



**SKRIPSI – TK141581**

**PENGARUH PEMAKAIAN CaO TERHADAP  
PENURUNAN KANDUNGAN P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DAN F  
PADA FOSFOGIPSUM MENGGUNAKAN  
PROSES KOAGULASI, FLOKULASI, DAN  
SEDIMENTASI**

**Oleh:**

**Yumna Dian Pawitra  
NRP. 2313100031**

**Irham Raditya Putra  
NRP. 2313100153**

**Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M.Eng.  
NIP. 19590730 198603 2 001**

**Ir. Nuniek Hendriane, M.T  
NIP. 19571111 198601 2 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**



**FINAL PROJECT – TK141581**

**EFFECT ON THE DECREASE OF USE CAO  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> AND F IN PHOSPHOGYPSUM USING  
COAGULATION, FLOCCULATION, AND  
SEDIMENTATION PROCESS**

**By :**

**Yumna Dian Pawitra  
NRP. 2313 100 031**

**Irham Raditya Putra  
NRP. 2313 100 153**

**Advisor :**

**Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M.Eng.  
NIP. 19590730 198603 2 001**

**Ir. Nuniek Hendriane, M.T.  
NIP. 19571111 198601 2 001**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Pengaruh CaO terhadap Penurunan Kandungan  $P_2O_5$  dan F pada Fosfogipsum Menggunakan Proses Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi**

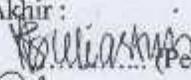
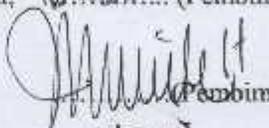
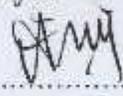
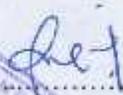
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh :

**Yumna Dian Pawitra  
Irham Raditya Putra**

**NRP. 2313100031  
NRP. 2313100153**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti,  (Pembimbing I)  
M. Eng.
2. Ir. Nuniek Hendriane, M.T.  (Pembimbing II)
3. Dr. Lailatul Qadaryah, S.T., M.T.  (Penguji I)
4. Donny Satria Bhuana, S.T., M.Eng.  (Penguji II)



PENGARUH PEMAKAIAN CaO TERHADAP PENURUNAN  
KANDUNGAN P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DAN F PADA FOSFOGIPSUM  
MENGUNAKAN PROSES KOAGULASI, FLOKULASI,  
DAN SEDIMENTASI

ABSTRAK

Industri asam fosfat memiliki produk samping yaitu fosfogipsum yang terdiri dari 65-70% gipsum, 25-30% air dan 5-10% kotoran. Tetapi fosfogipsum yang dapat didaur ulang hanya 15% dan sisanya 85% disimpan di daerah pesisir laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan fosfogipsum sebagai bahan untuk campuran semen dengan mengurangi kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F menggunakan *calcium oxide* (CaO), mengetahui pengaruh variabel pengenceran fosfogipsum, massa *calcium oxide* (CaO) dan kecepatan pengadukan terhadap proses koagulasi, flokulasi, dan hasil sedimentasi serta mengetahui persentase pengurangan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F pada penambahan CaO dan kecepatan pengadukan terbaik. Percobaan ini mula-mula menyiapkan rasio untuk fosfogipsum dan aquadest dengan perbandingan variabel 1:1, 1:2 dan 1:3. Lalu memasukkannya ke dalam jar test dengan variabel kecepatan pengadukan 100 dan 150 rpm. Kemudian memasukan CaO dengan variabel yang ditentukan dan aquadest sebanyak 50 ml untuk proses koagulasi-flokulasi. Selanjutnya menambahkan NaOH 4% untuk mengatur pH menjadi 6. Selanjutnya menambahkan *polyaluminium chloride* (PAC) 0,1% sebanyak 1.75 mg/l lalu kecepatan pengadukan diatur sebesar 30 rpm selama 20 menit dan dimatikan. Terakhir memindahkan larutan ke dalam kolom pengendapan untuk dianalisa kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F yang terkandung pada larutan dengan proses sedimentasi. Percobaan yang dilakukan menunjukkan hasil terbaik pada variabel massa CaO 12 gram, variabel kecepatan pengadukan 150 rpm, dan variabel pengenceran 1:2 (w/v). Hasil *removal* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang dicapai sebesar 50%, dan *removal* F sebesar 98,5%.

**Kata Kunci** : Fosfogipsum, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, F, CaO, koagulasi, flokulasi, sedimentasi

# EFFECT ON THE DECREASE OF USE $\text{CaO}$ , $\text{P}_2\text{O}_5$ AND F IN PHOSPHOGYPSUM USING COAGULATION, FLOCCULATION, AND SEDIMENTATION PROCESS

## ABSTRACT

Phosphoric acid industry has byproducts that is called phosphogypsum, which consists of 65-70% gypsum, 25-30% water and 5-10% impurities. Phosphogypsum can only be recycled up to 15% and the remaining of 85% is stored in ocean coastal regions. The purpose of this study is to utilize phosphogypsum as a material for cement mix by reducing the content of  $\text{P}_2\text{O}_5$  and F using addition of calcium oxide ( $\text{CaO}$ ), determine the effect of variable dilution of phosphogypsum, mass of calcium oxide ( $\text{CaO}$ ) and the stirring speed during the coagulation process, flocculation and sedimentation as well as to know further the percentage reduction of  $\text{P}_2\text{O}_5$  and F on the addition of  $\text{CaO}$  and the best stirring speed. This experiment is conducted by using the ratio of phosphogypsum and variable distilled water 1:1, 1:2 and 1:3, and then put it into a jar test using the variable stirring speed of 100 and 150 rpm. Then 11, 12 and 13 gram  $\text{CaO}$  and 50 ml distilled water is added as variables for coagulation – flocculation process. pH is kept at 6 by adding 4%  $\text{NaOH}$ . Next *polyaluminium chloride* (PAC) 0.1% as much as 1.75 mg/l is added into the mixture and the stirred speed is set at 30 rpm for 20 minutes. To know the  $\text{P}_2\text{O}_5$  and F removal, the mixture solution is done in the sedimentation process. The  $\text{P}_2\text{O}_5$  and F contents are analyzed by *standard methods 20<sup>th</sup> edition*. The best experiment shows in variable mass  $\text{CaO}$  12 gram, variable stirring speed 150 rpm, and variable distilled water 1:2 (w/v). The result of removal  $\text{P}_2\text{O}_5$  is 50% and removal F is 98,5%.

**Keywords:** *phosphogypsum,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , F,  $\text{CaO}$ , coagulation, flocculation, sedimentation*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah Azza wa Jalla, yang berkat rahmat dan hidayah-Nya maka kami dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan judul :

**“PENGARUH PEMAKAIAN CaO TERHADAP PENURUNAN KANDUNGAN P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DAN F PADA FOSFOGIPSUM MENGGUNAKAN PROSES KOAGULASI, FLOKULASI, DAN SEDIMENTASI”**

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan lancar
2. Orang tua dan keluarga atas segala kasih sayang, kesabaran, doa dan pengorbanan dalam mendidik dan membesarkan kami.
3. Dr. Ir Sri Rachmania Juliastuti M.Eng selaku kepala Laboratorium Teknologi Pengolahan Biologis Limbah Cair Industri jurusan Teknik Kimia FTI-ITS serta sebagai dosen pembimbing I kami.
4. Ir, Nuniek Hendrianie, M.T. selaku dosen pembimbing II kami.
5. Bapak/Ibu dosen penguji.
6. Teman-teman K53 Teknik Kimia FTI-ITS dan semua rekan-rekan Lab. Limbah yang terus saling mendukung dan memberi semangat.
7. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat kami perlukan.

Surabaya, 3 Juli 2017  
Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Judul.....	1
I.2 Latar Belakang .....	1
I.3 Rumusan Masalah .....	2
I.4 Tujuan Penelitian .....	2
I.5 Manfaat Penelitian .....	3
I.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Pendahuluan .....	4
II.2 <i>Wet Process</i> .....	5
II.3 Kehilangan P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Pada fosfogypsum .....	8
II.4 Karakteristik Fosfogypsum .....	10
II.5 Dampak Terhadap Lingkungan .....	11
II.6 <i>Phosphogypsum Treatment</i> .....	12
II.7 Koagulasi-Flokulasi .....	15
II.8 Sedimentasi .....	16
II.9 CaO .....	19
II.10 PAC .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
III.1 Kondisi Operasi .....	23
III.2 Variabel yang Digunakan .....	23
III.3 Parameter yang Dianalisa .....	24
III.4 Peralatan yang Digunakan .....	24
III.5 Bahan yang Digunakan .....	24
III.6 Metode Penelitian .....	24

III.7 Diagram Alir.....	26
III.8 Gambar Peralatan .....	28
III.9 Tahap Analisa.....	29
III.10 Perhitungan Hasil Penelitian .....	31
III.11 Jadwal Kegiatan .....	32
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1 Pengaruh Variabel Pengenceran, Massa CaO, Kecepatan Pengadukan terhadap Perubahan pH dan.....	35
IV.2 Pengaruh Variabel Pengenceran, Massa CaO, Kecepatan Pengadukan terhadap Hasil Sedimentasi dan.....	42
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
V.1 Kesimpulan .....	54
V.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>ix</b>
<b>APPENDIKS .....</b>	<b>xi</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1</b> Fosfogipsum.....	4
<b>Gambar II.2</b> Gambaran Proses Koagulasi Flokulasi .....	16
<b>Gambar II.3</b> Empat Tipe Sedimentasi .....	19
<b>Gambar III.1</b> Peralatan Penelitian .....	28
<b>Gambar IV.1.</b> Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:1.....	36
<b>Gambar IV.2.</b> Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:1 .....	36
<b>Gambar IV.3.</b> Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:2 .....	37
<b>Gambar IV.4.</b> Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:2 .....	37
<b>Gambar IV.5.</b> Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:3 .....	40
<b>Gambar IV.6.</b> Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:3 .....	40
<b>Gambar IV.7.</b> Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:1 .....	43
<b>Gambar IV.8.</b> Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:1 .....	43
<b>Gambar IV.9.</b> Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:2 .....	45

<b>Gambar IV.10.</b> Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:2 .....	45
<b>Gambar IV.11.</b> Empat zona sedimentasi .....	46
<b>Gambar IV.12.</b> Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:3 .....	48
<b>Gambar IV.13</b> Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:3 .....	48
<b>Gambar IV.14</b> Hasil akhir sedimentasi .....	49
<b>Gambar IV.15</b> Hubungan ketinggian dengan % <i>removal</i> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> terhadap waktu .....	50
<b>Gambar IV.16</b> Hubungan ketinggian dengan % <i>removal</i> F terhadap waktu .....	51

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II.1</b> Komposisi Gypsum pada <i>Dihydrate Process</i> .....	6
<b>Tabel II.2</b> Komposisi Gypsum pada <i>Hemihydrate Process</i> .....	7
<b>Tabel II.3</b> Komposisi Gypsum pada <i>Hemidihydrate Process</i> .....	8
<b>Tabel II.4</b> Radionuklida yang Terdapat Dalam Fosfogypsum ....	12
<b>Tabel III.1</b> Jadwal Kegiatan .....	32
<b>Tabel IV.1</b> Hasil Analisa Awal P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dan F pada larutan fosfogypsum .....	33
<b>Tabel IV.2</b> Variabel pada sampel percobaan .....	34

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Judul

Judul penelitian yang akan kami lakukan adalah **“Pengaruh Pemakaian CaO terhadap Penurunan Kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F pada Fosfogipsum Menggunakan Proses Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi ”**

### I.2 Latar Belakang

Fosfogipsum (PG) adalah produk samping dari industri asam fosfat dan terdiri dari 65-70% gipsum, 25-30% air dan 5-10% kotoran, yaitu asam fosfat dan garamnya, asam fluorida dan senyawanya, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kuarsa, apatit, alkali, bahan organik, dan lain-lain. Beberapa kotoran seperti P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F dapat ditemukan dalam tiga bentuk yang berbeda yaitu pada permukaan kristal gipsum sebagai senyawa yang larut dalam air (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>), kisi kristal gipsum (larutan padat CaHPO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, SrSO<sub>4</sub> atau Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>) dan senyawa yang tidak larut, yaitu apatit dan kuarsa (Al-Hwaiti, 2015).

Pengelolaan PG adalah salah satu masalah paling serius yang dihadapi oleh industri fosfat. Hanya 15% dari produksi di seluruh dunia didaur ulang, sedangkan 85% disimpan di sekitar pabrik di daerah pesisir. Penyimpanan PG tanpa pengolahan sebelumnya dapat menyebabkan kontaminasi serius pada lingkungan tanah, air dan atmosfer (Tayibi, 2008). Apabila *impurities* yang terdapat pada fosfogipsum di *treatment* lebih lanjut, fosfogipsum dapat digunakan untuk keperluan industri dan kebutuhan infrastruktur, salah satunya yaitu semen. Jika digunakan dalam pembuatan semen, *impurities* tersebut dapat mengganggu sifat mekanik dengan mengubah morfologi gipsum yang akan mengeras. Berbagai metode telah disarankan untuk mengurangi dan membuat kadar pengotor agar tidak reaktif, termasuk mencuci sederhana dengan air atau menyaring larutan pencuci dari

fosfogypsum tersebut, pemanasan hemihydrate anhidrit diikuti dengan pencucian atau netralisasi dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  atau bahan dasar, dan memperlakukan fosfogypsum dengan campuran asam sulfat dan silika atau larutan amonium sulfat panas (Singh, 1992).

Dengan didapatkannya PG yang lebih murni tanpa pengotor tentunya akan didapatkan hasil yang lebih positif bagi lingkungan dan sekitarnya. Selain itu penggunaan PG yang lebih murni dapat diaplikasikan di dunia industri, seperti halnya pada industri semen, dan nilai mutu PG menjadi lebih meningkat karena dapat digunakan serta kecenderungan untuk mencemari lingkungan menjadi berkurang.

Sehingga secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kandungan *impurities* terutama  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan F dalam fosfogypsum dengan melakukan *treatment* fisika dan kimia dan mengetahui pengaruh *treatment* tersebut terhadap parameter yang ditetapkan.

