



BAB IX

URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1 Latar Belakang

PT Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terlengkap di Indonesia, yang dimana PT Petrokimia Gresik ini memproduksi berbagai macam pupuk dan bahan kimia untuk solusi agroindustri. Hal ini ditunjang dengan tiga unit produksi antara lain unit produksi I (unit produksi pupuk nitrogen), Unit Produksi II (Unit Pupuk Fosfat) yang terbagi atas unit IIA dan IIB, serta unit produksi III (Unit Asam Fosfat) yang terbagi atas unit III A dan III B. Unit Produksi asam fosfat merupakan salah satu penyuplai daya terbesar dalam PT Petrokimia Gresik. Kandungan asam fosfat yang terdiri atas P_2O_5 , suspensid solid, dan sludge. Dimana pada unit ini kadar asam fosfat yang terbentuk melalui proses hemihidrat hingga berubah menjadi dihidrat.

Batuan fosfat dan asam sulfat merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam produksi asam fosfat. Tahap penanganan, tahap penggilingan, tahap reaksi hemihidrat dan dihidrat, tahap penyaringan, tahap recovery, dan tahap konsentrasi terdiri dari proses pembuatan asam fosfat di fasilitas PT Petrokimia Gresik. Tahap konsentrasi. Langkah-langkah ini sangat penting dalam mencapai tingkat produksi setinggi mungkin. Prosedur konsentrasi merupakan langkah yang paling penting dalam mencapai kadar P_2O_5 sebesar 54%. Selama proses konsentrasi, kadar P_2O_5 meningkat dari 40% menjadi 54% dalam asam fosfat pekat.

Selain itu, proses filtrasi pada proses produksi asam fosfat III B tidak berlangsung dengan baik. Proses kristalisasi gypsum pada reaksi hemihydrate dan dihydrate memiliki bentuk kristal yang kecil serta % P_2O_5 recovery yang rendah. Pada pabrik asam fosfat III B telah mencoba menambahkan silika powder dari hasil samping pabrik AlF_3 . Namun silika memiliki kekurangan yaitu dapat membentuk scalling pada dinding reaktor dan dapat menyumbat aliran. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi efisiensi vaporizer pada unit konsentrasi agar produk yang dihasilkan kualitasnya tidak menurun dan pengujian crystal modifier dengan



harapan memperbesar bentuk kristal supaya proses filtrasi berjalan dengan baik serta meningkatkan % P_2O_5 pada asam fosfat.

IX.2 Evaluasi Efisiensi Vaporizer dan Crystal Modifier pada Kristalisasi Gypsum

IX.2.1 Vaporizer

Vaporizer adalah alat yang digunakan untuk mengubah cairan menjadi uap. Vaporizer dapat digunakan untuk berbagai jenis cairan, bukan hanya air. Prinsip kerja dari vaporizer yaitu dengan memanaskan cairan hingga mencapai titik didihnya, sehingga mengubahnya menjadi uap (Faputri, 2016). Uap yang dihasilkan dapat digunakan dalam proses kimia. Vaporizer memiliki 3 jenis yaitu antara lain vaporizer konduksi dengan cara Memanaskan cairan dengan langsung menyentuh elemen pemanas, lalu ada vaporizer konveksi dengan Memanaskan udara yang kemudian melewati cairan untuk menghasilkan uap, dan vaporizer radiasi dengan Menggunakan energi radiasi untuk memanaskan cairan. Operasional proses penguapan apabila menggunakan hanya satu evaporator dinamakan menggunakan Single Evaporator, evaporator ini digunakan untuk memekatkan larutan dari encer menjadi larutan yang tidak terlalu pekat dengan menggunakan steam yang minimal. Pada Pabrik Asam Fosfat III B menggunakan alat vaporizer untuk memekatkan asam fosfat 40% menjadi minimal 48%. Kemudian uap dialirkan ke mist separator untuk dipisahkan antara asam fosfat yang terikut oleh uap dan uap berupa H_2O dan Flourine.

