



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Teori Umum

##### II.1.1 Limbah *Laundry*

Limbah laundry sebagian besar berasal dari pelembut pakaian dan deterjen yang merupakan bahan tidak ramah lingkungan (non-biodegradable) sehingga harus dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air (Astuti, 2015)<sup>[6]</sup>. Penggunaan deterjen yang semakin meningkat ini akan berdampak negatif terhadap akumulasi surfaktan pada bahan-bahan perairan sehingga menimbulkan masalah pendangkalan perairan, terhambatnya transfer oksigen dan lain-lain. Pada kondisi aerob LAS dapat terdegradasi dengan baik, namun jika dalam keadaan anaerob penyisihan LAS masih kurang baik. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan sistem pengolahan limbah yang mampu menurunkan kadar *surfaktan* dan *fosfat* sebagai bahan pencemar (Zairinayati,2018)<sup>[7]</sup>.

##### II.1.2 Karakteristik Limbah *Laundry*

Limbah *laundry* memiliki karakteristik berupa ciri fisik berwarna keruh gelap dan agak berbau. Berdasarkan hasil uji kualitas air limbah laundry sebelum dilakukan pengolahan sebagai berikut:

Tabel II.1 Kualitas Air Limbah *Laundry*

No	Parameter	Satuan
1	BOD (mg/L)	441
2	COD(mg/L)	910,5
3	Phosfat(mg/L)	38,24
4	pH	9
5	Surfaktan(mg/L)	47,8

(Kusuma,2019)<sup>[3]</sup>



No	Parameter	Satuan
1	Phosfat (mg/L)	6
2	Amonia (mg/L)	11

(Palilingan,2019)<sup>[8]</sup>

## II.2 Landasan Teori

### II.2.1 Presipitasi *Struvite*

Presipitasi *struvite* merupakan proses pengendapan melalui reaksi kimia dengan bantuan bahan kimia presipitan yang mengandung  $Mg^{2+}$  dan  $PO_4^{3-}$  sehingga terbentuk endapan berupa kristal struvite ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) (Suprihatin, 2018)<sup>[9]</sup>. Metode ini memiliki kelebihan yaitu terbentuknya kembali senyawa dari  $PO_4^{3-}$ ,  $Mg^{2+}$ , dan  $NH_4^+$  sebagai struvite yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk yang bersifat slow-release (Rahman, 2014)<sup>[5]</sup>.

Proses kristalisasi terdiri dari dua kejadian besar yaitu nukleasi (*nucleation*) dan pertumbuhan kristal (*crystal growth*). Nukleasi menyatakan bahwa ketika kelarutan dari larutan telah dilewati (supersaturated), molekul-molekul mulai mengumpul dan membentuk cluster. Cluster yang pada akhirnya akan mencapai ukuran tertentu disebut *critical cluster*. Penambahan molekul lebih lanjut ke critical cluster akan melahirkan inti kristal (*nucleus*). Untuk menjadi inti kristal yang stabil maka cluster harus mempunyai ketahanan terhadap kecenderungan untuk melarut kembali. Inti bertumbuh menjadi lebih besar dengan penambahan molekul solut dari larutan lewat jenuh. Phenomena ini disebut pertumbuhan kristal (*crystal growth*) (Adiman,2020)<sup>[10]</sup>.

### II.2.2 *Stuvite*

*Struvite* adalah kristal putih yang dikenal secara kimiawi sebagai magnesium amonium fosfat heksahidrat ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ). *Struvite* dapat dimanfaatkan menjadi pupuk karena kandungan fosfat ( $PO_4$ ) di dalamnya (Edahwati, 2021)<sup>[11]</sup>. *Struvite* adalah kristal putih yang terdiri dari magnesium, amonium dan fosfor dalam konsentrasi yang sama ( $MgNH_4 \cdot PO_4 \cdot 6H_2O$ ).



Teknologi kristalisasi struvite ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) adalah proses reaksi yang memanfaatkan ion  $PO_4$  dan  $NH_4$  dalam air limbah (Ariyanto 2015)<sup>[12]</sup>. *Struvite* merupakan pupuk pelepas lambat (*slow release*) yang baik digunakan untuk tumbuhan dibandingkan pupuk lainnya. *Struvite* dibentuk dengan bahan yang mengandung unsur magnesium, ammonium, dan phosphate (Adiman, 2020)<sup>[10]</sup>. Menurut (Muryanto, 2017)<sup>[13]</sup> Magnesium dichloride ( $MgCl_2$ ) lebih baik digunakan untuk bahan pembentukan kristal struvite karena garam klorida ini memiliki kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa magnesium lainnya seperti  $MgO$  dan  $Mg(OH)_2$ . *Struvite* memiliki reaksi ion sebagai berikut :



*Struvite* terdiri dari magnesium, ammonium, dan fosfat dalam konsentrasi molar yang sama. *Struvite* dapat mengkristal alami pada pH 7-11. (Huang, 2015)<sup>[14]</sup>.