### **I.3 Rumusan Permasalahan**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melimpahnya limbah fosfogypsum yang tidak dimanfaatkan secara maksimal, sehingga dapat mencemari lingkungan karena mengandung zat polutan tinggi seperti fosfor dan fluoride.
2. Kandungan  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan F yang cukup tinggi dalam fosfogypsum yang mempengaruhi proses pengerasan pada semen dan pembentukan kristal gipsium

### **I.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan fosfogypsum sebagai bahan untuk campuran semen dengan mengurangi kandungan  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan F menggunakan *calcium oxide* ( $\text{CaO}$ )

2. Mengetahui pengaruh variabel pengenceran fosfogipsum, massa *calcium oxide* (CaO) dan kecepatan pengadukan terhadap proses koagulasi, flokulasi, dan hasil sedimentasi
3. Mengetahui persentase pengurangan  $P_2O_5$  dan F pada penambahan CaO dan kecepatan pengadukan terbaik

### **I.5 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan nilai lebih dalam pemanfaatan fosfogipsum dengan mengurangi kandungan *impurities* sehingga dapat diaplikasikan pada bidang industri
2. Memberikan wawasan dalam pengolahan *impurities* pada fosfogipsum
3. Mengetahui pengaruh *calcium oxide* (CaO) pada perubahan kandungan  $P_2O_5$  dan F pada fosfogipsum
4. Mengetahui pengaruh *calcium oxide* (CaO) pada proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk mendapatkan fosfogipsum yang lebih murni
5. Mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan pada proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk mendapatkan fosfogipsum yang lebih murni

### **I.6 Batasan Masalah**

1. Bahan baku yang digunakan dalam pengolahan *impurities* adalah fosfogipsum
2. *Impurities* yang akan dihilangkan kandungannya adalah  $P_2O_5$  dan F
3. *Treatment* fosfogipsum pada penelitian ini dilakukan dengan proses koagulasi, flokuasi, dan sedimentasi
4. Zat kimia yang digunakan untuk penelitian ini adalah *calcium oxide* (CaO) dengan menggunakan perlakuan fisika yaitu pengadukan

## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

### II. 1 Pendahuluan

Fosfat, dalam bentuk  $P_2O_5$  merupakan nutrisi bagi tanaman dan sebagai bahan bangunan dalam produksi pangan. Sektor pertanian menggunakan sejumlah besar pupuk kimia untuk mengisi dan melengkapi nutrisi tanaman yang tumbuh diambil dari tanah. Pertanian intensif modern meningkatkan kadar fosfat alam di tanah melalui penambahan pupuk fosfat. Batuan fosfat adalah sumber alami untuk  $P_2O_5$ . dihasilkan dari pembuatan asam fosfat. Fosfogypsum adalah limbah produk samping dari pembuatan asam fosfat dari batuan fosfat alami, melalui *wet process*. Proses pembuatan asam fosfat dengan *wet process* adalah dengan mereaksikan batuan fosfat dengan asam sulfat yang sudah dilakukan selama beberapa tahun belakangan. Kalsium Sulfat ( $CaSO_4$ ) dengan dua molekul  $H_2O$  (gypsum) adalah produk samping dari industri tersebut. Namun demikian, terdapat fakta bahwa fosfogypsum sebagai produk samping tidak dapat digunakan sebagai pengganti dari gipsum alami tanpa pengolahan awal. Fosfogypsum mengandung tingkat  $P_2O_5$  yang tinggi, yang dapat mengganggu sifat fisik dari *plaster board*.



Gambar II.1 Fosfogypsum

(David P, 1980)

## II.2 *Wet Process*

*Wet process* pada pembuatan asam fosfat terdiri dari 2 tahap dasar, yaitu

1. *Digestion (Reaction)*
2. *Filtration*

Kondisi operasi pada proses *digestion* berlangsung pada parameter proses yang menjaga *slurry* pada keadaan stabil dalam bentuk kristal *calcium dihydrate sulfate* (gypsum). Dua tahap proses *dihydrate* tersebut, sederhana dalam konsep dan tidak menghasilkan limbah pada kualitas yang tepat untuk digunakan dalam industri semen sebagai zat penghambat. Pengembangan yang dapat dilakukan sangat kecil untuk dicapai karena kondisi operasi harus dalam rentang parameter *dihydrate* yang stabil.

Proses produksi asam fosfat menggunakan *wet process* adalah sebagai berikut :

1. Proses pengasaman dari batu fosfat ditumbuk halus dengan asam sulfat untuk membentuk asam fosfat dan gipsum.  
$$\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6 + 10\text{H}_2\text{SO}_4 + 10\text{nH}_2\text{O} \rightarrow 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 10(\text{CaSO}_4 \cdot \text{nH}_2\text{O}) + 2\text{HF}$$
2. Pemisahan gipsum dari asam dengan penyaringan
3. Mencuci gipsum untuk menghapus asam fosfat yang masih tertinggal
4. Melakukan penguapan sesuai konsentrasi yang diinginkan

Mencuci gipsum digunakan untuk memulihkan asam fosfat sebanyak mungkin tanpa pengenceran asam yang berlebih. Asam encer dikembalikan lagi ke tahap pertama pencucian *filter cake*. Asam dari hasil penyaringan dikonsentrasikan melalui pemanasan tidak langsung oleh uap dalam evaporator vakum. Limbah yang dibuang dalam bentuk kering atau *slurry* (Parivesh, 2012)

Selain proses basah, terdapat beberapa proses berbeda pada pembuatan asam sulfat yaitu :

1. *Dihydrate process*

Pada proses ini, membutuhkan modal yang rendah, dan memiliki biaya produksi yang rendah pula, serta memiliki fleksibilitas di penggunaan berbagai jenis kualitas batu fosfat. Proses ini mampu memproduksi asam dimana uranium dapat diekstraksi. Proses ini juga didesain untuk 28 – 30% asam  $P_2O_5$  dan kecepatan filtrasi yang tinggi. Namun demikian, proses ini membuat gipsum menjadi kotor karena membutuhkan asam sulfat bebas yang tinggi dan menghasilkan yield *cake* sebanyak 0.5-1.0 %  $P_2O_5$  (dry basis) pada *cake* yang tersaring. Komposisi pada fosfogipsum dengan *dihydrate process* dapat dilihat pada tabel II.1 dibawah ini.

Tabel II.1 Komposisi Gipsum pada *Dihydrate Process*

<b>Komponen</b>	<b>Komposisi (%)</b>
CaO	32.50
SO <sub>3</sub>	44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.65
F	1.20
SiO <sub>2</sub>	0.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10
MgO	0.10
Kristal. H <sub>2</sub> O	19.00

Yield dari fosfogipsum pada proses ini adalah sekitar 4.9 T/ton dari  $P_2O_5$  yang diproduksi. Gipsum tersebut tidak dapat digunakan tanpa perlakuan awal atau pembersihan untuk industri semen. Perlakuan awal tersebut diantaranya pencucian, netralisasi lime, kalsinasi dan granulasi untuk membantu dalam penanganan padatan dan umpan dari kilang semen.

(David P, 1980)

## 2. Hemihydrate process

Proses ini membutuhkan modal yang tinggi untuk penyaringan, dan memiliki biaya produksi yang tinggi terutama untuk biaya perawatan. Proses ini didesain untuk asam fosfat murni dengan konsentrasi  $P_2O_5$  sebanyak 52%. Steam dan penghematan energi yang dilakukan juga tinggi. Untuk saat ini, tidak ada pengembangan metode untuk mengekstraksi uranium pada proses pembentukan asam ini. Karena konsentrasi asam yang tinggi dan menghasilkan viskositas tinggi, maka kecepatan penyaringan lebih rendah dibandingkan pada proses sebelumnya. Yield pada fosfogypsum proses ini adalah 4.3 T/ton  $P_2O_5$  yang diproduksi. Gypsum tersebut, tidak dapat digunakan tanpa perlakuan awal atau pembersihan untuk industri semen. Perlakuan awal tersebut diantaranya pencucian, netralisasi lime, kalsinasi dan granulasi untuk membantu dalam penanganan padatan dan umpan dari kiln semen. Komposisi pada dengan *hemihydrate process* dapat dilihat pada tabel II.2 dibawah ini

Tabel II.2 Komposisi Gypsum pada *Hemihydrate Process*

Komponen	Komposisi (%)
CaO	36.9
SO <sub>3</sub>	50.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.5
F	0.8
SiO <sub>2</sub>	0.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3
Kristal. H <sub>2</sub> O	9.0

(David P,1980)

## 3. Hemidihydrate Process

Proses menggabungkan manfaat dari *hemidihydrate process* dengan mensyaratkan residu gypsum yang bersih seperti yang diproduksi oleh metode *hemihydrate*. Dari segi ekonomis cukup menarik perhatian karena mengombinasikan penghematan

produksi 40-52% asam dengan manfaat dari pembuatan fosfogipsum bersih. Proses ini membutuhkan modal investasi yang tinggi. Biaya produksi dan perawatan, masih lebih tinggi daripada proses dihydrate. Yield untuk fosfogipsum pada proses ini adalah sekitar 4.9 T/ton  $P_2O_5$  yang diproduksi. Komposisi pada dengan *hemidihydrate process* dapat dilihat pada tabel II.3 dibawah ini

Tabel II.3 Komposisi Gipsum pada *Hemidihydrate Process*

Komponen	Komposisi (%)
CaO	32.2
SO <sub>3</sub>	46.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25
F	0.50
SiO <sub>2</sub>	0.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30
Kristal. H <sub>2</sub> O	20.0

(David P,1980)

Gipsum ini masih membutuhkan beberapa pencucian dengan lime, kalsinasi dan granulasi. Tidak ada proses pembuatan asam fosfat yang memproduksi fosfogipsum bersih yang dapat digunakan bahan baku. Terdapat proses proses yang tepat untuk membersihkan fosfogipsum , serta terdapat beberapa proses pengembangan dan ekonomis untuk diterapkan dalam proses pembuatan semen dan asam sulfat dari fosfogipsum .

### II.3 Kehilangan $P_2O_5$ pada fosfogipsum

$P_2O_5$  dalam fosfogipsum terdiri dari tiga bentuk yaitu :

1. Larut dalam air

$P_2O_5$  yang larut dalam air disebabkan karena perlakuan tidak sempurna pada pencucian atau pengeringan larutan induk dari *cake* yang tersaring, dipertahankan pada kain saring. Kandungan  $P_2O_5$  dalam bentuk ini, dapat dilihat dari perkembangan yang pesat

kemampuan penyaringan dan pencucian dari tipe kristal gipsum. Jumlah air cucian dan aliran berlawanan saat pencucian yang secara ekonomis melewati saringan juga dapat membatasi tingkat  $P_2O_5$  yang larut dalam air tercapai.

2. Larut dalam sitrat

$P_2O_5$  yang larut dalam sitrat, dominan dalam bentuk substitusi fosfat pada kisi kisi kristal dari kalsium sulfat. Jenis  $P_2O_5$  ini, secara kimia terikat dan tidak dapat dicuci atau tercuci dari fosfogipsum .  $P_2O_5$  yang larut dalam sitrat tampak cukup baik bebas dalam sumber batuan fosfat. Tingkat  $P_2O_5$  dapat dipelajari dengan mencoba mencapai kondisi ideal kristalisasi. Namun demikian, pada kondisi normal yang ada dalam reaktor , sangat kecil dapat dilakukan pada fenomena substitusi fosfat.

3. Tidak larut dalam sitrat

$P_2O_5$  yang tidak larut dalam sitrat dalam bentuk batuan fosfat yang tidak terikat. Jenis  $P_2O_5$  ini akan hilang dari fosfogipsum sangat rendah pada semua proses basah asam sulfat, dimana megadopsi cara cara mekanis dapat dilakukan untuk meminimalisasi terjadinya bentuk tersebut.

Kecepatan peningkatan produksi dari pembuatan asam fosfat sesuai dengan kapasitas desain, membuat tingkat tiga bentuk dari  $P_2O_5$  di fosfogipsum akan meningkat.

*(David P,1980)*

## II.4 Karakteristik Fosfogipsum

Karakteristik fosfogipsum adalah berwarna, basah, bubuk berbutir halus, lumpur atau material lumpur berpasir abu-abu dengan ukuran maksimum berkisar antara 0,5 mm dan 1,0 mm serta sebagian besar partikel (50- 75%) lebih halus daripada 0,075 mm . Berat jenis berkisar 2,3-2,6. Maksimum kerapatan cenderung berkisar 1.470-1.670 kg / m<sup>3</sup> (92-104 lb / ft<sup>3</sup>). *Cake* gipsum, setelah penyaringan, biasanya memiliki kadar air bebas antara 25 dan 30%. *Hemihydrate*, dengan adanya air bebas akan cepat dikonversi ke dihidrat dan dalam proses, jika dibiarkan tidak terganggu akan ditetapkan menjadi massa yang relatif keras dan tidak menimbulkan masalah debu kecuali terganggu.

Fosfogipsum terdiri dari terutama kalsium sulfat dihidrat dengan sejumlah kecil silika, biasanya sebagai kuarsa dan batuan fosfat yang tidak bereaksi, bahan radioaktif (seperti radium, uranium), logam berat yaitu arsenik, kadmium, kromium, merkuri dan fluoride. Konsentrasi logam tergantung pada komposisi batuan fosfat. Berikut ini adalah perhatian utama sehubungan dengan pengelolaan :

- i) konsentrasi tinggi fluoride (pada kisaran 0,5 -1,5%) dapat meluluhkan fluoride dan mencemari air tanah, jika tidak disimpan dan ditangani dengan baik;
- ii) Kehadiran radio-nuklida radium -226 yang pada pembusukan dapat memancarkan partikel alpha yang berbahaya;
- iii) Mengandung logam berat (Cd, Cr, Pb dll) yang dapat masuk ke dalam rantai

makanan melalui air dan produk pertanian.

Permeabilitas fosfogipsum tergantung pada stabilisasi. Permeabilitas di fosfogipsum yang tidak stabil telah ditemukan berkisar dari  $1,3 \times 10^{-4}$  cm / detik ke  $2,1 \times 10^{-5}$  cm / detik untuk fosfogipsum stabil.

(Parivesh, 2012)

## II.5 Dampak terhadap Lingkungan

Pengelolaan fosfogypsum adalah salah satu masalah paling utama saat ini yang dihadapi oleh industri fosfat. Hanya 15% dari produksi dunia yang di gunakan kembali, sedangkan 85% disimpan di daerah pantai. Penyimpanan fosfogypsum tanpa adanya perlakuan awal akan membutuhkan lahan yang luas dan semakin luas lagi sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius terhadap tanah, air, dan udara.

### 1. Pencemaran Udara

Beberapa penelitian menemukan bahwa dampak radioaktif dari fosfogypsum, yaitu 90% terdiri dari Po dan Ra yang ada pada batuan fosfat, sementara persentase U dibawah 20%. Batuan fosfat mengalami proses untuk menghasilkan asam fosfat dan unsur fosfor. Keduanya kemudian dikombinasikan dengan senyawa kimia lainnya untuk menghasilkan pupuk fosfat, detergent, makanan hewan, produk makanan dan produk kimia fosfor. Namun sebagian besar digunakan untuk pupuk fosfat. Bijih fosfat mengandung sepertiga pasir kuarsa, sepertiga mineral tanah liat, serta sepertiga sisanya partikel fosfat. Konsentrasi uranium dalam bijih fosfat dari 20 sampai dengan 300 ppm (0,26 sampai dengan 3,7 Bq/g), sedangkan thorium berada pada level rendah yaitu ~1 sampai dengan 5 ppm (3,7 sampai dengan 22,2 mBq/g). Ketika partikel fosfat dipisahkan dari yang lain, maka dua macam limbah akan dihasilkan yaitu *phosphatic clay tailing* dan *sand tailing*. Sekitar 48% radionuklida yang berasal dari bijih fosfat berada dalam buangan clay tersebut, 10% berada dalam buangan pasir dan sisanya ada di partikel fosfat. Fosfogypsum adalah limbah utama hasil samping proses produksi asam fosfat dengan proses basah, sedangkan *phosphate slag* adalah hasil samping dari proses produksi unsur fosfor dengan proses termal. Tabel II.4 menunjukkan radionuklida yang terdapat dalam fosfogypsum.

Tabel II.4 Radionuklida yang Terdapat Dalam Fosfogipsum

Radionuklida	Konsentrasi, Bq/g (pci/g)
U-238	0.22 (6.0)
U-234	0.23 (6.2)
Th-230	0.48 (13)
Ra-226	1.22 (33)
Pb-210	0.96 (26)
Po-210	0.96 (26)
U-235	0.01 (0.30)
Pa-231	0.01 (0.30)
Ac-227	0.01 (0.30)
Th-232	0.009 (0.27)
Ra-228	0.009 (0.27)
Th-228	0.052 (1.4)

(Tayibi,2008)

Selama proses basah terdapat pemisahan dan terkonsentrasinya radionuklida. Sekitar 80% Ra masuk dalam fosfogypsum, sedangkan 86% uranium dan 70% thorium ditemukan di asam fosfat. Konsentrasi radium dalam fosfogypsum sekitar 0,41 sampai dengan 1,3 Bq/g, serta anak luruhnya pada jangkauan yang hampir sarna. Di beberapa Negara maju fosfogypsum tersebut sering dijumpai untuk tujuan pertanian dan pembangunan sipil.