Perhitungan efisiensi evaporator mencakup 4 tahap yaitu perhitungan Neraca Massa, Neraca Energi, Steam Ekonomi, dan Efisiensi. Berikut penjabaran tentang perhitungan efisiensi evaporator :

1) Perhitungan Neraca Massa

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni: massa tak dapat dijelmakan atau dimusnahkan. Prinsip umum neraca massa adalah membuat sejumlah persamaan-persamaan yang



saling tidak tergantung satu sama lain, dimana persamaan-persamaan tersebut jumlahnya sama dengan jumlah komposisi massa yang tidak diketahui. Persamaan neraca massa untuk evaporator adalah :

A. Neraca Massa Overall

$$F = V + L$$

B. Neraca Massa Komponen

$$F \cdot X_f = V \cdot y + L \cdot X_l$$

Keterangan :

F = Feed masuk (Kg/jam)

X_f = Fraksi feed masuk

V = Vapor keluar (Kg/jam)

Y = Fraksi uap keluar

L = Liquid keluar (Kg/jam)

X_l = Fraksi liquid keluar

2) Perhitungan Neraca Energi

Neraca energi adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara energi masuk dan energi keluar suatu sistem yang berdasarkan pada satuan waktu operasi. Persamaan neraca energi evpaorator adalah :

$$F \cdot h_F + S \cdot H_s = L \cdot h_L + V \cdot H_v + C \cdot h_c + Q$$

Dimana Q adalah panas yang hilang karena radiasi dari evaporator ke udara sekeliling, apabila kehilangan panas karena radiasi diabaikan maka Q = 0 dan semua steam akan terkondensasi sehingga S = C , sehingga persamaan menjadi :

$$F \cdot h_F + S(H_s - h_c) = L \cdot h_L + V \cdot H_v$$

$$F \cdot h_F + S \cdot H_s = L \cdot h_L + V \cdot H_v + C \cdot h_c + Q$$

Keterangan :

S = Steam (Ton/jam)

h_F = Entalpi Liquid Masuk (Btu/lb)

H_s = Entalpi Saturated Vapor (Steam) (Btu/lb)

h_c = Entalpi Liquid Condensate/Steam (Btu/lb)

h_L = Entalpi Liquid Keluar (Btu/lb)

h_v = Entalpi Saturated Vapor (Btu/lb)

3) Perhitungan Steam Ekonomi

Untuk Single Evaporator, nilai Steam Ekonomi yaitu $V/S \leq 1$

4) Perhitungan Efisiensi

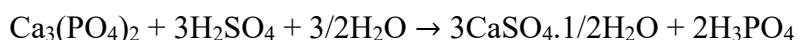
Perhitungan efisiensi evaporator adalah perbandingan data steam teoritis dan aktual yaitu sebagai berikut :

$$Efisiensi = \frac{Steoritis}{Saktual} \times 100\%$$

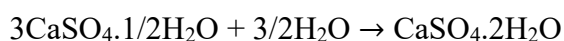
IX.2.2 Crystal Modifier Asam Fosfat

Dalam pembuatan asam fosfat dengan proses hemihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) dan dihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) menghasilkan produk samping berupa Phospho Gypsum. Berikut reaksi hemihydrate dan dihydrate :

1. Reaksi Hemihydrate



2. Reaksi Dihydrate



Pada proses pembuatan asam fosfat hal yang paling penting adalah proses kristalisasi. Kristalisasi gypsum akan mempengaruhi hasil filtrasi, semakin kecil ukuran kristal gypsum maka semakin banyak gypsum yang lolos ke produk asam fosfat. Hal ini akan mempengaruhi kandungan P_2O_5 pada produk asam fosfat (Manar, 2016).

Berbagai macam crystal modifier untuk memperbaiki proses kristalisasi pada gypsum antara lain Dodecyl Benzene Sulfonic Acid (DBSH) and sodium Diisooctil Sulfo Succinate (SSNa) (Rocha, 1995), aluminium sulfat, clay, aluminium hidroksida, silika aktif, polymers, MgO, asam karboksilat, dan surfaktan (Manar, 2016), asam sulfonat, garam asam sulfonat, dll (US Patent 4,196,172, 1980). Pada (US Patent 4,196,172) diketahui bahwa rekomendasi crystal modifier mengandung unsur karbon 12-30 ($\text{C}_{12} - \text{C}_{30}$) dan memiliki unsur sulfonat (SO_3).



