

**PRA-RANCANGAN PABRIK KALSIMUM SULFAT ANHIDRAT DARI GIPSUM DENGAN PROSES KALSINASI KAPASITAS 287.000 TON/TAHUN**

Revi Setia Wibowo<sup>1</sup>, Muhammad Yongki Ivan Sugesta<sup>1,\*</sup>, Boy Prakoso Gunawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Jember, Jawa Timur 68121

\*E-mail: [yovan664@gmail.com](mailto:yovan664@gmail.com)

**Abstrak**

Perkembangan teknologi yang kini semakin pesat mendorong berkembangnya pembangunan sektor industri di dunia, khususnya di bidang industri kimia. Kalsium sulfat anhidrat merupakan salah satu bahan kimia yang memiliki nilai impor tinggi yaitu sebesar 23.276,834 ton. Kebutuhan kalsium sulfat anhidrat yang tinggi belum diimbangi dengan suplai dari dalam negeri yang memadai. Untuk memenuhi kebutuhan kalsium sulfat anhidrat di dalam negeri, Indonesia masih mengimpor dari Malaysia dan China. Meningkatkan kebutuhan kalsium sulfat anhidrat menjadikan pabrik kalsium sulfat anhidrat ini berpotensi didirikan di Indonesia. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 287.000 ton/tahun dengan waktu operasi adalah selama 330 hari/tahun. Bahan baku yang dibutuhkan yaitu gipsum sebanyak 362.970,5883 ton/tahun. Proses produksi terbagi menjadi 4 tahapan yaitu penyimpanan bahan baku, penghancuran, kalsinasi, dan pendinginan produk. Pabrik ini akan beroperasi di Dudusampeyan, Gresik, Jawa Timur dengan estimasi mulai beroperasi pada 2027. Berdasarkan hasil evaluasi analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik kalsium sulfat anhidrat dari bahan baku gipsum dengan proses kalsinasi kapasitas 287.000 ton/tahun layak untuk didirikan dengan rincian Pay Out Time (POT) 3,9 tahun, Rate of Return (ROR) 30,48%, dan Break Even Point (BEP) sebesar 48,93%.

**Kata kunci :** gipsum, kalsinasi, kalsium sulfat anhidrat.

**1. Pendahuluan**

Indonesia sekarang ialah negara berkembang yang sedang giat melaksanakan pembangunan dalam berbagai bidang, baik secara mental ataupun fisik. Perkembangan pembangunan ini juga terjadi pada sarana dan prasarana di Indonesia. Perkembangan pembangunan ini juga terjadi pada sarana dan prasarana di Indonesia. Dengan berkembangnya pembangunan sarana fisik di Indonesia, maka kebutuhan akan semen serta bahan bangunan lainnya seperti wallboard juga mengalami peningkatan. (Dutrizac. J.E et al., 2008). Produk olahan gipsum tersedia pada bentuk bubuk hemihidrat yang diperoleh dari proses kalsinasi. Gipsum yang diproses dengan proses kalsinasi suhu melebihi 130°C akan kehilangan kandungan air lebih lanjut serta membentuk kalsium sulfat anhidrat (CaSO<sub>4</sub>) (Wahyuning A, 2017). Terdapat 5 fase kondisi sistem CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, empat fase dibawah merupakan kondisi normal. Fase - fase tersebut kalsium sulfat dihidrat, kalsium sulfat hemihidrat, kalsium sulfat anhidrat (III), kalsium sulfat anhidrat (II) dan kalsium sulfat anhidrat (I). (Bensted J, 1995) dan (Luckevich L, 2000).