## 2. Pencemaran Tanah dan Air

Masalah lain adalah elemen berbahaya pada fosfogypsum yang menyebabkan kontaminasi pada air tanah. Limbah fosfogypsum umumnya dibuang sebagai *slurry* cair. Beberapa elemen yang larut dapat mencemari tanah dan bisa masuk ke dalam air dan mempengaruhi lingkungan (Tayibi,2008).

## II.6 Phosphogypsum Treatment

Pada penelitian menyebutkan bahwa karakteristik dari fosfogypsum, lebih dari 95% adalah  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan menyebabkan masalah lingkungan yang terus menerus meningkat. Saat ini fosfogypsum digunakan sebagai alternatif bahan baku untuk

berbagai aplikasi dalam skala besar. Fosfogypsum digunakan untuk industri semen sebagai regulator selayaknya gipsum alami, juga digunakan pada industri gipsum untuk membuat plaster gipsum. Selain itu fosfogypsum juga telah digunakan sebagai pupuk pertanian atau untuk stabilitor tanah. Total penggunaan fosfogypsum pada material bangunan adalah dibawah 15% dari total produksi fosfogypsum di seluruh dunia.

Kehadiran impuritis memberikan kenaikan larangan terhadap aplikasi potensial dari fosfogypsum. Penelitian menyebutkan bahwa fosfat dan fluoride menghambat waktu pengendapan dan mengurangi kekuatan semen. Maka dari itu proses berkaitan dengan pencucian, pengeringan, dan ekstraksi direkomendasikan untuk meningkatkan penggunaan fosfogypsum.

Metode metode *treatment* fosfogypsum terdiri dari beberapa metode yaitu :

1. Metode *treatment* fisika atau kimia

Untuk megurangi tingkat bahaya pada fosfogypsum dan untuk meningkatkan nilai fosfogypsum maka metode seperti pencucian, penyaringan, netralisasi dengan lime, dan treatment menggunakan campuran asam sulfat dan silica atau dari larutan panas ammonium sulfat.

- a) Menggunakan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$

Larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (5-20%) digunakan untuk mengurangi kandungan fosfat dan fluoride pada fosfogypsum sebelum digunakan pada industri semen. Impuritis pada fosfat dalam fosfogypsum, seperti  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , bergabung dengan ammonium hidroksida sehingga menjadi monoammonium fosfat dan diammonium fosfat yang larut dalam air. (Tayibi, 2008)

Sedangkan untuk fluoride seperti  $\text{NaF}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{Na}_3\text{FeF}_6$ , dan  $\text{CaF}_2$  dalam fosfogypsum bergabung dengan ammonium hidroksida dan membentuk komponen ammonia yang larut dalam air seperti ammonium fluoride, ammonium silicofluoride, ammonium aluminate dan fluoroferrate.

(Singh, 1992)

b) Penyaringan Basah

Metode lain adalah proses berkaitan dengan penyaringan basah dan percobaan *hidrocyclone*. Dalam hal *treatment* pemurnian menggunakan *hydrocyclone*, fosfogipsum dicampur dengan air, dengan perbandingan volume 1:3, selama 30, 50, dan 65 menit untuk melarutkan impuritis

(Tayibi, 2008)

c) Kalsinasi

Pemurnian selanjutnya adalah mencuci fosfogipsum dengan air, kemudian menyaringnya melalui saringan 100  $\mu\text{m}$ , dan selanjutnya mengkalsinasikan pada temperatur yang berbeda (tinggi dan rendah).

(Tayibi, 2008)

d) Netralisasi menggunakan air dan susu kapur

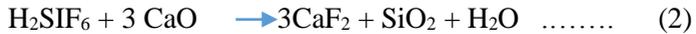
Dalam hal ini, penghilangan impuritis menggunakan beberapa metode berdasarkan pada netralisasi impuritis fosfogipsum yang larut dalam air, dengan menggunakan air dan susu kapur. Penghilangan  $\text{P}_2\text{O}_5$  tersubstitusi pada kisi kristal gipsum, dan pada proses kalsinasi.

(Tayibi, 2008)

e) Koagulasi-Flokulasi dan Sedimentasi

Dalam proses ini langkah langkah yang dilakukan adalah netralisasi menggunakan *acidic water* yaitu air pencucian fosfogipsum, yang dilakukan dengan menggunakan peralatan *jar test* yang dilengkapi dengan pH meter yang terkalibrasi. *Acidic water* 1000 ml dimasukkan kedalam beaker glass 1500 ml dan diaduk pada kecepatan 200 rpm. Selanjutnya ditambahkan kapur aktif dan tetap diaduk selama 20 menit. Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan larutan NaOH. Kemudian menambahkan beberapa ml larutan sediaan PAC sesuai parameter dan meneruskan kecepatan pengadukan pada 30 rpm dan diaduk selama 20 menit. Memindahkan campuran ke dalam kolom pengendapan dan biarkan mengendap. Mencatat ketinggian *interface* antara lapisan supernatant dan suspense pada selang

waktu tertentu sampai terbentuk hanya dua lapisan. Reaksi yang terjadi ketika penambahan CaO adalah :



(Abas, 2007)

## 2. Metode *thermal treatment*

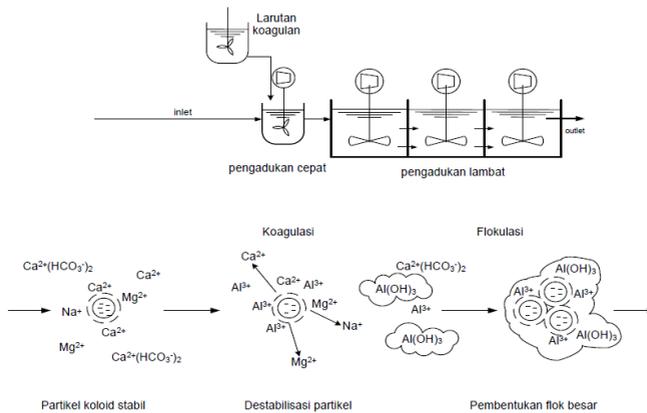
*Treatment* panas dari fosfogipsum telah dilakukan oleh beberapa penelitian dan perlakuan panas fosfogipsum telah ditemukan memiliki kandungan impuritis yang rendah daripada material yang tidak diberi perlakuan. Selanjutnya, hasil menunjukkan bahwa perlakuan panas fosfogipsum tidak hanya untuk penghilangan impuritis, tetapi juga mempengaruhi produksi anhidrat yang memiliki aplikasi luas pada industri semen dan pabrik bahan bangunan.

(Tayibi, 2008)

## II.7 Koagulasi-Flokulasi

Mixing merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal  $\text{Al}^{3+}$ ) dengan ion negatif dari partikel (misal  $\text{OH}^-$ ) dan antara ion positif dari partikel (misal  $\text{Ca}^{2+}$ ) dengan ion negatif dari koagulan (misal  $\text{SO}_4^{2-}$ ) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat).

Segera setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat. Proses koagulasi-flokulasi dapat digambarkan secara skematik pada Gambar II.2



**Gambar II.2. Gambaran proses koagulasi-flokulasi**

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, dibubuhkan koagulan. Pada bak pengaduk lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi (Sarah, 2013).

## II. 8 Sedimentasi

Unit sedimentasi merupakan peralatan yang berfungsi untuk memisahkan *solid* dan *liquid* dari suspensi untuk menghasilkan air yang lebih jernih dan konsentrasi lumpur yang lebih kental melalui pengendapan secara gravitasi.

### **II.8.1 Bagian-Bagian dari Bak Sedimentasi**

#### 1. Zona Inlet

Zona ini mendistribusikan aliran air secara merata pada bak sedimentasi dan menyebarkan kecepatan aliran yang baru masuk. Jika dua fungsi ini dicapai, karakteristik aliran hidrolis dari bak akan lebih mendekati kondisi bak ideal dan menghasilkan efisiensi yang lebih baik. Zona inlet didesain secara berbeda untuk kolam rectangular dan circular. Khusus dalam pengolahan air, bak sedimentasi rectangular dibangun menjadi satu dengan bak flokulasi. Sebuah *baffle* atau dinding memisahkan dua kolam dan sekaligus sebagai inlet bak sedimentasi. Didesain dinding pemisah sangat penting, karena kemampuan bak sedimentasi tergantung pada kualitas flok.

#### 2. Zona Pengendapan

Dalam zona ini air mengalir pelan secara horizontal ke arah outlet, dalam zona ini terjadi proses pengendapan. Lintasan partikel tergantung pada besarnya kecepatan pengendapan.

#### 3. Zona Lumpur:

-Lumpur terakumulasi

-Kadang dilengkapi dengan *sludge collector/scapper*

#### 4. Zona Outlet

Zona inlet, zona outlet atau struktur effluent mempunyai pengaruh besar dalam mempengaruhi pola aliran dan karakteristik pengendapan flok pada bak sedimentasi.

### **II.8.2 Tipe Sedimentasi**

Berdasarkan konsentrasi dan kecenderungan partikel berinteraksi, proses sedimentasi terbagi atas empat macam:

#### **1. Sedimentasi Tipe I/Plain Settling/Discrete particle**

Merupakan pengendapan partikel diskrit, yaitu partikel yang dapat mengendap bebas secara individual tanpa membutuhkan adanya interaksi antar partikel dan

tanpa menggunakan koagulan. Tujuan dari unit ini adalah menurunkan kekeruhan air baku dan digunakan pada *grit chamber*.

## 2. Sedimentasi Tipe II (*Flocculant Settling*)

Pengendapan material koloid dan solid tersuspensi terjadi melalui adanya penambahan koagulan, biasanya digunakan untuk mengendapkan flok-flok kimia setelah proses koagulasi dan flokulasi. Pengendapan partikel flokulen akan lebih efisien pada ketinggian bak yang relatif kecil. Karena tidak memungkinkan untuk membuat bak yang luas dengan ketinggian minimum, atau membagi ketinggian bak menjadi beberapa kompartemen, maka alternatif terbaik untuk meningkatkan efisiensi pengendapan bak adalah dengan memasang *tube settler* pada bagian atas bak pengendapan untuk menahan flok-flok yang terbentuk.

Faktor-faktor yang dapat meningkatkan efisiensi bak pengendapan adalah:

- Luas bidang pengendapan;
- Penggunaan *baffle* pada bak sedimentasi;
- Mendangkalkan bak;
- Pemasangan plat miring.

## 3. Sedimentasi Tipe III / *Hindered Settling (Zone Settling)*

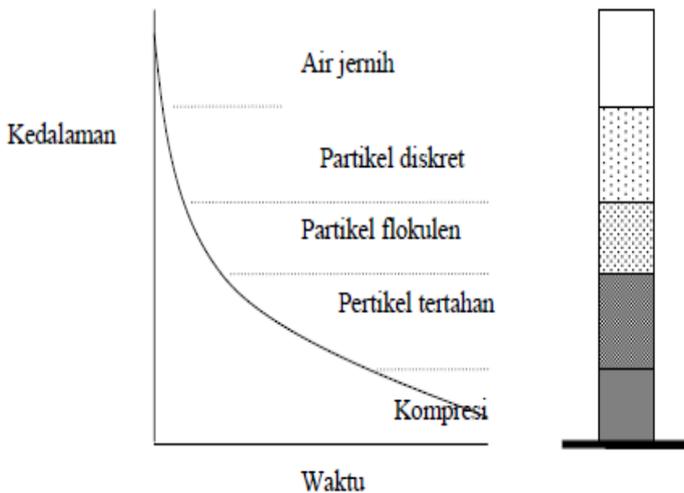
Merupakan pengendapan dengan konsentrasi koloid dan partikel tersuspensi adalah sedang, di mana partikel saling berdekatan sehingga gaya antar partikel menghalangi pengendapan paartikel-paartikel di sebelahnya. Partikel berada pada posisi yang relatif tetap satu sama lain dan semuanya mengendap pada suatu kecepatan yang konstan. Hal ini mengakibatkan massa partikel mengendap sebagai suatu zona, dan

menimbulkan suatu permukaan kontak antara *solid* dan *liquid*.

Jenis sedimentasi yang umum digunakan pada pengolahan air bersih adalah sedimentasi tipe satu dan dua, sedangkan jenis ketiga lebih umum digunakan pada pengolahan air buangan.

#### 4. Sedimentasi Tipe IV

Merupakan unit lanjutan dari sedimentasi tipe III, dimana terjadi pemampatan (kompresi) massa partikel hingga diperoleh konsentrasi lumpur yang tinggi.



**Gambar II.3 Empat tipe sedimentasi**

(Sarah, 2010)

#### II. 9 Calcium Oxide (CaO)

Kalsium oksida merupakan crystalline putih yang solid dengan titik lebur pada suhu 2572°C. Senyawa kimia tersebut

dibuat dari batu kapur, batu karang, kerang, atau kapur, yang merupakan  $\text{CaCO}_3$ , kemudian dipanaskan. Proses tersebut digunakan untuk menghilangkan karbon dioksida.

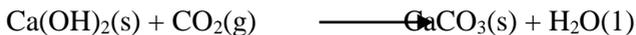


Reaksi tersebut bekerja secara terbalik, yaitu kalsium oksida akan bereaksi dengan karbon dioksida untuk membentuk kalsium karbonat. Reaksi bekerja dengan melepaskan karbon dioksida dari campuran senyawa tersebut.

Salah satu kegunaan batu kapur yang sudah sejak dulu digunakan adalah kemampuannya bereaksi dengan karbon dioksida untuk meregenerasi kalsium karbonat. Ketika kapur dicampur dengan air dan pasir, maka akan berubah menjadi mortar yang digunakan untuk menempelkan batu bata, batako, dan batu. Mortar merupakan semacam pasta bersifat cukup keras yang berada diantara batu bata untuk menempelkan batu bata. Kemudian mortar akan mengeras seketika. Di suhu ruangan, reaksi batu kapur dengan karbon dioksida akan berjalan sangat lambat. Oleh karena itu, dibutuhkan air untuk mempercepat reaksi tersebut. Ketika kapur dicampur dengan air, akan membentuk kalsium hidroksida.



Reaksi kalsium hidroksida dengan karbon dioksida akan lebih cepat, sehingga menghasilkan mortar yang cepat mengeras.

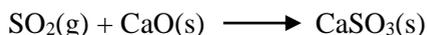


Produk yang berasal dari kapur lainnya yang digunakan dalam konstruksi adalah plester kapur dan semen portland.

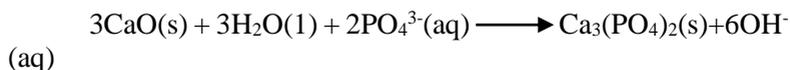
Mungkin, sifat terpenting dari kapur yang sering dimanfaatkan adalah kemampuannya untuk membentuk larutan dengan silikat. Ketika kapur dipanaskan dengan pasir silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan sodium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), sebuah larutan akan terbentuk dan tidak akan mengkristal ketika dingin. Bahkan, akan mengeras

menjadi benda yang tidak memiliki bentuk, padat, tidak berwarna, yang disebut kaca. Karena campuran dan bukanlah senyawa murni, kaca tidak memiliki titik lebur yang jelas. Oleh karena itu, kaca bisa dicetak menjadi berbagai macam bentuk. Penggunaan kapur untuk produksi kaca juga telah digunakan sejak lama.

