE PENELITIAN	22
3.1 Kerangka Penelitian	22
3.2 Bahan dan Alat	23
3.2.1 Bahan	23
3.2.2 Alat	23
3.3 Cara Kerja.....	24
3.4 Variabel	25
3.5 Analisis.....	26
3.6 Matriks Penelitian	27
3.7 Jadwal Penelitian	27
3.8 RAB.....	28
BAB 4	29
HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Umum.....	29
4.2 Bentuk Morfologi Struvite Hasil Analisa SEM.....	35
4.3 Kandungan Mineral Struvite yang Terbentuk	36
4.4 Pengaruh Variabel Terhadap Perolehan Struvite.....	38
4.4.1 Pengaruh kadar Magnesium terhadap pembentukan Mineral Struvite.....	38
4.4.2 Pengaruh pH terhadap pembentukan Mineral Struvite.....	40
4.4.3 Pengaruh Rate Udara terhadap pembentukan Mineral Struvite	43
4.5 Potensi Pemanfaatan Limbah menjadi Kristal Struvite.....	45
BAB 5	47
KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 KESIMPULAN	47
5.2 SARAN.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48

PERHITUNGAN.....	53
LAMPIRAN A.....	60
HASIL ANALISA XRF DAN SEM.....	60
LAMPIRAN B.....	61
DOKUMENTASI PENELITIAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tempat Penampung Limbah Cair PT. Petrokimia Gresik	7
Gambar 2.2 Bentuk dari pupuk fosfat	9
Gambar 2.3 Bentuk kristal struvite dengan Analisa SEM	14
Gambar 3.1 Rangkaian reaktor vertikal	24
Gambar 4.1 Larutan MAP (<i>Magnesium Ammonium Phosphate</i>)	29
Gambar 4.3 Padatan kristal struvite	31
Gambar 4.4 Hasil Analisa SEM pada pH 9	35
Gambar 4.5 Hasil Analisa SEM pada pH 11	35
Gambar 4.6 Pengaruh rasio molar & rate udara terhadap persentase fosfat dan magnesium pada struvite	39
Gambar 4.7 Pengaruh rasio molar & pH terhadap persentase Fosfat pada struvite	41
Gambar 4.8 Pengaruh rasio molar & pH terhadap persentase Magnesium pada struvite	41
Gambar 4.9 Pengaruh rasio molar & rate udara terhadap persentase Fosfat pada struvite	43
Gambar 4.10 Pengaruh rasio molar & rate udara terhadap persentase Fosfat pada struvite	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil karakteristik limbah pabrik industri pupuk	7
Tabel 2.2 Tabel peneliti terdahulu	18
Tabel 3.1 Matriks Penelitian	27
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian	27
Tabel 3.3 RAB	28
Tabel 4.1. Hasil Analisa Kristal Struvite pada rasio 2 : 1	32
Tabel 4.2. Hasil Analisa Kristal Struvite pada rasio 2.5 : 1	33
Tabel 4.3. Hasil Analisa Kristal Struvite pada rasio 3 : 1	34
Tabel 4.4. Data Kandungan Unsur yang Terkandung dalam Mineral Struvite yang di Teliti pada Rasio 2 : 1	36
Tabel 4.5. Data Kandungan Unsur yang Terkandung dalam Mineral Struvite yang di Teliti pada Rasio 2,5 : 1	37
Tabel 4.6. Data Kandungan Unsur yang Terkandung dalam Mineral Struvite yang di Teliti pada Rasio 3 : 1	37
Tabel 4.7 Tabel Pengaruh Parameter Fosfat (P) & Magnesium (Mg) Terhadap Perolehan Mineral Struvite	38
Tabel 4.8 Tabel Pengaruh Parameter, Rasio Molar, dan pH Terhadap Perolehan Mineral Struvite	40
Tabel 4.9 Tabel Pengaruh Rate Udara Terhadap Perolehan Mineral Struvite	43