Berdasarkan data yang diperoleh dari UNComrade jumlah impor kalsium sulfat anhidrat selama kurun waktu 2014 hingga 2018 dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Data Impor Kalsium Sulfat Anhidrat di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Kenaikan (%)
2014	51.700,466	-
2015	8.980,83	-82,62%
2016	20.716,541	130,67%
2017	6.484,764	-68,7%
2018	23.276,834	258,94%
Rata - rata		59,5%

Dari data yang diuraikan tabel 1 diketahui % rata-rata pertumbuhan impor yaitu sebesar 59,5%. Jika pabrik direncanakan akan selesai dibangun dan beroperasi pada tahun 2025, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan discounted sesuai persamaan 1.1.

$$m_5 = P(1 + i)^n \tag{1.1}$$

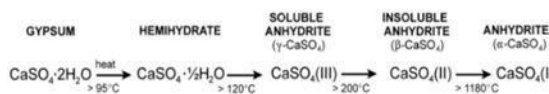
dengan,

m<sub>5</sub> = nilai impor di Indonesia pada tahun 2025 (ton/tahun)

P = nilai impor di Indonesia pada tahun 2018 (ton/tahun)

i = pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

n = selisih tahun yang diperhitungkan



Perkiraan konsumsi dalam negeri pada tahun 2025:

$$\begin{aligned} m_5 &= P(1+i)^n \\ &= 23.276,834 (1+0,595)^7 \\ &= 611.292,01 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan data yang diperoleh dari UN Comrade jumlah ekspor kalsium sulfat anhidrat selama kurun waktu 2014 hingga 2018 dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Data Ekspor Kalsium Sulfat Anhidrat di Indonesia

Tahun	Ekspor (ton/tahun)	Kenaikan (%)
2014	999,624	-
2015	8.058,938	706,2%
2016	815,96	-82,62%
2017	6.024,226	638,3%
2018	370,983	-93,84%
Rata - rata		290,2%

Dari data yang diuraikan tabel 2 diketahui % rata-rata pertumbuhan impor yaitu sebesar 290,2% Jika pabrik direncanakan akan selesai dibangun dan beroperasi pada tahun 2025, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan discounted sesuai persamaan 1.2.

$$m_4 = P(1+i)^n \quad (1.2)$$

dengan,

$m_4$  = nilai ekspor di Indonesia pada tahun 2025 (ton/tahun)

$P$  = nilai ekspor di Indonesia pada tahun 2018 (ton/tahun)

$i$  = pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

$n$  = selisih tahun yang diperhitungkan

Perkiraan konsumsi dalam negeri pada tahun 2025:

$$\begin{aligned} m_4 &= P(1+i)^n \\ &= 370,983 (1+2,902)^7 \\ &= 5.109.340,71 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai kapasitas produksi dari pabrik kalsium sulfat anhidrat yang akan didirikan pada tahun 2025, maka dapat menggunakan persamaan 1.3, yakni sebagai berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 \quad (1.3)$$

dengan,

$m_1$  = nilai impor pada tahun 2025 (ton)

$m_2$  = produksi pabrik dalam negeri pada tahun 2025 (ton)

$m_3$  = kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan pada tahun 2025 (ton)

$m_4$  = nilai ekspor pada tahun 2025 (ton)

$m_5$  = nilai konsumsi dalam negeri pada tahun 2025 (ton)

Pabrik kalsium sulfat anhidrat berdiri sehingga impor diberhentikan, maka nilai  $m_1 = 0$  dan dikarenakan di Indonesia belum ada pabrik yang

memproduksi kalsium sulfat anhidrat, maka nilai  $m_2 = 0$ . Perkiraan kebutuhan dalam negeri kalsium sulfat anhidrat pada tahun 2025 diasumsikan sebagai nilai impor kalsium sulfat anhidrat di Indonesia pada tahun 2025, maka  $m_5 = 611.292,01$  ton/tahun.