Selain itu, kapur juga digunakan untuk mengontrol polusi. Kapur digunakan di dalam cerobong asap untuk mengurangi emisi sulfur oksida yang dihasilkan dari pembangkit. Sulfur dioksida beraksi dengan kapur untuk membentuk kalsium sulfit berbentuk padat.



Kapur juga digunakan dalam sistem pembuangan air untuk menghilangkan fosfat.



Pengolahan air juga menggunakan kapur untuk mengurangi tingkat keasaman, untuk melembutkan, dan untuk menjernihkan air minum.

## **II.10 PAC (*Poly Aluminium Chloride*)**

PAC digunakan untuk pengolahan air karena konsumsi alkalinitas yang lebih rendah serta kebutuhan dosis yang lebih rendah. Dalam sistem pengolahan air lainnya, PAC memiliki kemampuan unggul untuk menghambat pelepasan fosfor dalam kondisi anoxic.. Dari sudut pandang kimia, poly aluminium klorida (PAC) mirip dengan tawas, namun struktur PAC mengandung spesies polimer aluminium seperti monomer. Karakteristik kelarutan PAC dan tawas bervariasi. PAC lebih mudah larut dan memiliki pH yang lebih tinggi dari kelarutan minimum dibandingkan dengan tawas sehingga ini yang membuat PAC digunakan sebagai koagulan saat ini. Ketika digunakan sebagai koagulan, baik PAC dan tawas hasil lumpur yang mengandung residu aluminium, secara umum dapat disebut sebagai lumpur

aluminium. lumpur ini memiliki penampilan agar-agar, mengandung aluminium dengan campuran bahan organik dan anorganik serta endapan hidroksida. Ini juga berisi residu kimia pengolahan air seperti polielektrolit, bubuk karbon aktif, lempung aktif, atau tidak bereaksi kapur. Aluminium lumpur adalah salah satu lumpur yang paling sulit untuk diolah karena terdapat beberapa sifat aneh. Hal ini biasanya menyebabkan mudah mengendap tetapi tidak mudah untuk melakukan *dewatering*. Ini terutama terdiri dari gumpalan dengan kadar air bervariasi antara 95 dan 99%, yang merupakan tingkat khas ditemukan di saluran air lumpur sebelum dan sesudah penebalan. Karena kesulitan dalam *dewatering* lumpur aluminium, lumpur itu dibuang ke sumber air, seperti sungai atau danau.

(Irene, 2013)

PAC adalah suatu senyawa dengan rumus  $[Al(OH)_aCl_b(SO_4)_c]_n$ , di mana  $(a + b + 2c) = 3$ , dengan  $a > 1,05$ . Beberapa PAC mungkin tidak mengandung  $SO_4$  dan sesuai dengan rumus  $[Al(OH)_aCl_b]_n$ , di mana  $(a+b) = 3$ , dengan  $a > 1,05$ . Umumnya kebasaaan dari senyawa ini yang digunakan dalam industri pengolahan air tidak melebihi 60%. Liquid PAC akan menjadi larutan hampir jenuh dari poly aluminium klorida dan harus memiliki tidak lebih dari 0,2% material yang diendapkan dalam larutan. Liquid PAC harus mengandung aluminium yang larut dalam air tidak kurang dari 2,16% w/w sebagai Al atau 10% w/w sebagai  $Al_2O_3$ . Dalam PAC cair, masalah air yang larut tidak akan melebihi 0,2% w/w. Semetara itu bubuk PAC harus mengandung aluminium yang larut dalam air tidak kurang dari  $14 \pm 0,3\%$  w/w Al, atau 30% w/w sebagai  $Al_2O_3$ . Bubuk PAC harus bersih dan kering, dan harus dalam bentuk bubuk.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kandungan  $P_2O_5$  dan F pada fosfogipsum sehingga, dengan menggunakan *treatment* fisika dan kimia, yaitu proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh perlakuan tersebut terhadap parameter yang ditentukan, dan pengaruh zat kimia yang digunakan terhadap jalannya proses tersebut. Sehingga nantinya fosfogipsum dapat digunakan dalam dunia industri.

### III.1 Kondisi Operasi

1. Massa fosfogipsum : 200 gram
2. Massa *polyaluminium chloride* 0,1% : 1,75 mg/l
3. Lama operasi : 1 jam
4. Waktu pengadukan lambat : 20 menit
5. Waktu pengadukan cepat : 2 menit
6. pH operasi : 6
7. Suhu operasi : 30°C
8. Kecepatan *slow mixing* : 30 rpm
9. Waktu sedimentasi : 5 menit
10. Konsentrasi NaOH : 4%

### III.2 Variabel yang Digunakan

- Perbandingan Massa
  - Rasio fosfogipsum : aquadest :  
1:1 ; 1:2 ; 1:3 (w/v)
- Variabel Massa CaO
  - Massa *calcium oxide* (CaO) :  
11 gr ; 12 gr ; 13 gr
- Operasi Slow dan Rapid Mixing
  - Kecepatan *rapid mixing* (rpm) :  
100 ; 150

### **III.3 Parameter yang Dianalisa**

#### **III.3.1 Analisa Pendahuluan Fosfogipsum**

Kadar  $P_2O_5$  dan flourida pada fosfogipsum

#### **III.3.2 Analisa Parameter Penelitian**

Kadar  $P_2O_5$  dan flourida sebelum, saat dan sesudah proses *koagulasi*, *flokulasi* dan *sedimentasi* dengan menambahkan CaO

### **III.4 Peralatan yang Digunakan**

1. *Jar test*
2. Gelas arloji
3. *Beaker glass* 1000 ml
4. Pipet ukur
5. Timbangan analitik
6. Gelas ukur 1000 ml

### **III.5 Bahan yang Digunakan**

1. Fosfogipsum
2. Kapur Aktif ( CaO)
3. Polyalumunium Chloride (PAC) 0,1%
4. NaOH 4%
5. Aquadest

### **III.6 Metode Penelitian**

#### **III.6.1 Proses Pengenceran Fosfogipsum**

1. Menyiapkan *beaker glass* 1000 ml
2. Mengencerkan fosfogipsum dengan aquadest sesuai variabel yang sudah ditentukan ke dalam 1 liter *beaker glass*

#### **III.6.2 Proses Pengenceran NaOH**

1. Menyiapkan *beaker glass* 1000 ml
2. Menyiapkan larutan NaOH 40%
3. Mengencerkan larutan NaOH dengan penambahan 1000 ml aquadest untuk mendapatkan NaOH 4%

### III.6.3 *Treatment* dengan *Jar Test* (Aries dkk, 2007)

#### ***Treatment* pada proses koagulasi**

1. Menyiapkan alat *jar test* untuk proses pengadukan
2. Memasukkan bahan yang sudah diencerkan ke dalam tangki pengaduk, dan diaduk dengan kecepatan sesuai yang ditetapkan
3. Menambahkan CaO sesuai variabel yang ditetapkan dan aquadest sebanyak 50 ml. Catat perubahan pH campuran setiap 1 menit
4. Pada menit ke 10 menambahkan larutan NaOH sebanyak 4% dengan mengatur pH = 6. Catat volume

#### ***Treatment* pada proses flokulasi**

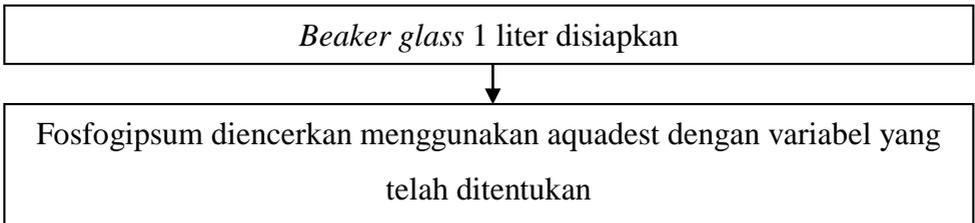
5. Menambahkan *polyaluminium chloride* (PAC) 0,1% sebanyak 1.75 mg/l
6. Menurunkan kecepatan pengadukan hingga 30 rpm. Menyalakan stopwatch selama 20 menit
7. Setelah menit ke 20, pengaduk dimatikan dan larutan dipindahkan ke kolom pengendapan

#### ***Treatment* pada proses sedimentasi**

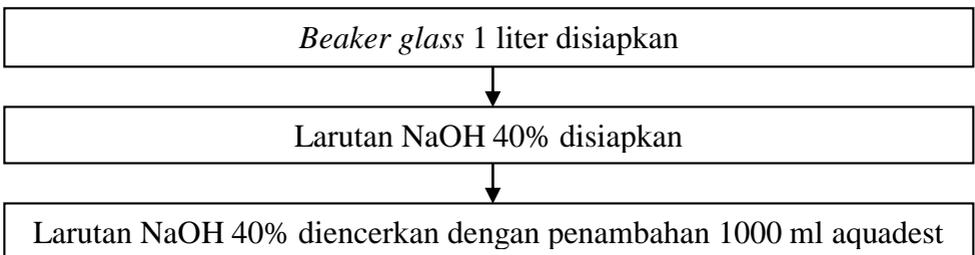
8. Mencatat tinggi *interface* per 60 detik hingga *interface* tidak berubah ( 240 detik)
9. Mengambil contoh cairan jernih *interface* untuk dianalisa secara kimia dan fisika
10. Mengulangi percobaan yang sama dari awal dengan variabel yang ditentukan

### III.7 Diagram Alir

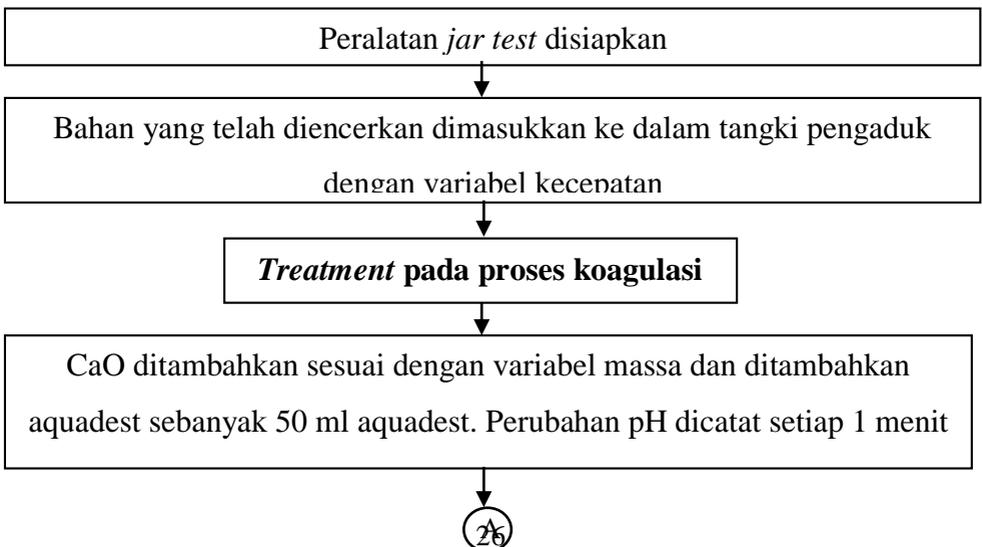
#### III.7.1 Prosedur Proses Pengenceran Fosfogypsum



#### III.7.2 Prosedur Proses Pengenceran NaOH 4%



#### III.7.3 Prosedur *Treatment* dengan *Jar Test* (Aries dkk, 2007)



A

Pada menit ke 10, NaOH 4% ditambahkan sedikit demi sedikit agar didapatkan pH = 6. Perubahan volume dicatat

***Treatment pada proses flokulasi***

Menambahkan *polyaluminium chloride* (PAC) 0,1% sebanyak

Kecepatan pengaduk diturunkan hingga 30 rpm. Stopwatch dinyalakan untuk mendapatkan waktu 20 menit

Setelah menit ke 20, pengaduk dimatikan dan larutan dipindahkan ke dalam kolom pengendapan

***Treatment pada proses sedimentasi***

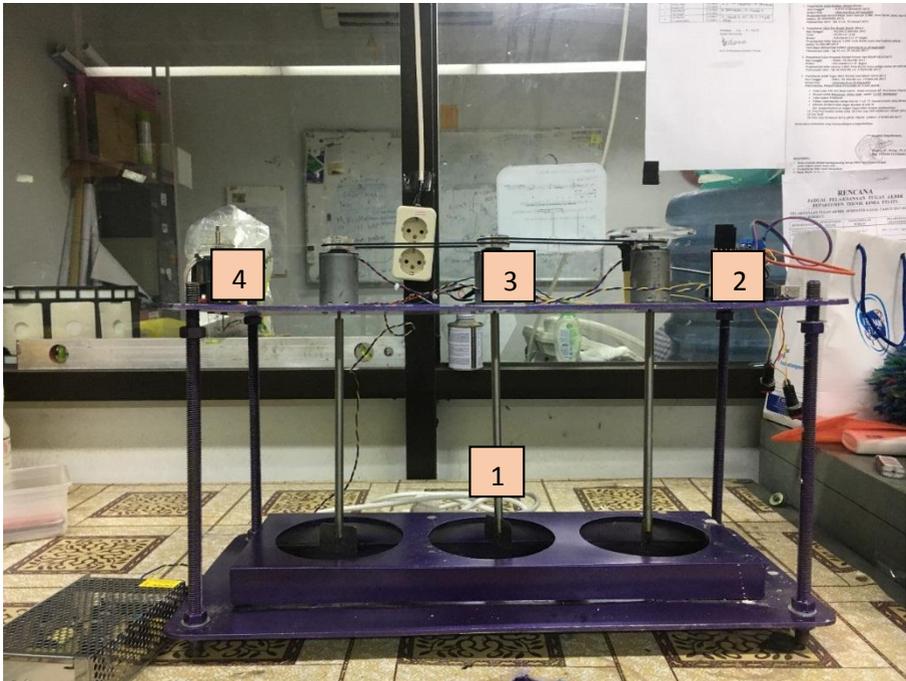
Ketinggian *interface* dicatat per 60 detik hingga ketinggian *interface* tidak berubah (240 detik)

Contoh cairan *interface* diambil untuk dianalisa kimia dan

Tahap percobaan diulangi dari awal sesuai dengan variabel

### III.8 Gambar Peralatan

Gambar peralatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



**Gambar III.1 Peralatan Penelitian**

**Keterangan gambar :**

1. Agitator
2. Control RPM
3. *Dynamo High RPM*
4. *Dynamo Low RPM*

### III.9 Tahap Analisa

Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisa terhadap kandungan  $P_2O_5$  dan F dari fosfogipsum, dengan melakukan uji analisa dengan proesedur sebagai berikut

#### a. Analisa Kadar $P_2O_5$ (*Standard Methods, 20<sup>th</sup>, 1999*)

1. Penyesuaian kadar pH: Jika pH sampel lebih besar dari 10, maka sampel ditambahkan 0,05 mL (1 tetes) indikator fenolftalein ke dalam 50 mL sampel dan menghilangkan warna merah dengan 1 + 1 HCl sebelum mengencerkan ke 100 mL
2. Penghilangan warna pada sampel: Untuk menghapus warna yang berlebihan dalam sampel, dapat digunakan dengan mengocok sekitar 50 mL dengan 200 mg karbon aktif dalam labu erlenmeyer selama 5 menit dan menyaringnya untuk menghilangkan karbon. Periksa setiap *batch* karbon untuk fosfat karena beberapa *batch* menghasilkan pereaksi kosong tinggi.
3. Pengembangan warna pada sampel: Tempatkan 35 mL atau kurang dari sampel, yang mengandung 0,05-1,0 mg P, dalam labu ukur 50 mL. Tambahkan 10 mL *vanadat-molibdat* reagen dan encerkan sampai tanda yang ditandai dengan menggunakan air suling. Siapkan blanko kosong di mana 35 mL air suling diganti untuk sampel. Setelah 10 menit atau lebih, mengukur absorbansi sampel versus blanko kosong pada panjang gelombang 400-490 nm, tergantung pada sensitivitas yang diinginkan. Warnanya stabil untuk hari, dan intensitasnya tidak terpengaruh oleh variasi suhu kamar.
4. Penyusunan kurva kalibrasi: Siapkan kurva kalibrasi dengan menggunakan volume yang sesuai dari larutan fosfat standar dan melanjutkan seperti di step ke 3. Ketika ion besi cukup rendah tidak mempengaruhi, plot kurva kalibrasi salah satu rangkaian larutan standar untuk berbagai gelombang panjang. Menganalisis setidaknya satu standar dengan setiap set sampel.