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PT. PETROKIMIA GRESIK
DEPARTEMEN PRODUKSI III B**



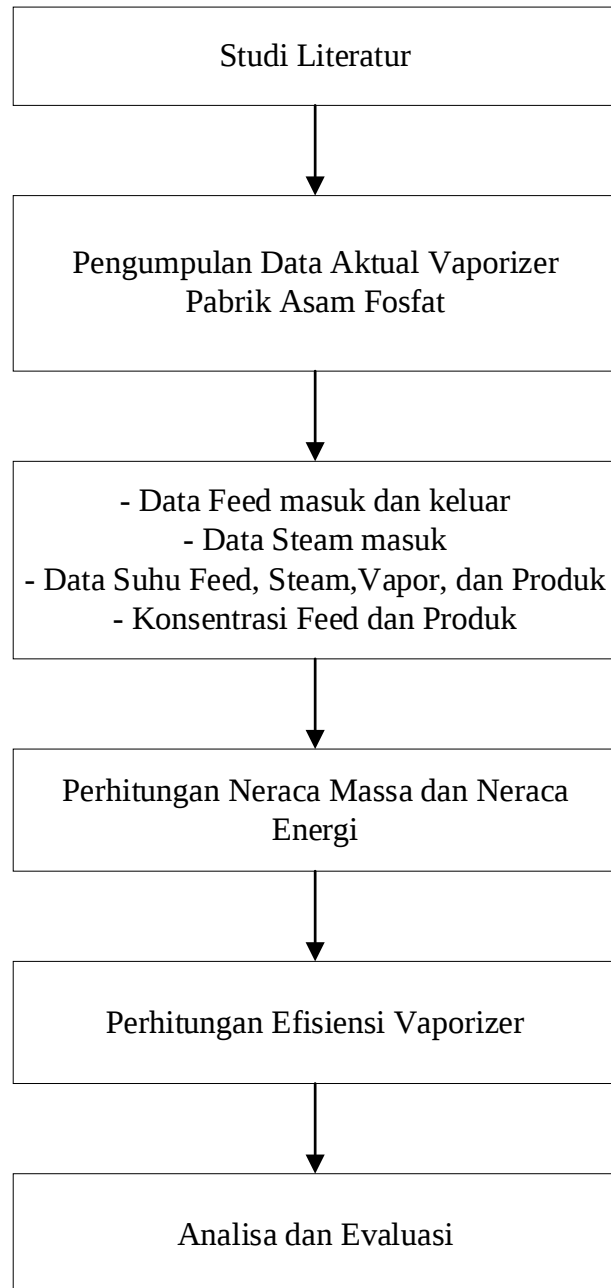
**PETROKIMIA
GRESIK**
Solusi Agroindustri

Kami memilih surfaktan sebagai crystal modifier karena beberapa hal, antara lain pada produksi IIIB telah memproduksi surfaktan dengan spesifikasi mempunyai unsur karbon 17 (C_{17}) dan mengandung sulfonat (SO_3) sehingga dapat mengurangi biaya untuk membeli crystal modifier. Adanya silika sebagai produk samping dari pabrik AlF_3 juga dapat berfungsi sebagai crystal modifier, namun silika dapat menyebabkan scaling pada reaktor dan akan mempersulit maintenance (Permana, 2017).

IX.3 Metodologi Pemecahan Masalah

1. Efisiensi Vaporizer

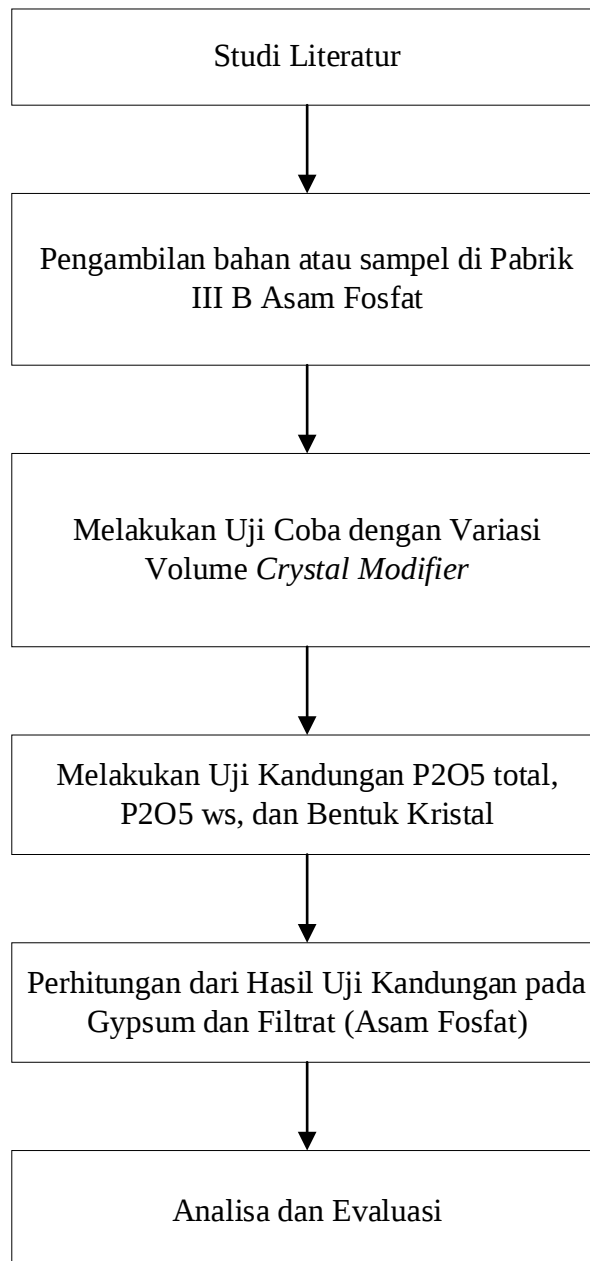
Pengumpulan data untuk menentukan efisiensi vaporizer adalah kondisi operasi vaporizer meliputi data feed masuk dan keluar, steam, suhu feed, steam, vapor, dan produk, serta konsentrasi feed dan produk.