Sehingga, kapasitas pabrik kalsium sulfat anhidrat yang akan didirikan pada tahun 2025 adalah:  $m_3 = m_4 + m_5 - (m_1 + m_2)$   
 $= 5.109.340,71 + 611.292,01 - (0 + 0)$   
 $= 5.720.632,72$  ton/tahun

Pabrik kalsium sulfat anhidrat yang akan didirikan ditargetkan dapat memenuhi 5% dari total peluang pemenuhan kebutuhan di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan suplai bahan baku yakni gipsum dari PT. Petrokimia Gresik hanya 800.000 ton/tahun. Karena alasan ini, maka kapasitas pada tahun 2025 menjadi:

$$\begin{aligned} m_3 &= 5.720.632,72 \text{ ton/tahun} \times 5\% \\ &= 286.031,636 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Maka diputuskan perancangan pabrik kalsium sulfat anhidrat yang akan didirikan pada tahun 2025 memiliki kapasitas sebesar 287.000 ton/tahun. Untuk kelebihan 968,364 ton atau sekitar 1000 ton akan di ekspor ke beberapa negara di asia seperti singapura, bruneidarussalam, dan hongkong.

## 2. Pemilihan proses

Pada umumnya di dalam proses pembuatan kalsium sulfat anhidrat hanya dengan cara kalsinasi batuan gipsum. Kalsinasi kalsium sulfat dihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) atau gipsum dapat memproduksi 2 produk, kalsium sulfat hemihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dan kalsium sulfat anhidrat ( $\text{CaSO}_4$ ). Proses yang membedakan produksi dua produk ini adalah suhu yang dipakai pada saat proses kalsinasi. (Sadeghiamirshahidi & Vitton, 2019).

Kalsium sulfat anhidrat memiliki 2 jenis yakni *soluble* dan *insoluble*. Kedua produk ini memiliki beberapa perbedaan seperti: *soluble calcium sulphate anhydrate* sedikit lebih larut dibandingkan dengan *insoluble calcium sulphate anhydrate*, hal ini dikarenakan bentuk kristal mikromolekul antara kedua senyawa ini berbeda. Molekul kristal pada *soluble calcium sulphate anhydrate* lebih mirip dengan bentuk kristal kalsium sulfat hemihidrat, yaitu berbentuk hexagonal sedangkan untuk *insoluble calcium sulphate anhydrate* memiliki bentuk kristal orthorhombic. (Kirk-Othmer, 2004). Perbedaan lainnya adalah proses produksi dari kedua senyawa ini, *soluble calcium anhydrate* membutuhkan suhu operasi hingga 200°C sedangkan untuk *insoluble*



*calcium sulphate anhydrate* membutuhkan suhu operasi lebih tinggi, yaitu  $>200^{\circ}\text{C}$ . Pada pembuatan kalsium sulfat anhidrat dari gipsum ini, proses kalsinasi dapat dibedakan menjadi dua tergantung pada alat kalsinasi serta suhu operasi yang digunakan. Terdapat 2 tipe kalsinasi yaitu kalsinasi dengan menggunakan vertikal kiln dan kalsinasi dengan menggunakan horizontal kiln.

**Tabel 3.** Perbandingan Proses Pembuatan Kalsium Sulfat Anhidrat

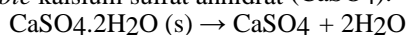
Pembatas	Nama Proses	
	Vertikal	Horizontal/ Rotary
Bahan baku	Gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	Gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
Alat Utama	Vertical shaft kiln	Rotary kiln
Ukuran Produk	100 mesh	100 mesh
Operasi	150 menit	15 – 40 menit
Suhu	$150^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$	$200^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$
Peralatan	Sederhana	Kompleks
Produk	Soluble calcium sulphate anhydrite	Insoluble calcium sulphate anhydrite

Dari tabel 3 diatas, dipilih proses pembuatan kalsium sulfat anhidrat dari gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dengan proses kalsinasi menggunakan rotary kiln dengan faktor - faktor:

- Produk yang dihasilkan adalah *insoluble* kalsium sulfat anhidrat
- Insoluble* kalsium sulfat anhidrat digunakan untuk produksi semen
- Mudah dioperasikan
- Biaya produksi rendah
- Produk berkualitas lebih tinggi