Untuk perhitungan dalam metode ini adalah :

$$\text{mg P/L} = \frac{\text{mg P ( in 50 mL final volume )} \times 1000}{\text{mL sampel}}$$

**b. Analisa Kadar F ((*Standard Methods, 20<sup>th</sup>, 1999*))**

1. Persiapan kurva standar: Siapkan standar fluoride di kisaran 0-1,40 mgF- / L dengan mengencerkan jumlah yang tepat dari larutan fluoride standar untuk 50 mL dengan air suling. Pipet 5 mL masing-masing larutan SPADNS dan zirconyl-asam reagen, atau 10 mL dicampur asam-zirconyl-SPADNS reagen, untuk setiap standar dan aduk rata. Menghindari kontaminasi. Atur fotometer ke absorbansi nol dengan larutan referensi dan mendapatkan pembacaan absorbansi standar. Plot kurva hubungan miligram fluoride-absorbansi. Siapkan kurva baru standar setiap kali reagen segar dibuat atau suhu standar yang berbeda yang diinginkan. Sebagai alternatif untuk menggunakan referensi, mengatur fotometer di beberapa titik yang mudah (0.300 atau 0.500 absorbansi) dengan menyiapkan 0 mg F- / L standar.
2. *Pretreatment* sampel: Jika sampel mengandung residu klorin, menghapusnya dengan menambahkan 1 tetes (0,05 mL) larutan NaAsO<sub>2</sub>/0,1 mg residu klorin dan mencampurkannya. (Konsentrasi arsenit Sodium 1300 mg / L menghasilkan kesalahan 0,1 mg / L pada 1 mg F / L.
3. Pengembangan warna: Gunakan sampel 50 mL dan diencerkan dengan 50 mL dengan air suling. Menyesuaikan suhu sampel dengan yang digunakan untuk kurva standar. Tambahkan 5 mL masing-masing larutan SPADNS dan zirconyl-asam reagen, atau 10 mL asam-zirconyl-SPADNS reagen; campur dengan baik dan membaca absorbansi, pertama menetapkan titik referensi fotometer seperti di atas. Jika absorbansi jatuh di luar jangkauan kurva standar, ulangi menggunakan sampel yang diencerkan.

Untuk perhitungan dalam metode ini adalah :

$$\text{mg F}^*/\text{L} = \frac{A}{\text{mL sampel}} \times \frac{B}{C}$$

Dimana :

A = ug F<sup>\*</sup> ditentukan dari kurva yang diplot,

B = volume akhir sampel diencerkan, (mL)

C = volume sampel yang diencerkan digunakan untuk pengembangan warna, (mL)

### III.10 Perhitungan Hasil Penelitian

Perhitungan yang akan dihitung adalah % *removal* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F dari penelitian yang dilakukan, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Rp (\%)} = \frac{(PAW - PNW)}{PAW} \times 100\%$$

Dimana :

Rp = Removal parameter analisa ( P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F)

PAW = Konsentrasi parameter analisa di dalam larutan  
fosfogypsum (% berat)

PNW = Konsentrasi parameter analisa di dalam larutan jernih  
(% berat)

### III.11 Jadwal Kegiatan

Tabel III.1 Jadwal Kegiatan

No	KEGIATAN	Februari				Maret				April				Mei				Juni			
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2	Persiapan Bahan dan Peralatan	■	■	■	■																
3	Eksperimen					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
4	Analisa Hasil Eksperimen					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
5	Pengerjaan Laporan									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Analisa  $P_2O_5$  awal dari larutan fosfogipsum yang digunakan sebagai bahan baku penelitian ini ditunjukkan pada tabel IV.1.

Tabel IV.1 Hasil Analisa Awal  $P_2O_5$  dan F pada larutan Fosfogipsum

Komponen	% Berat
$P_2O_5$	0.058
F	0.24

( *PT Sucofindo* )

Dari hasil analisa diatas, dapat dilihat bahwa kandungan  $P_2O_5$  awal yang terdapat pada sampel fosfogipsum yaitu sebesar 0.058% berat. Sedangkan untuk hasil analisa awal kandungan *fluoride* pada sampel fosfogipsum pertama adalah sebesar 0.24% berat (*PT Sucofindo*).

Hasil analisa diatas merupakan analisa awal untuk selanjutnya digunakan dalam proses penelitian. Cara perhitungan, data hasil analisa disajikan dalam Appendix A-1, Appendix A-2.

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa sampel larutan fosfogipsum sesuai dengan variabel yang akan digunakan yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel IV.2 Variabel pada sampel percobaan

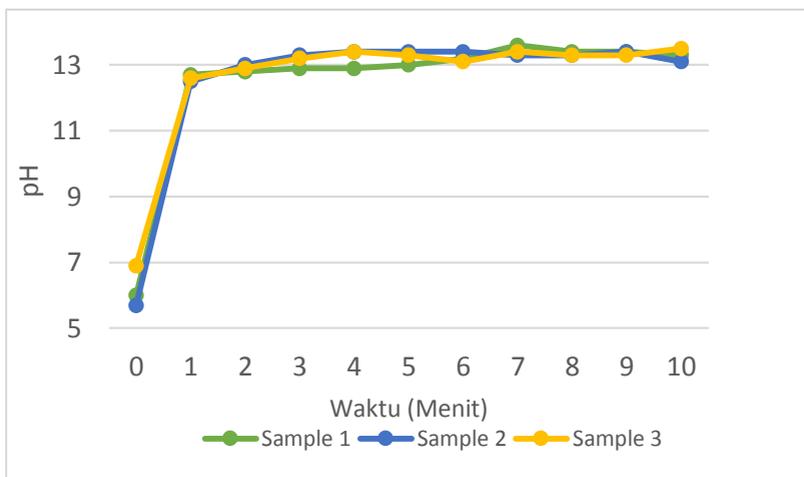
No Sampel	Variabel yang digunakan		
	Rasio pengenceran (w/v)	Massa CaO (gr)	Kecepatan (rpm)
1	1:1	11	100
2	1:1	12	100
3	1:1	13	100
4	1:1	11	150
5	1:1	12	150
6	1:1	13	150
7	1:2	11	100
8	1:2	12	100
9	1:2	13	100
10	1:2	11	150
11	1:2	12	150
12	1:2	13	150
13	1:3	11	100
14	1:3	12	100
15	1:3	13	100
16	1:3	11	150
17	1:3	12	150
18	1:3	13	150

Dalam penelitian ini, ratio pengenceran (w/v) adalah perbandingan antara massa fosfogipsum dengan volume aquadest. Percobaan ini dilakukan 18 kali sesuai dengan tabel variabel diatas, sehingga penurunan kandungan  $P_2O_5$  dan F pada sampel tersebut dapat diketahui.

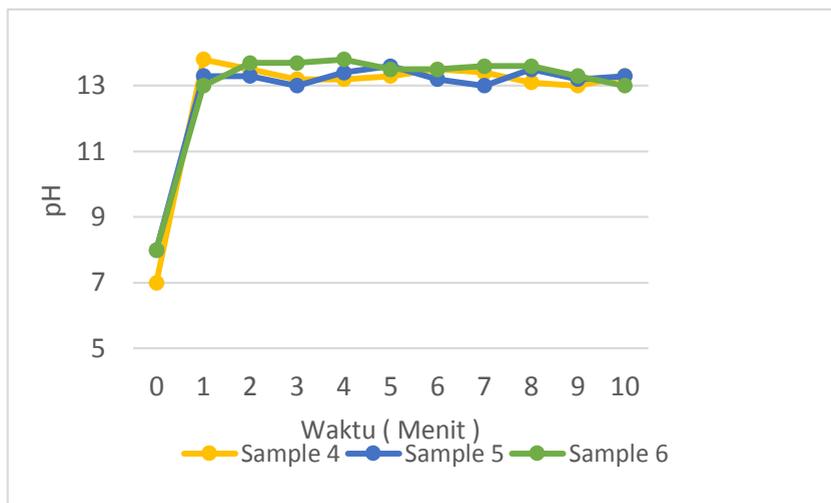
#### IV.1 Pengaruh Variabel Pengenceran, Massa CaO, dan Kecepatan Pengadukan terhadap Perubahan pH

Dalam percobaan ini pengukuran pH bertujuan untuk mengetahui performa pH terbaik pada saat proses koagulasi. Perubahan pH larutan setiap menit, yang diukur selama 10 menit pada variabel pengenceran 1:1 (w/v), 1:2 (w/v), dan 1:3 (w/v) dengan kecepatan 100 dan 150 rpm, serta massa CaO 11, 12, dan 13 gram, dapat dilihat pada gambar IV.1 dan IV.2.

Pada kecepatan 100 rpm mengalami perubahan pH pada kisaran 12,6 menjadi 13,6. Hal ini menunjukkan bahwa larutan fosfogipsum berada pada kondisi basa yang tinggi. Pada proses koagulasi yang ideal pH larutan berada pada rentang 7 sampai 8, dimana pada pH 7 sampai 8 merupakan pH ideal untuk terjadinya koagulasi. Namun, dalam percobaan ini kondisi pH larutan adalah basa dalam rentang pH yang tinggi, sehingga terjadi penyimpangan dalam nilai pH yang dicapai. Dalam hal ini dapat dilihat pada ketiga sampel diatas (gambar IV.1) bahwa performa terbaik pH terjadi pada pH 12,6 pada sampel 2. Sedangkan pada kecepatan pengadukan 150 rpm, performa terbaik pH terjadi pada pH 13 pada sampel 4 (gambar IV.2).

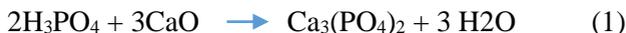


Gambar IV.1. Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:1



Gambar IV.2. Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:1

Dari hasil yang dicapai pada setiap variabel, diperoleh performa terbaik pada nilai pH 12,5 dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh dari beberapa faktor yang mempengaruhi proses koagulasi dan flokulasi, diantaranya adalah pH. Koagulasi merupakan proses yang penting dalam percobaan ini, karena koagulan berfungsi untuk mengikat *impurities* (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F) yang terdapat dalam larutan yang nantinya akan diendapkan. Reaksinya adalah :

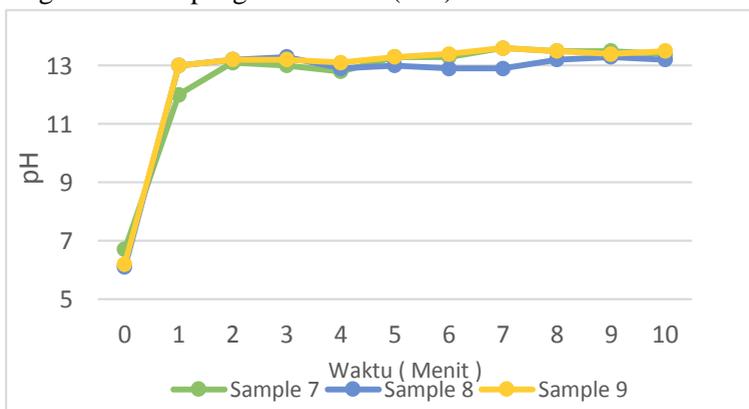


pH pada setiap variabel menunjukkan kondisi basa yang cukup tinggi, dimana kondisi yang tercapai melebihi dari pH optimum saat koagulasi dan flokulasi yaitu pH 7 sampai 8. Kondisi ini

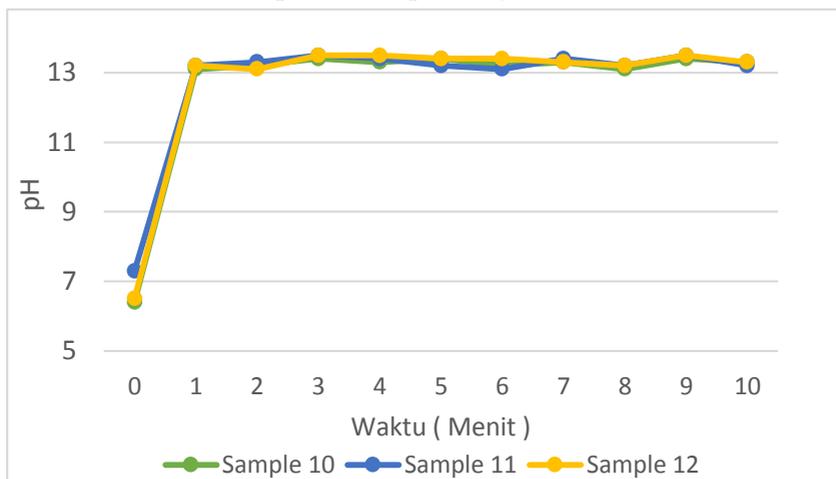
tercapai disebabkan karena pengaruh penambahan CaO sebagai koagulan dalam proses koagulasi, dimana CaO dapat meningkatkan alkalinitas dari larutan yang memiliki pH awal asam dengan rentang pH 5 sampai 6. Akan tetapi kondisi yang tercapai tidak memenuhi kondisi optimum, karena karena pemberian jumlah CaO sebagai koagulan yang berlebih, sehingga menyebabkan naiknya pH pada kondisi basa yang cukup tinggi.

Selanjutnya pada variabel pengenceran 1:2 (w/v) dengan kecepatan 100 rpm dan 150 rpm, dan variabel massa CaO 11, 12, dan 13 gram juga dilakukan pengukuran pH pada setiap sampel yang dilakukan setiap menit selama 10 menit.

Untuk kecepatan 100 rpm pada variabel ini, rentang pH yang terjadi, masih dalam kondisi pH basa yang tinggi dengan nilai pH yaitu 12 menjadi 13,6. Performa pH yang terbaik pada percobaan ini dapat dicapai, meskipun rentang pH ideal yang terjadi pada proses koagulasi adalah 7 sampai 8. Performa pH terbaik pada kecepatan pengadukan 100 rpm, menunjukkan nilai pH 12 pada sampel 7 (gambar IV.3), dibandingkan dengan sampel lain yang memiliki nilai pH lebih tinggi. Sedangkan untuk kecepatan pengadukan 150 rpm, performa pH terbaik terjadi pada sampel 10 dengan nilai pH 13 (gambar IV.4). Nilai pH pada setiap sampel, masih dalam kondisi basa yang tinggi, kondisi ini sama dengan variabel pengenceran 1:1 (w/v).