### II.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Struvite

#### 1. pH

pH atau derajat keasaman merupakan salah satu faktor penting pada pembentukan struvite. Nilai pH akan mempengaruhi kelarutan struvite dan sifat termodinamikanya (M. Ronteltap, 2007)<sup>[15]</sup>. Penambahan reagen  $MgCl_2$  selama proses presipitasi menyebabkan penurunan pH dan juga karena pelepasan proton selama pembentukan struvite (P. Stolzenburg, 2015)<sup>[16]</sup>. Semakin meningkatnya tingkat kejenuhan dan proses pembentukan nukleus maka pH akan semakin menurun. Semakin tinggi pH maka kekeruhan larutan akan semakin besar pula. Variasi pH dapat mempengaruhi kelarutan atau formasi kristal struvite (Parsons, 2001)<sup>[17]</sup>. Kelarutan *struvite* akan berkurang jika pH meningkat. Kelarutan minimum dapat menyebabkan pembentukan kristal *struvite* lebih potensial sehingga removal amonium dan fosfat dapat meningkat. (Escudero, 2015)<sup>[18]</sup>. Hasil penelitian terhadap variasi pH menunjukkan hasil yang maksimum pada 9 (Ariyanto, 2015)<sup>[12]</sup>.



## 2. Konsentrasi

Rasio molar merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kondisi supersaturasi didalam larutan. Kondisi supersaturasi sangat dipengaruhi oleh konsentrasi masing-masing elemen pembentuk struvite. Penambahan magnesium yang berlebih dapat meningkatkan efisiensi removal, tetapi juga dapat menurunkan kemurnian *struvite* yang terbentuk (Wang, 2006)<sup>[19]</sup>. Pembentukan *struvite* ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) memerlukan  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , dan  $\text{PO}_4^{3-}$  dalam jumlah molar yang sama. Namun, untuk pengendapan massa  $\text{NH}_4^+$  maksimum diperlukan tambahan  $\text{Mg}^{2+}$  dan/atau  $\text{PO}_4^{3-}$  (Turker dan Elen, 2010)<sup>[20]</sup>.

## 3. Kecepatan Pengadukan

Removal fosfat dan amonium akan semakin naik seiring dengan naiknya kecepatan pengadukan. Peningkatan ini sesuai dengan pernyataan yang mengatakan bahwa semakin besar kecepatan pengadukan maka waktu induksi akan semakin menurun dan nukleasi akan terjadi lebih cepat, removal amonium dan fosfat dapat turun karena berada pada pengadukan tinggi. Stabilitas kristal struvite dapat menurun dan menyebabkan kristal pecah. Sehingga kecepatan pengadukan optimum pada penelitian ini terjadi pada 158 rpm dengan waktu pengadukan 60 menit. Kecepatan 207 rpm tidak dipilih karena pada kecepatan ini terjadi pemecahan kristal dan menurunkan stabilitas kristal. Kecepatan pengadukan 100 rpm tidak dipilih karena energi yang dibutuhkan untuk pencampuran Mg dalam larutan masih kurang untuk beberapa rasio molar (Fitriana,2016)<sup>[21]</sup>.



#### 4. Suhu

Presipitasi *Struvite* dapat dikontrol dengan peningkatan pH dan juga dengan suhu. Dimana struvite terdekomposisi pada pemanasan rendah yang lambat, sementara dekomposisi ini disertai dengan mengembangkan amonia dan air pada suhu di bawah 40°C. Namun, pemanasan yang lebih cepat memungkinkan dekomposisi terjadi pada sekitar 80°C. Dengan demikian, rute sintesis mineral dari larutan-larutan jenuh struvite dapat dilakukan pada suhu tinggi karena dapat meningkatnya kelarutan *struvite* (Sutiyono, 2016)<sup>[22]</sup>.

#### II.2.4 Tabel SNI

Menurut (SNI 02-0086-2005)<sup>[23]</sup> kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam pupuk Triple Superfosfat sebagai berikut :

Tabel II.2 Pupuk Triple Superfosfat

Nama pupuk	Kandungan pupuk	Bentuk pupuk	Sifat pupuk
Triple Superfosfat	Kandungan P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Minimal 45%	pupuk buatan berbentuk butiran (granular)	dibuat dari reaksi batuan fosfat dengan asam fosfat



Menurut (SNI 02-3776-2005)<sup>[24]</sup> Syarat mutu pupuk fosfat alam untuk pertanian sebagai tabel berikut

Tabel II.3 Syarat mutu pupuk fosfat alam untuk pertanian

No	Uraian	Persyaratan			
		Mutu A	Mutu B	Mutu C	Mutu D
1	Kadar unsur hara fosfor sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	-Total	Min.28%	Min.24%	Min.14%	Min.10%
	-Larut dalam asam sitrat 2%	Min. 7%	Min. 6%	Min.3,5%	Min.2,5%
2	Kadar air	Max. 5%	Max. 5%	Max. 5%	Max. 5%
3	Kehalusan				
	-Kehalusan lolos 80 mesh Tyler	Min.50%	Min.50%	Min. 50%	Min. 50%
	-Kehalusan lolos 25 mesh Tyler	Min.80%	Min.80%	Min.80%	Min.80%
4	Cemaran Logam	Max.	Max.	Max.	Max.
	-Cadmium (Cd)	100 ppm	100 ppm	100 ppm	100 ppm
	-Timbal (Pb)	Max. 500 ppm	Max. 500 ppm	Max. 500 ppm	Max. 500 ppm
	-Raksa (Hg)	Max. 10 ppm	Max. 10 ppm	Max. 10 ppm	Max. 10 ppm
5	Cemaran Arsen (As)	Max. 100 ppm	Max. 100 ppm	Max. 100 ppm	Max. 100 ppm

### II.3 Hipotesis

Diharapkan pada suhu dan kecepatan yang optimum dapat terbentuk kristal *struvite* yang menghasilkan jenis pupuk dengan kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang sesuai SNI.