## 2.1 Uraian Proses

Kalsium sulfat hemihidrat  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  akan terbentuk pada suhu sekitar  $>95^{\circ}\text{C}$ , jika suhu dinaikkan hingga  $>200^{\circ}\text{C}$  akan terbentuk produk *insoluble* kalsium sulfat anhidrat ( $\text{CaSO}_4$ ). (Sadeghiamirshahidi & Vitton, 2019). Peningkatan suhu proses hingga  $>200^{\circ}\text{C}$  akan melepaskan sisa molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang tersisa dan membentuk *insoluble* kalsium sulfat anhidrat ( $\text{CaSO}_4$ ).



Kalsium sulfat anhidrat juga dibagi menjadi 2 tipe, *soluble anhydrite* dan *insoluble anhydrite*, dimana kedua tipe ini memiliki proses produksi yang sama namun memakai suhu yang berbeda. Suhu kalsinasi  $120^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$  akan menghasilkan *soluble anhydrite*, suhu diatas

$200^{\circ}\text{C}$  akan menghasilkan *insoluble anhydrite* (Van Der Merwe et al., 2004). Terdapat 3 tahapan dalam produksi kalsium sulfat yang diperoleh dari kalsinasi gipsum, yaitu penghancuran, kalsinasi, dan pendinginan.

### 1) Penghancuran

Proses ini melibatkan penghancuran dari padatan gipsum menggunakan jaw crusher (C-110) hingga ke bentuk yang diinginkan, biasanya butiran sebesar 10 – 50 mesh. Setelah padatan gipsum dihancurkan, butiran tersebut disalurkan ke vibration screen (H-112) untuk menyamakan bentuk butiran. Butiran yang masih terlalu besar akan di masukkan kembali ke dalam jaw crusher (C-110) menggunakan bucket conveyor (J-113) untuk di hancurkan hingga ke bentuk yang diinginkan. Butiran yang sesuai dengan bentuk yang diinginkan akan dilanjutkan ke proses kalsinasi.

### 2) Kalsinasi

Dalam proses ini butiran gipsum yang telah dihancurkan akan dimasukkan ke dalam rotary kiln (B-120) menggunakan conveyor (J-114). Pada proses ini butiran gipsum dipanaskan hingga  $350^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu ini seluruh molekul air yang terdapat dalam butiran gipsum akan menguap dan terbentuklah butiran *insoluble calcium sulphate anhydrite* atau *anhydrite II*.

### 3) Pendinginan

Produk kalsinasi yang berupa *insoluble calcium sulphate anhydrite* akan didinginkan di dalam grate cooler (J-130) hingga suhu  $<100^{\circ}\text{C}$ . Setelah butiran *insoluble calcium sulphate anhydrite* didinginkan akan dibawa ke ball mill (C-130) untuk dihaluskan hingga 100 mesh. Butiran yang telah dihaluskan akan disaring kembali melalui vibrating screen (H-141) untuk menyamakan butirannya. Butiran yang masih terlalu besar akan dikembalikan ke ball mill (C-140) menggunakan bucket conveyor (J-142). Butiran *insoluble calcium sulphate anhydrite* yang telah disaring akan disimpan di dalam silo (F-150) dengan bantuan conveyor (J-144).

## 3. Utilitas

Unit penunjang atau unit utilitas merupakan unit yang membantu dalam kelancaran produksi dalam sebuah pabrik. Terdapat beberapa unit utilitas yang umumnya terpasang pada sebuah pabrik yaitu:

### 1. Unit Penyediaan Air

Penyediaan air untuk pabrik ini akan diambil dari beberapa sumber yaitu air sungai, air waduk, dan air PDAM. Air PDAM akan digunakan untuk sanitasi dan kebutuhan sehari – hari sedangkan untuk air sungai dan waduk akan digunakan pada proses pabrik dengan air sungai sebagai sumber utamanya.