Gambar IV.3. Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:2



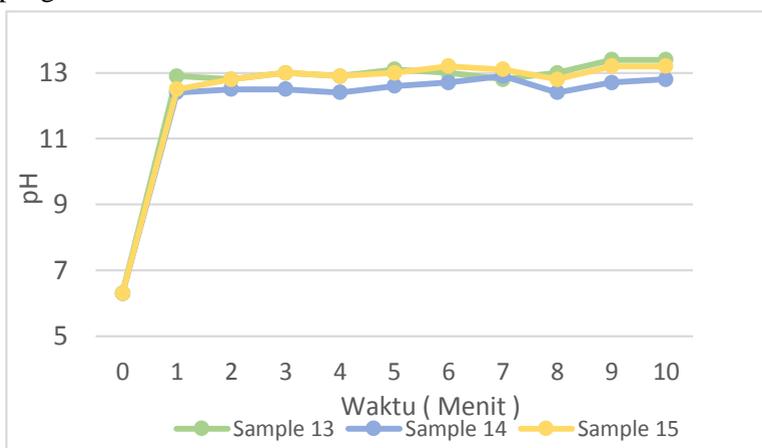
Gambar IV.4. Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:2

Dari hasil percobaan pada variabel diatas, performa pH terbaik didapatkan pada nilai pH 12 yang terjadi pada sampel 7. pH menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi proses koagulasi yang terjadi pada percobaan ini. Koagulasi merupakan proses terjadinya destabilisasi partikel yang menyebabkan bergabungnya ion positif dan negatif untuk membentuk flok yang mudah diendapkan, sehingga proses koagulasi juga akan membantu proses sedimentasi. Dalam hal ini, kondisi pH yang dicapai tidak memenuhi kondisi ideal pH pada proses koagulasi karena jumlah CaO yang diberikan berlebih, namun pada saat terjadinya pengadukan cepat dan penambahan CaO, terbentuk 2 lapisan larutan yang menandakan bahwa proses koagulasi terjadi dengan baik. Koagulasi berfungsi untuk mengikat kandungan  $P_2O_5$  dan F yang ada pada larutan agar mudah untuk diendapkan pada proses sedimentasi.  $P_2O_5$  dan F akan diikat oleh koagulan CaO sebagai

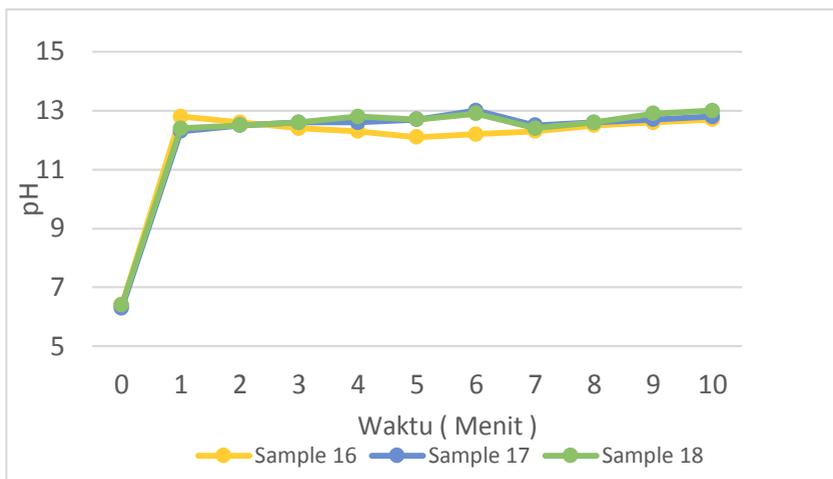
$\text{Ca}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{CaF}_2$  sebagai garam pada endapan yang yang terbentuk.

Pada variabel pengenceran 1:3 (w/v) dengan kecepatan 100 dan 150 rpm, dengan massa CaO 11, 12, dan 13 gram yang dilakukan pengukuran pH setiap menit pada 10 menit.

Untuk kecepatan 100 rpm didapatkan nilai pH dari setiap sampel pada kondisi basa yang tinggi. Dalam percobaan ini, terjadi penyimpangan pH pada proses koagulasi, dimana pH ideal dalam proses koagulasi adalah 7 sampai 8. Kondisi pH yang dicapai pada percobaan ini adalah basa yang tinggi, sehingga pada percobaan ini didapatkan performa pH terbaik pada variabel ini adalah pada sampel 15 dengan pH 12,3 (gambar IV.5), sedangkan pada kecepatan 150 rpm menunjukkan hasil performa terbaik pada nilai 12,1 yaitu pada sampel 17 (gambar IV.6). Koagulasi yang dilakukan pada proses ini menggunakan bantuan pengadukan cepat, dan koagulan CaO. Selain sebagai koagulan, CaO juga berfungsi untuk meningkatkan alkalinitas larutan awal yang memiliki pH awal 5 sampai 6. Penambahan jumlah CaO yang dilakukan pada percobaan ini berlebih, sehingga menyebabkan naiknya nilai pH pada kondisi basa. Meskipun dalam rentang pH koagulasi, pH yang dicapai tidak berada pada kondisi ideal, namun proses koagulasi dapat terjadi dari terbentuknya 2 lapisan saat pengadukan.



Gambar IV.5. Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:3



Gambar IV.6. Perubahan pH larutan terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:3

Suspensi yang terbentuk dari proses percobaan ini memiliki sifat sifat listrik, yang membuat terhambatnya aglomerasi partikel dan sedimentasi, serta kestabilan suspensi disebabkan oleh gaya elektrostatis yang terdapat dalam suspensi. Pada berbagai suspensi limbah industri yang ada, sebagian besar suspensi memiliki ion negatif. Sehingga untuk menurunkan gaya elektrostatis partikel maka diperlukan adanya netralisasi partikel, agar proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi dapat terjadi dengan baik. Dengan adanya penambahan koagulan, maka gaya elektrostatis menjadi rendah, dan suspensi menjadi tidak stabil karena adanya ion positif dalam koagulan, sehingga menyebabkan partikel tersebut dapat berikatan membentuk flok dan dipengaruhi juga oleh bantuan pengadukan cepat. Dalam proses ini juga menggunakan koagulan pembantu yaitu PAC (*PolyAluminium Chloride*) yang membantu memperbesar flok yang telah terjadi

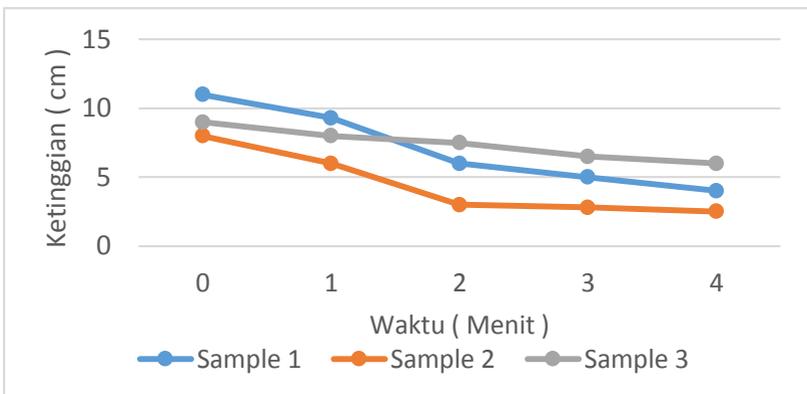
pada proses sebelumnya, yang selanjutnya akan bertumbukan karena terbrntuknya aglomerasi partikel dan akan jatuh kebawah karena berat partikel menjadi lebih berat. Selain itu PAC juga berfungsi untuk membantu mengontrol gaya elektrostatis pada suspensi. PAC merupakan polielektrolit yang memiliki berat molekul yang lebih berat dan mengandung zat pengadsorp yang berfungsi sebagai perantara flok flok yang bermuatan (*Eckenfelder, 2000*).

Untuk parameter pH yang dicapai tidak memenuhi kondisi optimum proses koagulasi dan flokulasi, namun proses koagulasi dan flokulasi terjadi dengan baik dengan terbentuknya 4 *layer* dalam proses sedimentasi. Hal ini disebabkan karena kereaktifan koagulan yaitu CaO yang tinggi. CaO merupakan logam alkali tanah yang merupakan unsur-unsur golongan IIA yang sangat reaktif serta dapat bereaksi dengan air. Kereaktifan logam alkali sangat berkaitan dengan elektron valensi yang hanya berjumlah dua serta jari-jari atom yang relatif besar. Akibatnya logam alkali mudah melepas elektron valensinya sehingga membentuk kation bermuatan (+2), dan larut dalam air. Oleh karena itu CaO dapat mengikat *impurities* ( $P_2O_5$  dan F) menjadi senyawa yang mudah diendapkan pada proses koagulasi, serta menetralkan ion ion negatif yang ada dalam suspensi untuk saling berikatan dengan ion positif dari koagulan, karena valensinya yang tinggi, sehingga proses koagulasi berlangsung dengan baik.

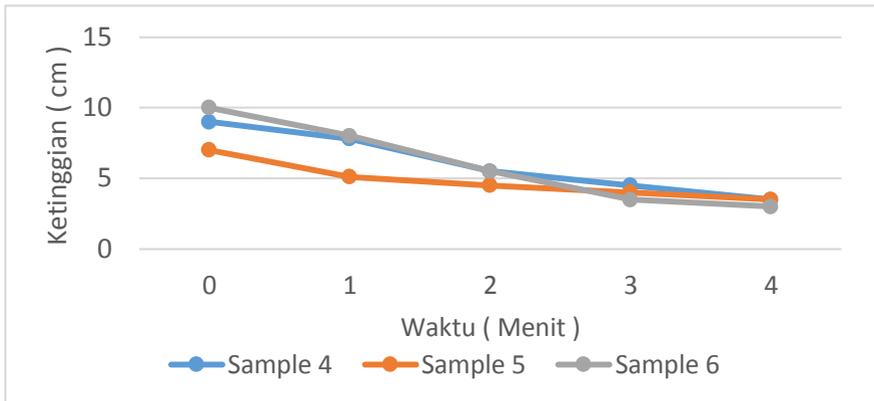
## IV.2 Pengaruh Variabel Pengenceran, Massa CaO, dan Kecepatan Pengadukan terhadap Hasil Sedimentasi

Perubahan ketinggian sedimentasi larutan setiap menit, yang diukur selama 4 menit pada variabel pengenceran 1:1 (w/v) dengan kecepatan 100 dan 150 rpm, serta massa CaO 11, 12, dan 13 gram, dapat dilihat pada gambar IV.7 dan IV.8

Pada kecepatan pengadukan 100 rpm terjadi perubahan ketinggian untuk setiap sampel pada rentang ketinggian 9,1 sampai 3,8 cm. Ketinggian yang diukur adalah ketinggian *interface sludge* dengan *clean liquid* yang terjadi selama proses sedimentasi. Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel *solid* dan *liquid* berdasarkan gaya gravitasi. Perubahan ketinggian yang diukur menunjukkan proses sedimentasi yang terjadi, apabila kecepatan pengendapan cepat, maka perubahan ketinggian yang terjadi menunjukkan penurunan yang signifikan. Dari sampel yang telah diukur, maka didapatkan hasil perubahan ketinggian yang terbaik pada sampel 1 yaitu menit pertama menuju menit kedua dengan nilai 9 cm menjadi 6 cm (gambar IV.7) dengan *slope* 3 cm/menit. Sedangkan pada kecepatan 150 rpm, perubahan ketinggian yang terbaik ada pada sampel 4 yaitu menit pertama menuju menit kedua, dengan nilai 8 cm menjadi 5,5 cm (gambar IV.8) dengan *slope* 2,5 cm/menit.



Gambar IV.7. Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:1



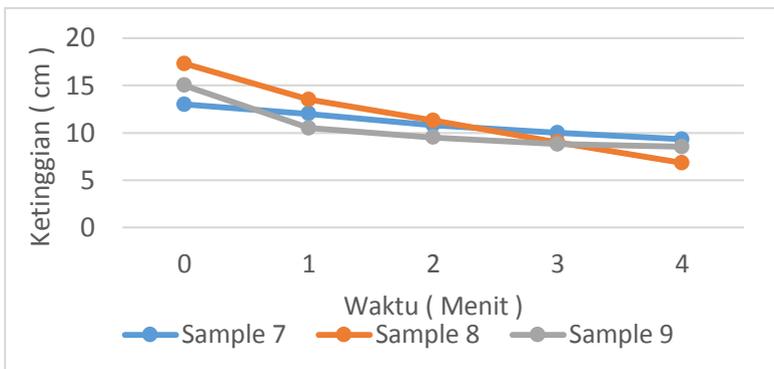
Gambar IV.8. Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:1

Sedimentasi yang terjadi tidak lepas dari pengaruh proses koagulasi dan flokulasi yang telah terjadi pada proses sebelumnya. Apabila proses koagulasi dan flokulasi bekerja dengan baik, maka proses sedimentasi juga akan bekerja dengan baik. Proses koagulasi dan flokulasi dilakukan dengan bantuan koagulan yaitu CaO dan PAC. Pada proses inilah, pengikatan impurities dan pembentukan flok flok yang lebih besar terjadi, sehingga mudah untuk diendapkan. Nantinya proses ini akan membantu sedimentasi larutan fosfogypsum, sehingga *solid* dan *liquid* dapat dipisahkan. Keefektifan penggunaan koagulan yang digunakan yaitu CaO dan PAC memberikan pengaruh yang signifikan. CaO memiliki kereaktifan yang tinggi sehingga membantu ion ion yang berlawanan untuk berikatan membentuk flok, karena valensi kation yang tinggi maka mudah untuk melepaskan valensinya. Meskipun dalam parameter kondisi pH terjadi pada kondisi tidak ideal, namun dengan sifat CaO yang reaktif akan membantu sedimentasi. Sedangkan PAC merupakan polielektrolit yang sangat efektif

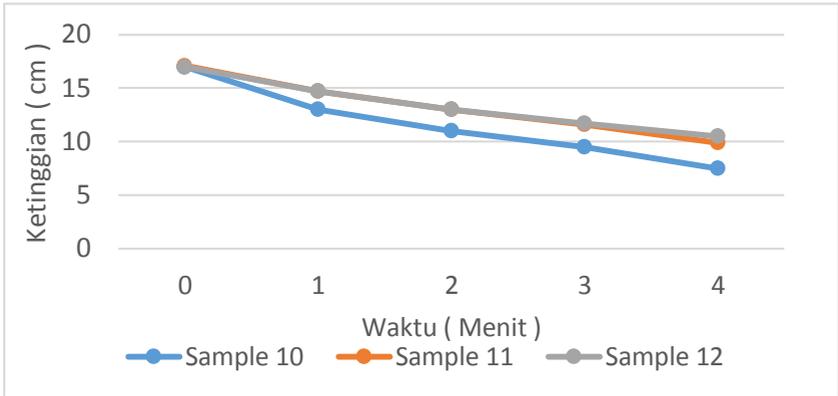
dalam proses ini, karena kecepatan pengendapan menjadi cepat dan menghasilkan sedimentasi yang baik. Dengan demikian proses ini berjalan dengan baik dan terbentuk 4 zona saat proses sedimentasi.

Pada variabel pengenceran 1:2 (w/v) dengan massa CaO 11, 12, dan 13 gram, serta kecepatan pengadukan 150 rpm mengalami perubahan ketinggian yang diukur setiap menit selama 4 menit.