ABSTRAK

Limbah pupuk yang mengandung fosfat dan ammonium dapat menimbulkan masalah lingkungan serius jika tidak dikelola dengan baik. Seiring berjalannya waktu, konsumsi batuan fosfat akan habis dan merusak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sumber fosfat baru yang berkelanjutan, seperti air limbah kaya fosfat dan amonia yang dapat dijadikan sumber fosfat sekunder untuk menghasilkan produk baru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perolehan padatan mineral *struvite* dengan memanfaatkan limbah cair pabrik pupuk yang mengandung fosfat dan ammonium menggunakan reaktor vertikal secara batch. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan *struvite* adalah pH larutan, suhu larutan, laju alir udara, dan rasio molar larutan. *Struvite* adalah kristal putih, secara kimia dikenal sebagai magnesium amonium fosfat hexahydrate ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Proses Pembentukan *struvite* adalah dengan mereaksikan $[\text{Mg}^{2+}]$, $[\text{NH}_4^+]$ dan $[\text{PO}_4^{3-}]$. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan beberapa variabel, yaitu Rasio Molar (MgCl_2 : limbah) 2 : 1; 2,5 : 1; 3 : 1, laju alir udara dengan kecepatan 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 L/menit, dan pH sebesar 8,9,10,11. Pelaksanaan penelitian ini yaitu dengan membuat larutan MAP dengan rasio molar 2 : 1; 2,5 : 1; 3 : 1, setelah itu larutan dimasukkan kedalam reaktor vetikal hingga $\frac{3}{4}$ volume dari reaktor kemudian laju alir udara diatur dengan kecepatan tertentu yaitu 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 L/menit, pH larutan dan setelah mencapai kondisi yang diinginkan larutan MAP ditampung melalui gelas tamping. Kemudian larutan disaring dan didapatkan mineral *struvite*, setelah itu keringkan hingga menjadi kristal. Lalu analisa kristal dengan analisa XRF dan SEM. Dari hasil penelitian, diperoleh *recovery* fosfat terbaik sebesar 67,3% pada rasio 2,5 : 1, pada kecepatan 1,00 L/menit, dan pada pH 10.

Kata Kunci : *Fosfat, recovery, struvite, rate udara, rasio molar*

ABSTRACT

Fertilizer waste containing phosphate and ammonium can cause serious environmental problems if not managed properly. Over time, the consumption of phosphate rock will be depleted and damage the environment. Therefore, a new sustainable source of phosphate is needed, such as phosphate- and ammonia-rich wastewater that can be used as a secondary phosphate source to produce new products. This study aims to analyze the acquisition of struvite mineral solids by utilizing fertilizer plant wastewater containing phosphate and ammonium using a batch vertical reactor. Factors affecting the preparation of struvite are solution pH, solution temperature, air flow rate, and solution molar ratio. Struvite is a white crystal, chemically known as magnesium ammonium phosphate hexahydrate ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). The process of struvite formation is by reacting $[\text{Mg}^{2+}]$, $[\text{NH}_4^+]$ and $[\text{PO}_4^{3-}]$. In this study, researchers used several variables, namely the Molar Ratio (MgCl_2 : fertilizer wastewater) 2: 1; 2,5 : 1; 3 : 1, air flow rate at 0.25; 0.50; 0.75; 1.00 L/min, and pH of 8,9,10,11. The implementation of this research is by making a MAP solution with a molar ratio of 2: 1; 2,5 : 1; 3 : 1, after which the solution is put into the vertical reactor until $\frac{3}{4}$ the volume of the reactor then the air flow rate is set at a certain speed of 0.25; 0.50; 0.75; 1.00 L/min, the pH of the solution and after reaching the desired condition the MAP solution is collected through a collection glass. Then the solution is filtered and the struvite mineral is obtained, after which it is dried until it becomes crystalline. Then analyze the crystal with XRF and SEM analysis. From the research results, the best phosphate recovery of 67.3% was obtained at a ratio of 2.5 : 1, at a speed of 1.00 L/min, and at pH 10.

Keywords: *Phosphate, recovery, struvite, airflow rate, molar ratio*