Gambar IX. 1 Diagram Metodologi Efisiensi Vaporizer

2. Crystal Modifier Asam Fosfat

Pengujian crystal modifier meliputi studi literatur, pengambilan sampel, uji coba dengan variasi volume crystal modifier, uji kandungan pada cake dan filtrat, dan uji bentuk kristal sebelum dan sesudah ditambahkan crystal modifier.



Gambar IX. 2 Diagram Metodologi Crystal Modifier Asam Fosfat

IX.4 Hasil dan Pembahasan

IX.4.1 Hasil Perhitungan dan Pembahasan Data Desain Vaporizer Awal Pabrik Didirikan Tahun 2013

Tabel IX. 1. Data Desain Awal Pabrik Didirikan Tahun 2013

Data	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Feed	80	Ton/jam	80000	Kg/jam
Produk	59,26	Ton/jam	59259	Kg/jam
Vapor	20,74	Ton/jam	20740	Kg/jam
Steam	27,58	Ton/jam	27580	Kg/jam
XF	0,4			
XL	0,54			
T Feed	50	°C	122	°F
T Produk	88	°C	190	°F
T Steam	133	°C	271	°F
T Vapor	88	°C	190	°F
P Steam	2	bar		

Dari data tabel IX.2 didapatkan feed dan steam yang masuk ke vaporizer berturut-turut sebesar 80 ton/jam dan 20,74 ton/jam. Vapor dan produk asam fosfat yang keluar dari vaporizer sebesar 20,74 ton/jam dan 59,26 ton/jam. Feed yang masuk yaitu asam fosfat dengan konsentrasi 40% dan produk asam fosfat yang keluar vaporizer dengan konsentrasi 54%. Sehingga dapat dihitung nilai efisiensi vaporizer awal didirikan yaitu sebesar 100%. Hasil analisa yang dilakukan berdasarkan seberapa banyak air (H₂O) yang diuapkan pada alat vaporizer. Pada alat vaporizer tersebut dapat memekatkan asam fosfat konsentrasi 40% menjadi 54%. Feed yang masuk dipompa oleh P-2351 menuju ke Heater (E-2501) untuk dipanaskan pada suhu 133°C dengan bantuan steam sebesar 27,68 Ton/jam. Kemudian Feed dialirkan ke vaporizer (D-2501) untuk dipekatkan pada suhu 90°C dari konsentrasi 40% menjadi 54%. Setelah itu Feed keluar menuju cooling tank untuk didinginkan sebelum menuju Storage Product Tank. Perhitungan efisiensi vaporizer yaitu perbandingan Steoritis dengan Saktual yaitu sebesar 100%. Dengan kata lain, vaporizer sangat bagus untuk digunakan karena energi yang dibutuhkan sudah sesuai dengan produk yang dihasilkan. Oleh karena itu steam yang dibutuhkan sudah sesuai dengan feed yang masuk.