## 2. Unit Pengadaan Steam

Pada perencanaan pabrik kalsium sulfat anhidrat dibutuhkan alat untuk menunjang kebutuhan steam yang akan digunakan untuk memanaskan udara. Alat tersebut dapat menggunakan boiler yang berfungsi memanaskan air menjadi steam lalu disalurkan ke heat exchanger. Spesifikasi boiler yang dibutuhkan:

Nama : Boiler  
 Tipe : *Fire Tube Boiler*  
*Heating Surface* : 4,110320636 ft<sup>2</sup>  
 Kapasitas : 82,95418643 kg/jamSuhu steam: 360°C / 680°F  
 Jumlah : 1 unit

## 3. Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan pasokan listrik untuk pabrik kalsium sulfat anhidrat dari gipsum akan dipenuhi oleh 2 sumber, PLN dan Generator. Sumber listrik utama akan disalurkan melalui PLN sedangkan pemakaian generator akan dipakai sewaktu-waktu saluran yang berasal dari PLN mengalami gangguan. Generator yang digunakan adalah generator tipe AC. Generator yang akan dipakai sewaktu – waktu saluran aliran listrik dari PLN terganggu memiliki efisiensi sebesar 80%, sehingga harus dipersiapkan generator yang memiliki input generator sebesar = 675,96 kW. Dipilih generator dengan daya input 1000 kW dan memiliki cadangan daya sebesar = 324 kW.

## 4. Unit Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang akan digunakan untuk menggerakkan boiler dan generator pada pabrik. Bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan boiler adalah fuel oil sedangkan generator adalah solar. Fuel oil yang dibutuhkan untuk menggerakkan boiler sebanyak 7,5 kg/jam, sedangkan solar yang dibutuhkan untuk menggerakkan generator sebanyak 98,7 kg/jam.

## 5. Unit Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah tersebut didasarkan pada jenis buangnya:

### a. Pengolahan air buangan sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet dikawasan pabrik dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi. Campuran yang berupa padatan dan cairan terlebih dahulu dipecah bahan - bahan organiknyadengan menggunakan lumpur aktif dan sistem aerasi yang terdiri dari bak bersistem *overflow* dan desinfektan klorin ditambahkan untuk membunuh mikroorganisme yang menimbulkan penyakit. Air yang telah diolah dan memenuhi syarat pembuangan dialirkan ke kolam penampung.

b. Pengolahan bahan buangan padatan Limbah padat berupa lumpur atau pasir yang dihasilkan dari unit pengolahan air.

## 4. Evaluasi Ekonomi

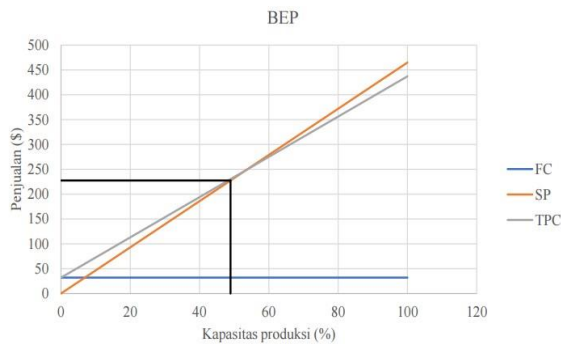
Analisa ekonomi perlu dilakukan agar mengetahui berapa besar keuntungan yang didapatkan oleh pabrik ini sehingga bisa dikategorikan layak atau tidaknya suatu pabrik didirikan. Pengembalian modal dilakukan saat mencapai titik impas atau *Break Even Point*, di mana uang atau modal yang digunakan bersama tindakan khusus menghasilkan keuntungan atau kerugian (Fauziyah dkk., 2021). Dalam merancang pabrik baru, perlu mempertimbangkan dengan cermat faktor - faktor terkait modal dan biaya produksi yang saling terkait dan perlu dievaluasi. Selain itu, penjualan produk mencakup uang yang diperoleh dari hasil penjualan produk pada kapasitas produksi tertentu. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik kalsium sulfat anhidrat dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut.