Untuk kecepatan pengadukan 100 rpm dan 150 rpm terjadi perubahan ketinggian saat proses sedimentasi berlangsung. Sedimentasi dilakukan untuk memisahkan partikel *solid* dan *liquid* berdasarkan gaya gravitasi. Pada proses sedimentasi terjadi perubahan ketinggian pada larutan, ketinggian yang diukur adalah ketinggian *interface sludge* dengan *clear liquid*. Proses ini terjadi didukung dengan kecepatan pengendapan yang baik. Apabila kecepatan pengendapan terjadi secara cepat maka proses sedimentasi yang terjadi akan bekerja dengan baik, dan ditandai dengan perubahan ketinggian yang cukup signifikan. Pada variabel ini, perubahan ketinggian larutan yang terbaik pada sampel kesembilan di menit nol menuju menit pertama, dengan nilai 14,9 cm menjadi 10,1 cm (gambar IV.9) dengan nilai *slope* 4,8 cm/menit.. Sedangkan untuk kecepatan 150 rpm, perubahan ketinggian larutan yang terbaik ada pada sampel 10 pada menit nol menuju menit pertama, dengan nilai 17 cm menjadi 12,2 cm (gambar IV.10) dan nilai *slope* 4,8 cm/menit.

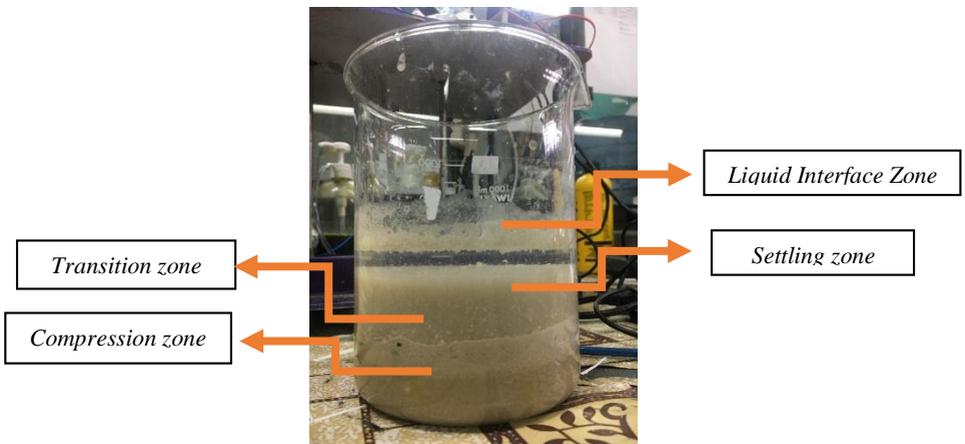


Gambar IV.9. Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:2



Gambar IV.10. Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:2

Proses sedimentasi dibedakan menjadi empat zona, yaitu *liquid interface zone (layer 1)*, *settling zone (layer 2)*, *transition zone (layer 3)*, dan *compression zone (layer 4)*. Proses tersebut dapat dilihat pada hasil percobaan dibawah ini.

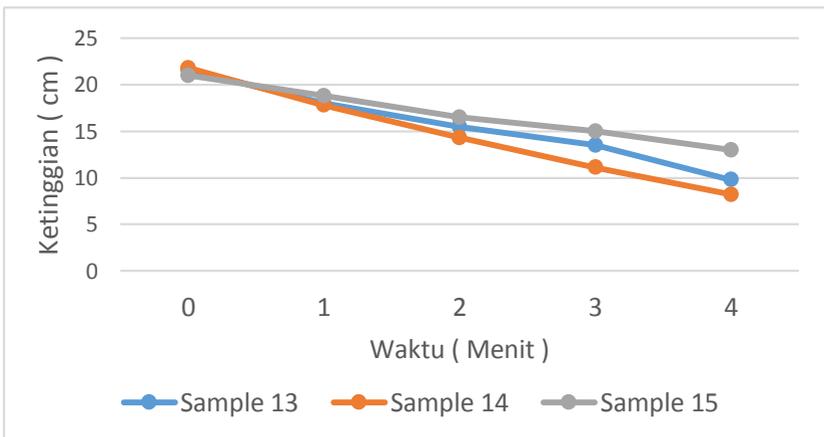


#### Gambar IV.11 Empat zona sedimentasi

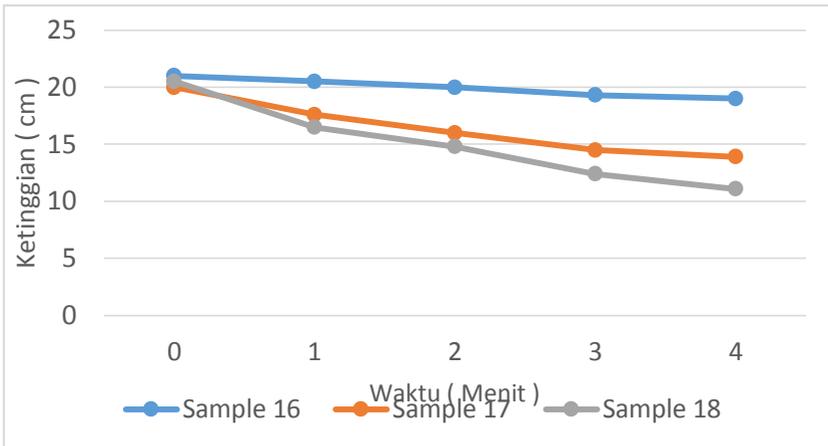
Sebelum proses sedimentasi terjadi, *slurry* berada pada konsentrasi yang sama. Selama awal proses sedimentasi, *sludge* mengendap pada kecepatan yang sama. Laju pengendapan adalah fungsi dari konsentrasi awal partikel dalam larutan sebelum terjadi proses sedimentasi. Sebagai hasil sedimentasi, endapan endapan dari proses ini berada pada zona kompresi yang berada pada lapisan paling bawah dari proses pengendapan yang terjadi pada laju konstan. Zona transisi akan terjadi dimana kecepatan pengendapan menurun sebagai hasil dari meningkatnya konsentrasi partikel. Konsentrasi solid pada lapisan zona transisi, tetap konstan sampai *interface* pengendapan mendekati zona transisi, dan terbentuklah zona transisi. Melewati zona transisi ini, kecepatan pengendapan akan menurun karena meningkatnya massa jenis dan viskositas dari suspensi yang mengelilingi partikel. Apabila kenaikan lapisan dari endapan mencapai *interface*, maka zona kompresi akan terbentuk. Pengaruh sedimentasi terjadi karena beberapa faktor, diantaranya adalah proses koagulasi dan flokulasi yang telah terbentuk sebelumnya yang nantinya akan membantu proses sedimentasi terjadi. Pada proses koagulasi yang terjadi menggunakan koagulan CaO, dimana koagulan ini sangat reaktif dan mempunyai valensi kation (+2) yang dapat mudah melepaskan ionnya untuk membantu netralisasi, dan pengikatan ion ion menjadi flok yang lebih besar, sehingga peran koagulan sangat berpengaruh untuk mencapai kondisi sedimentasi yang baik (Eckenfelder, 2000).

Untuk variabel pengenceran 1:3 (w/v) dengan massa CaO 11, 12, dan 13 gram serta kecepatan pengadukan 100 dan 150 rpm dilakukan pengukuran perubahan ketinggian larutan yang diukur setiap menit selama 10 menit.

Pada variabel ini, proses sedimentasi yang terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Perubahan ketinggian yang diukur pada setiap sampel menunjukkan proses sedimentasi yang terjadi. Pada perubahan ketinggian tersebut, kecepatan pengendapan mempengaruhi perubahan ketinggian tersebut. Apabila kecepatan pengendapan bekerja dengan cepat, maka perubahan ketinggian menunjukkan nilai yang signifikan dan proses sedimentasi terjadi dengan baik. Maka dari itu, perubahan ketinggian terbaik pada kecepatan 100 rpm adalah sampel 13 dari menit nol menuju menit pertama dengan nilai 22 cm menuju 18 cm (gambar IV.12) dengan nilai *slope* 4 cm/menit, sedangkan untuk kecepatan 150 rpm perubahan ketinggian terbaik terjadi pada sampel 16 pada di menit nol menuju menit pertama dengan nilai 20,1 cm menjadi 16 cm (gambar IV.13) dengan nilai *slope* 4,1 cm/menit.



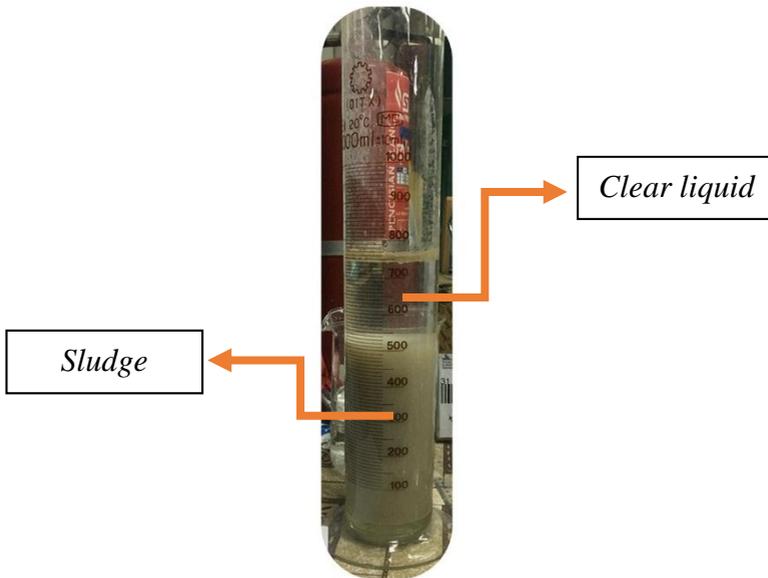
Gambar IV.12. Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 100 rpm dengan ratio 1:3



Gambar IV.13 Perubahan ketinggian sedimentasi terhadap waktu pada kecepatan 150 rpm dengan ratio 1:3

Pada penjelasan diatas, dapat dilihat bahwa terdapat hubungan yang terjadi pada proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi yang terjadi. Penggunaan koagulan yang dipakai yaitu CaO dan PAC dapat membantu proses sedimentasi yang baik. CaO memiliki kereaktifan yang sangat tinggi dan mudah melepaskan valensi nya yaitu +2, sehingga menyebabkan mudah mengikat ion ion negatif, dan membuatnya menjadi flok yang lebih besar. Dengan mudahnya ion ion tersebut berikatan, maka menyebabkan kerapatan massa menjadi lebih besar yang membuat flok flok tersebut jatuh ke bawah karena pengaruh gaya gravitasi, dan akhirnya mengendap. Selain itu, karena massa flok menjadi lebih besar, maka massa jenis atau densitas dari flok flok tersebut menjadi lebih besar yang membuatnya mudah untuk diendapkan. Dengan mudahnya ion ion tersebut bergabung menjadi flok, maka konsentrasi dari partikel tersebut menjadi lebih besar dan akan menghambat kecepatan pengendapan menjadi lebih lambat. Hal ini

menyebabkan terbentuknya lapisan *liquid interface* yang semakin besar, sebagai akibat dari naiknya konsentrasi larutan dan jatuhnya flok flok ke bawah, dan terbentuklah zona transisi. Kecepatan pengendapan pada zona transisi ini semakin melambat karena besarnya konsentrasi partikel, dan kerapatan massa yang besar. Kondisi ini akan mencapai keadaan stabil sampai lapisan *interface* mendekati lapisan endapan. Apabila kenaikan lapisan dari endapan mencapai *interface*, maka hal ini yang mendorong terbentuknya zona kompresi atau zona pepadatan yang berada pada lapisan paling bawah. Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini

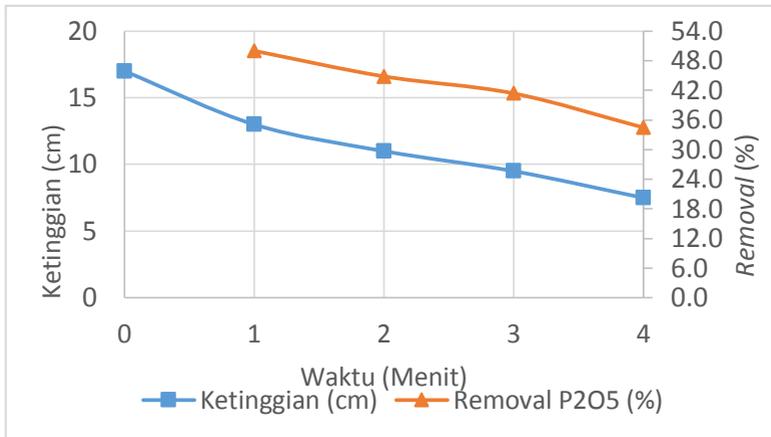


Gambar IV.14 Hasil akhir sedimentasi

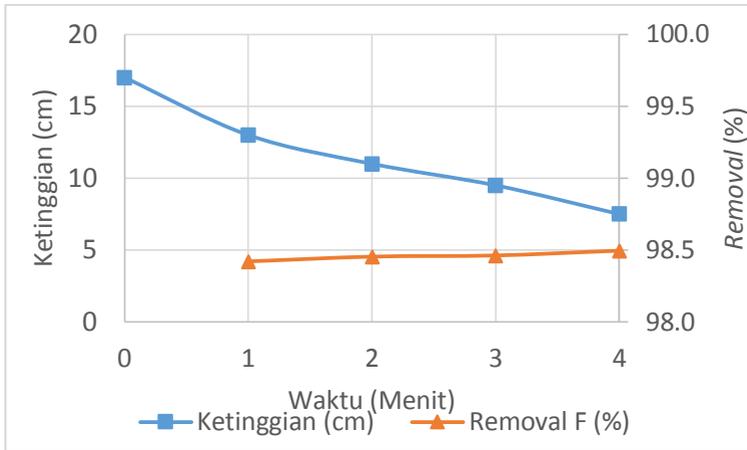
Gaya yang mempengaruhi proses sedimentasi adalah gaya *drag* dan gaya *impelling*. Gaya *impelling* adalah gaya yang disebabkan oleh gaya berat partikel atau gaya gravitasi (ke arah

bawah), yang menyebabkan flok besar akan jatuh ke bawah. dan gaya apung (*bouyant*, ke arah atas). Sedangkan gaya *drag* adalah gaya yang melawan gaya *impelling* sehingga partikel dalam kondisi setimbang. Arah gaya ini adalah ke atas. Massa partikel menyebabkan adanya gaya *drag* dan diimbangi oleh gaya *impelling*, sehingga kecepatan pengendapan partikel konstan (Eckenfelder, 2000).

Dari sampel 1 sampai dengan 18 didapatkan hasil terbaik adalah pada variabel pengenceran 1:2 (w/v), massa CaO 12 gram, dan kecepatan 150 rpm dilakukan analisa untuk mengetahui konsentrasi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F pada lapisan 2 dan 3, dalam larutan yang diukur setiap menit selama 4 menit pada saat sedimentasi. Hasil % *removal* dari P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F yang telah dianalisa pada lapisan 2 dan 3 saat sedimentasi, dapat dilihat pada gambar dengan hubungan ketinggian sedimentasi dan waktu (gambar IV.15 dan gambar IV.16).