IX.4.2 Hasil Perhitungan dan Pembahasan Data Aktual Vaporizer Tahun 2024

Tabel IX. 2. Data Aktual Vaporizer Pabrik III B Asam Fosfat

Data	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Feed	50	Ton/jam	50000	Kg/jam
Produk	37	Ton/jam	37037,037	Kg/jam
Vapor	12,963	Ton/jam	12962,963	Kg/jam
Steam	20	Ton/jam	20000	Kg/jam
XF	0,4			
XL	0,54			
T Feed	58	°C	136	°F
T Produk	78	°C	172	°F
T Steam	120	°C	248	°F
T Vapor	88	°C	190	°F
P Steam	1,36	bar		

Dari data tabel IX.2 didapatkan feed dan steam yang masuk ke vaporizer berturut-turut sebesar 50 ton/jam dan 20 ton/jam. Vapor dan produk yang keluar dari vaporizer sebesar 12,963 ton/jam dan 27 ton/jam Feed yang masuk yaitu asam fosfat dengan konsentrasi 40% dan produk asam fosfat yang keluar vaporizer dengan konsentrasi 54%. Dari kondisi operasi yang ada pada tabel IX.2 dapat dihitung nilai efisiensi vaporizer yaitu sebesar 78%. Hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa adanya penurunan sekitar 22%. Hal tersebut bisa terjadi karena beberapa faktor yaitu

1. Alat yang sudah lama pakai sehingga butuh maintenance
2. Feed rate yang berkurang akibat pergantian batuan fosfat yang berbeda kandungan P_2O_5 sehingga konsentrasi yang dihasilkan bermacam-macam
3. Adanya scaling didalam alat karena masih terdapat kandungan silica yang menyebabkan scale pada dinding-dinding vaporizer

Oleh karena itu faktor penurunan efisiensi vaporizer bukan keseluruhan dari alatnya, namun dari feed yang masuk dengan komposisi dan konsentrasi yang bermacam-macam dan adanya silica yang menyebabkan kerak yang menyebabkan efisiensi vaporizer menurun.

IX.4.3 Hasil Pengamatan dan Uji Crystal Modifier

Pada pengujian crystal modifier ini menggunakan sampel dari slurry seal tank. Slurry pada seal tank telah melewati proses hemihydrate yang selanjutnya akan difiltrasi dan filtrat akan dialirkan ke unit concentration untuk dipekatkan. Percobaan crystal modifier menggunakan slurry seal tank sebanyak 400 ml dan kemudian akan ditambahkan surfaktan dengan variasi volume. Hasil uji crystal modifier dapat dilihat pada tabel IX.3 dan IX.4 dibawah ini :

Tabel IX. 3 Hasil Kandungan Crystal Modifier Pada Cake

No.	Variabel	Kandungan Pada Cake	
		Hemihydrate (Seal Tank)	
		P ₂ O ₅ Ws (%)	P ₂ O ₅ Total (%)
1	Tanpa Surfaktan	5,8	11,07
2	Surfaktan (1ml)	5,8	11,14
3	Surfaktan (1,5ml)	5,88	10,68
4	Surfaktan (2ml)	5,74	10,89

Tabel IX. 4 Hasil Kandungan Crystal Modifier Pada Filtrat

No.	Variabel	Kandungan Pada Filtrat
		Hemihydrate (Seal Tank)
		P ₂ O ₅ (%)
1	Tanpa Surfaktan	24,85
2	Surfaktan (1ml)	26,21
3	Surfaktan (1,5ml)	29,53
4	Surfaktan (2ml)	28,53

Pada tabel IX.3 dan IX.4 diperoleh hasil kandungan P₂O₅ pada cake dan filtrat. Pengujian kandungan P₂O₅ ini menggunakan alat spectrometri. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa, semakin banyak volume surfaktan maka semakin tinggi % P₂O₅. Kandungan P₂O₅ total (%w) tanpa penambahan surfaktan, penambahan surfaktan 1 ml, 1,5 ml, dan 2 ml berturut-turut sebesar 11,07 % ; 11,14% ; 10,68% ; 10,89%. Sedangkan kandungan P₂O₅ WS (Water Solubility) (%w) tanpa



penambahan surfaktan, penambahan surfaktan 1 ml, 1,5 ml, dan 2 ml berturut-turut sebesar 5,8 % ; 5,8 % ; 5,88 % ; 5,74 %. Pada filtrat kandungan P_2O_5 (%w) tanpa penambahan surfaktan, penambahan surfaktan 1 ml, 1,5 ml, dan 2 ml berturut-turut sebesar 24,85 % ; 26,21 % ; 29,53 % ; 28,53 %. Namun pada penambahan volume surfaktan 2 ml mengalami penurunan % P_2O_5 pada filtrat. Hal ini bisa terjadi karena kandungan SO_3 yang telah jenuh sehingga tidak bisa lagi bereaksi pada proses hemihydrate. Dari hasil percobaan crystal modifier ini kami menyimpulkan bahwa surfaktan dapat meningkatkan % P_2O_5 pada produk asam fosfat dan mengurangi P_2O_5 pada gypsum. Hasil terbaik menunjukkan pada volume slurry seal tank 400 ml dan volume surfaktan 1,5 ml yaitu P_2O_5 pada filtrat sebesar 29,53 %, dan P_2O_5 pada cake/gypsum sebesar 10,68 % (P_2O_5 Total) dan 5,88 % (P_2O_5 WS).