Gambar IV.15 Hubungan ketinggian dengan % *removal* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> terhadap waktu



Gambar IV.16 Hubungan ketinggian dengan % *removal* F terhadap waktu

Dari kedua gambar diatas, didapatkan hasil yang berbeda pada % *removal*  $P_2O_5$  dan F. Hasil diatas menunjukkan bahwa % *removal* F lebih besar dibandingkan dengan % *removal*  $P_2O_5$  (gambar IV.15 dan IV.16), terjadi penurunan konsentrasi F pada lapisan 2 dan 3, mengandung konsentrasi F yang lebih rendah dibandingkan dengan lapisan lainnya, sedangkan untuk konsentrasi  $P_2O_5$ , memiliki konsentrasi yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan lain. Pada gambar IV.16 didapatkan % *removal* terbaik terjadi pada menit pertama yaitu sebesar 50% dengan ketinggian sedimentasi 13 cm, dan untuk % *removal* F terbaik terjadi pada menit keempat yaitu sebesar 98,5 % dengan ketinggian 7,9 cm. Dalam hal ini terjadi anomali pada hasil *removal* untuk  $P_2O_5$ , dimana terjadi penurunan konsentrasi pada menit pertama dan adanya kenaikan konsentrasi pada menit kedua sampai menit keempat. Hal ini terjadi karena adanya kondisi restabilisasi pada proses koagulasi dan flokulasi, yang disebabkan karena penambahan jumlah koagulan yang berlebih, sehingga proses koagulasi dan flokulasi menjadi kurang baik (ASWW, 1998).

Perbedaan hasil ini dapat terjadi karena pengaruh dari ukuran flok dari  $P_2O_5$  dan F, yang memiliki ukuran yang berbeda. Ukuran flok mempengaruhi penentuan karakteristik pengendapan dari flok-flok tersebut. Dalam hal ini diameter partikel menjadi berpengaruh pada proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Sehingga diameter partikel akan menentukan letak penurunan konsentrasi partikel, yaitu pada lapisan paling atas atau berada pada lapisan bawah dari hasil sedimentasi. Selain itu kondisi lain yang mempengaruhi perbedaan hasil tersebut adalah pengaruh dari interaksi antar partikel  $P_2O_5$  dan F yang memiliki beban luas permukaan sama yang dihasilkan pada gaya elektrostatis yang membuat partikel tersebut sulit untuk beraglomerasi dan mengendap (ASWW, 1998).

Pada hal ini interaksi antara partikel  $P_2O_5$  yang terjadi memiliki beban luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan partikel F, sehingga partikel tersebut sulit mencapai aglomerasi dan sulit untuk diendapkan, dibandingkan dengan partikel F yang lebih mudah mengalami aglomerasi dan dapat diendapkan dengan baik pada saat proses sedimentasi. Hasil penurunan konsentrasi F lebih besar dibandingkan  $P_2O_5$  yang menunjukkan bahwa proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi bekerja dengan baik. Faktor yang lain adalah ukuran dari partikel  $P_2O_5$  dan F yang mempengaruhi terjadinya aglomerasi partikel. Dalam hal ini diameter partikel dan kecepatan pengendapan berbanding lurus, sehingga semakin besar diameter partikel maka semakin besar kecepatan pengendapan yang terjadi. Apabila kecepatan pengendapan semakin cepat, maka proses sedimentasi berlangsung dengan baik, dan flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi dapat diendapkan dengan baik pada saat proses sedimentasi. Maka dari itu partikel F lebih mudah mengendap karena ukuran diameter partikel yang lebih besar dan kecepatan pengendapan yang lebih baik (ASWW, 1998).

Kereaktifan dari koagulan juga mempengaruhi hasil dari % *removal*  $P_2O_5$  dan F. Dalam hal ini koagulan yang digunakan adalah CaO. CaO memiliki valensi kation (+2) dan merupakan

logam alkali tanah yang sangat reaktif dengan air, yang mudah melepaskan ion untuk terjadinya proses netralisasi partikel dan membantu aglomerasi sehingga ion ion akan berikatan. Partikel F memiliki kereaktifan dan keelektronegatifan yang tinggi, sehingga kondisi ini dapat mempengaruhi ikatan ikatan yang terjadi antara flok flok yang terbentuk. Akibat dari kereaktifan dan keelektronegatifan F yang lebih tinggi dibandingkan dengan  $P_2O_5$ , maka ion ion akan lebih mudah untuk berikatan dan proses netralisasi terjadi. Sehingga dalam hal ini partikel F lebih mudah berikatan dengan CaO dan membentuk endapan yang mudah diendapkan, flok flok tersebut berikatan dan ukurannya menjadi lebih besar. Partikel F memiliki sifat mudah larut dalam air, dimana kelarutannya dalam air tinggi, yang menyebabkan partikel F mudah untuk mengendap, dibandingkan dengan partikel  $P_2O_5$ , maka dari itu partikel F akan lebih mudah mengendap dibandingkan dengan  $P_2O_5$ . Dengan demikian, faktor faktor diatas yang mempengaruhi perbedaan hasil % *removal* antara  $P_2O_5$  dan F pada sampel yang terbaik, dimana % *removal* yang terjadi pada partikel F lebih besar dari partikel  $P_2O_5$  yaitu sebesar 98,5 %.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

Bedasarkan hasil penelitian dan analisa yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Fosfogypsum dapat dijadikan sebagai campuran semen karena kandungan  $P_2O_5$  dan F pada fosfogypsum telah mengalami penurunan, sehingga fosfogypsum untuk campuran semen dapat diambil dari lapisan 2 dan 3 pada saat sedimentasi berlangsung.
2. Penambahan massa CaO, variabel kecepatan pengadukan, dan variabel pengenceran mempengaruhi proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk parameter performa pH yang terjadi pada setiap sampel percobaan dan kereaktifan CaO serta pengadukan cepat yang mempengaruhi terjadinya lapisan lapisan saat proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi berlangsung.
3. Persentase penurunan konsentrasi  $P_2O_5$  dan F terjadi pada kondisi terbaik ( lapisan 2 dan 3), yaitu variabel pengenceran 1:2 (w/v), massa CaO 12 gram dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Hasil yang dicapai adalah untuk penurunan konsentrasi  $P_2O_5$  sebesar 50%, dan penurunan konsentrasi F sebesar 98,5%.

## **V.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan untuk percobaan, harus dicek dan dirangkai dengan baik karena dalam pengoperasiannya terjadi beberapa kendala pada alat yang digunakan.
2. Dalam penentuan dosis koagulan harus disesuaikan dengan kondisi operasi pada saat percobaan akan dilakukan, sehingga tidak terjadi kelebihan atau kekurangan penambahan dosis koagulan yang akan mempengaruhi pH larutan.
3. Pada saat pengadukan cepat dan lambat, kecepatan pengaduk harus dikontrol dengan baik sesuai dengan kecepatan yang telah ditetapkan agar tetap stabil dalam percobaan, karena kecepatan akan mempengaruhi proses koagulasi yang terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, A. (2007). Pengaruh Pemakaian  $\text{CaCO}_3$  Terhadap Parameter Operasi Proses Pengolahan Limbah Fosfat Dengan Cara Koagulasi-Sedimentasi Di PT Petrokimia Gresik. *Makalah Seminar Nasional Soeardjo Brotohardjono*, 1-6.
- Association, A. W. (1992). *Operational Control of Coagulation and Filtration Process*. America: America Water Works Association
- Association, N. Z. (2013). *Standard For The Supply of Polyaluminium Chloride For Use In Water Treatment*. New Zealand: Water New Zealand.
- Bhawan, P. (2012). *Guideline For Management and Handling of Phosphogypsum Generated From Phosphoric Acid Plants*. Delhi: Ministry of Environment and Forest.
- Borris, P. (1980). Utilization and Disposal of Phosphogypsum. *Proceedings of The International Symposium on Phosphogypsum* (pp. 15-100). Florida: Florida Institute of Phosphate Research.
- Eckenfelder, W. (2000). *Industrial Water Pollution Control Third*  
McGraw-Hill Companies
- Nansubuga, I. (2012). Effect of Polyaluminium Chloride Water Treatment. *African Journal of Enviromental Science and Technology*, 146.
- Shakhashiri. (2012). Lime : Calcium Oxide- $\text{CaO}$ . *Chemical of The Week*, 1-2.

Singh, m. (1992). *Purifying Phosphogypsum For Cement Manufacture*. India: Central Building Research Institute.

Tayibi, h. (2008). Enviromental Impact and Management of Phosphogypsum. *Journal of Enviromental Management*, 1-10.

**APPENDIKS A**  
**A-1**  
**PERHITUNGAN % REMOVAL P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DAN F**

A.1.1 Perhitungan % *removal* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F

Untuk *removal* F dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$\text{Removal}(\%) = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Perhitungan : Konsentrasi awal = 0,24 %  
Konsentrasi akhir = 37,9 ppm

$$= \frac{37,9}{1000000} \times 100\%$$

$$= 0,00379 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Removal} (\%) &= \frac{0,24\% - 0,00379\%}{0,24\%} \times 100\% \\ &= 98,5 \%. \end{aligned}$$

Untuk *removal* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$\text{Removal}(\%) = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Perhitungan : Konsentrasi awal = 0,058 %  
Konsentrasi akhir = 0,029 %

$$\begin{aligned} \text{Removal} (\%) &= \frac{0,058 - 0,029\%}{0,058\%} \times 100\% \\ &= 50 \%. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama maka didapatkan % *removal* dari P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F pada setiap pengukuran dapat dilihat pada tabel A.1.1

Tabel A.1.1 Hasil % *removal* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Removal (%)</b>	
	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>F</b>
Menit 1	50	98,42
Menit 2	44,83	98,45
Menit 3	41,38	98,46
Menit 4	34,48	98,50

#### A.1.2 Perhitungan kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F pada *layer* 4

Berdasarkan perhitungan neraca massa :

**Kandungan lapisan 4 = Hasil analisa awal – kandungan lapisan 1 – kandungan lapisan 2 dan 3**

Maka kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada menit pertama

$$= 0,058 \% - 0,02 \% - 0,029 \%$$

$$= \mathbf{0,009 \%}$$

Maka kandungan F pada menit pertama

$$= 0,24 \% - 0,00015\% - 0,00379 \%$$

$$= \mathbf{0,236 \%}$$

**A-2**  
**DATA HASIL ANALISA DAN PENELITIAN**

A.2.1 Hasil analisa akhir P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F

Hasil analisa akhir P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F dapat dilihat pada tabel  
A.2.1

Tabel A.2.1 Hasil analisa akhir P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Hasil analisa</b>	
	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b>	<b>F (ppm)</b>
1	0,029	37,9
2	0,032	37,1
3	0,034	36,9
4	0,038	36,1

A.2.2 Data penelitian

Data penelitian yang didapatkan selama penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel A.2.2 Data perubahan pH pada setiap sampel

**Perubahan pH untuk setelah penambahan CaO**

Sampel	menit 0	menit 1	menit 2	menit 3	menit 4	menit 5	menit 6	menit 7	menit 8	menit 9	menit 10
1	6	12.7	12.8	12.9	12.9	13	13.2	13.6	13.4	13.4	13.3
2	6.9	12.6	12.9	13.2	13.4	13.3	13.1	13.4	13.3	13.3	13.5
3	8	13.3	13.3	13	13.4	13.6	13.2	13	13.5	13.2	13.3
4	5.7	12.5	13	13.3	13.4	13.4	13.4	13.3	13.3	13.4	13.1
5	7	13.8	13.5	13.2	13.2	13.3	13.5	13.4	13.1	13	13.3
6	8	13	13.7	13.7	13.8	13.5	13.5	13.6	13.6	13.3	13
7	6.7	12	13.1	13	12.8	13.3	13.3	13.6	13.5	13.5	13.4
8	6.2	13	13.2	13.2	13.1	13.3	13.4	13.6	13.5	13.4	13.5
9	7.3	13.2	13.3	13.5	13.4	13.2	13.1	13.4	13.2	13.5	13.2
10	6.1	13	13.2	13.3	12.9	13	12.9	12.9	13.2	13.3	13.2
11	6.4	13.1	13.2	13.4	13.3	13.4	13.2	13.3	13.1	13.4	13.3
12	6.5	13.2	13.1	13.5	13.5	13.4	13.4	13.3	13.2	13.5	13.3
13	6.3	12.9	12.8	13	12.9	13.1	13	12.8	13	13.4	13.4
14	6.3	12.5	12.8	13	12.9	13	13.2	13.1	12.8	13.2	13.2
15	6.3	12.3	12.5	12.6	12.6	12.7	13	12.5	12.6	12.7	12.8
16	6.3	12.4	12.5	12.5	12.4	12.6	12.7	12.9	12.4	12.7	12.8
17	6.4	12.8	12.6	12.4	12.3	12.1	12.2	12.3	12.5	12.6	12.7
18	6.4	12.4	12.5	12.6	12.8	12.7	12.9	12.4	12.6	12.9	13

Tabel A.2.3 Data pH akhir larutan

Sampel	pH
1	7.3
2	8.1
3	8
4	7.5
5	8.5
6	8.3
7	5.7

8	5.6
9	8.8
10	8
11	8.7
12	8.2
13	8.3
14	8.3
15	9
16	8.4
17	8.5
18	8.8

Tabel A.2.4 Data perubahan ketinggian pada setiap sampel

waktu (menit)	Perubahan ketinggian (cm)								
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6	Sampel 7	Sampel 8	Sampel 9
0	11	8	9	9	7	10	13	17.3	15
1	9.3	6.0	8.0	7.8	5.1	8.0	12.0	13.5	10.5
2	6.0	3.0	7.5	5.5	4.5	5.5	10.8	11.3	9.5
3	5.0	2.8	6.5	4.5	4.0	3.5	10.0	9.0	8.8
4	4.0	2.5	6.0	3.5	3.5	3.0	9.3	6.8	8.5
waktu (menit)	Perubahan ketinggian (cm)								
	Sampel 10	Sampel 11	Sampel 12	Sampel 13	Sampel 14	Sampel 15	Sampel 16	Sampel 17	Sampel 18
0	17	17.1	17	21.6	21.8	21	21	20	20.5
1	13.0	14.7	14.7	18.0	17.8	18.8	20.5	17.6	16.5
2	11.0	13.0	13.0	15.5	14.3	16.5	20.0	16.0	14.8
3	9.5	11.6	11.7	13.5	11.1	15.0	19.3	14.5	12.4
4	7.5	9.9	10.5	9.8	8.2	13.0	19.0	13.9	11.1

Tabel A.2.5 Kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan F setiap layer

<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>Analisa Awal (%)</b>	<b>Lapisan 1 (%)</b>	<b>Lapisan 2 dan 3 (%)</b>	<b>Lapisan 4 (%)</b>
menit 1	0.058	0.02	0.029	0.009
menit 2	0.058	0.02	0.032	0.006
menit 3	0.058	0.02	0.034	0.004
menit 4	0.058	0.01	0.038	0.01

<b>F</b>	<b>Analisa Awal (%)</b>	<b>Lapisan 1 (%)</b>	<b>Lapisan 2 dan 3 (%)</b>	<b>Lapisan 4 (%)</b>
menit 1	0.24	0.00015	0.00379	0.23606
menit 2	0.24	0.00015	0.00371	0.23614
menit 3	0.24	0.00015	0.00369	0.23616
menit 4	0.24	0.00017	0.00361	0.23622

## **BIODATA PENULIS**



### **Yumna Dian Pawitra**

Penulis dilahirkan di Magelang, 20 Maret 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Magelang 6, SMP Negeri 1 Magelang, SMAN 1 Magelang, S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Pertamina (Persero) RU IV Balikpapan, Kalimantan Timur.

Email : yumnadp31@gmail.com

## **BIODATA PENULIS**



### **Irham Raditya Putra**

Penulis dilahirkan di Bogor, 16 Juni 1995, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Panaragan 2 Bogor, SMP Negeri 4 Bogor, SMAN 5 Bogor, S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Pertamina EP Field IV Cepu, Jawa Tengah.

Email : [irhamraditya.bogor@gmail.com](mailto:irhamraditya.bogor@gmail.com)