Penambahan surfaktan ini seharusnya dilakukan pada digester 1 dan/atau reaktor 2 sesuai pada (US Patent 4,196,172, 1980) yang menyatakan penambahan crystal modifier disarankan pada reaktor 2 dan/atau reaktor 1. Namun terkendala pengambilan sampel di pabrik karena shutdown (maintenance). Kami telah mencoba penambahan surfaktan pada digester 2 dengan skala laboratorium yaitu menggunakan slurry sebanyak 315 ml, H_2SO_4 98% sebanyak 9 ml, dan Return Acid sebanyak 8 ml. Komposisi ini diperoleh dari perhitungan PFD Pabrik Asam Fosfat III B. Berikut hasil kandungan P_2O_5 pada filtrat setelah penambahan surfaktan sebanyak 8 ml.

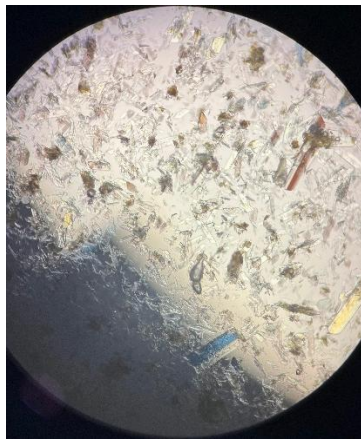
Tabel IX. 5 Hasil Kandungan P_2O_5 Pada Filtrat Setelah Penambahan Surfaktan 8ml.

No	Variabel	Kandungan Pada Filtrat
		Hemihydrate (Digester 2)
		P_2O_5 (%)
1	Tanpa Surfaktan	46,49
2	Surfaktan 8 ml	49,19

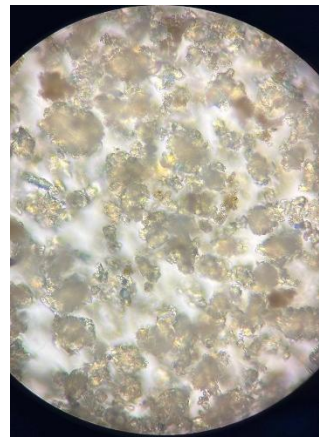
Dari tabel IX.5 didapatkan bahwa adanya peningkatan % P_2O_5 dengan penambahan surfaktan sebanyak 8 ml yaitu dari 46,49 % menjadi 49,19 %. Peningkatan % P_2O_5 dari 24,85 % pada seal tank dan 46,49 % pada digester 2 karena pada pengambilan sampel slurry digester 2, sampel didiamkan sekitar 1

minggu karena laboratorium ada banyak pengerjaan sampel dan hal lainnya. Penambahan surfaktan juga berfungsi sebagai antifoam karena sebelum ditambahkan surfaktan saat pengadukan sampel di digester 2 menimbulkan foam yang tingginya 2x lipat tinggi sampel. Ketika ditambahkan surfaktannya di digester 2 tidak menimbulkan foam.

Saat pengecekan uji kristal dengan alat mikroskop, diperoleh bentuk kristal yang masih kecil. Bentuk kristal dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar IX. 3 Kristal Gypsum dari Hydration Tank yang Telah Ditambahkan Surfaktan



Gambar IX. 4 Kristal Gypsum dari Seal Tank yang Telah Ditambahkan Surfaktan

Pada gambar IX.3 dan IX.4 dapat dilihat ada perbedaan bentuk kristal dari proses hemihydrate dan dihydrate. Pada gambar IX.4 proses hemihydrate bentuk kristal masih kecil sehingga memungkinkan cake gypsum lolos saat filtrasi. Sedangkan pada gambar IX.3 proses dihydrate memiliki bentuk kristal yang lebih besar sehingga proses filtrasi yang bagus (tidak ada cake yang lolos). Sehingga dapat dikatakan bahwa proses perubahan bentuk kristal telah berhasil menggunakan surfaktan dan meningkatkan %P₂O₅ recovery pada produk asam fosfat.