**Tabel 4.** Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Range	Kelayakan
POT	3,9 tahun	2-5 tahun	Layak
ROR	30,48 %	11-44 %	Layak
BEP	48,93 %	40-50 %	Layak

*Rate of Return* (ROR) adalah laju pengembalian modal dengan mempertimbangkan laba dibagi dengan modal yang disediakan. ROR dapat membantu untuk menilai kelayakan suatu pabrik untuk beroperasi dengan membandingkan dengan bunga bank. Menurut Sari (2011), apabila ROR berada dibawah bunga bank, sebaiknya modal tersebut disimpan ke bank untuk pengembalian modal. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu yang dibutuhkan untuk melunasi seluruh pinjaman dan bunganya. POT menunjukkan berapa lama waktu pengembalian modal tetap. *Break even point* (BEP) dapat diartikan sebagai titik impas yang menunjukkan persentase kapasitas yang harus dicapai agar seluruh pinjaman lunas terbayar atau untuk mengetahui persentase kapasitas ketika biaya produksi total sama dengan total penjualan, perhitungan BEP yang meliputi *fixed cost* (FC), *selling price* (SP), dan *direct production cost* (DPC). Pabrik layak untuk didirikan, nilai BEP tidak terlalu besar maupun terlalu kecil. Nilai BEP yang dapat diterima adalah  $40\% < BEP < 50\%$  (Kusnarjo, 2010).





**Gambar 1.** Break Even Point

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomis pra-rancangan kalsium sulfat anhidrat dari gipsum dengan kapasitas 287.000 ton/tahun dapat disimpulkan bahwa pabrik dirancang pada tahun 2025 dan didirikan di Kecamatan Duduksampeyan, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur dengan total luas lahan sebesar 21.000 m<sup>2</sup>. Bentuk perusahaan adalah PT atau Perseroan Terbatas. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari Adapun jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 93 orang. Evaluasi ekonomi diperoleh persentase ROR sebesar 30,48% dan POT selama 3,9 tahun. Analisa titik BEP sebesar 48,93%. Dari analisa titik BEP dapat dikatakan bahwa pabrik kalsium sulfat anhidrat ini layak untuk dikaji lebih lanjut untuk dibangun.

## Daftar Pustaka

- A Wahyuning, Z. H. (2017). *Differetiation of Physical and Mechanical Properties Analysis of Self Made Gypsum Product with Raw Material from Tasikmalaya with Standar ISO and Factory Made*. Padjajaran J Dent, 20(3):143-148
- A. Tsuchiya, M. S. (2018). *Fabrication of Apatite-coated Gypsum Granules and Histological Evaluation Using Rabbits*. Ceram Int, 44(16).
- A., H. t. (2007). *Effect Temperature on Scaling of Calcium Sulfate in Pipe*. Powder Technology, 179 (31-37).
- Apple, J. M. (1977). *Plant Layout and Material Handling Edisi 3*. New York: John Wiley and Sons inc.
- Bensted, J. (1995). *Cements Containing by Product Gypsum in Construction Materials Group Symposium. SCI Lecture Papaer Series, Paper no. 0069*.
- Dutrizac, K. J. (2008). *The Solubility of Calcium Sulfate in Simulated Copper Sulfate ElectroRefining Solution*. Hydrometallurgy, 92 (54-68).

G J Witkamp, S. V. (1986). *Crystallization of Calcium Sulphate in Concentrated Phosphoric Acid*. J. Cryst. Growth, 79, 620-629. Gresik, P. K. (2023). Kecamatan Duduksampeyan. Diambil kembali dari

<https://www.gresikkab.go.id/profil/kecamatan-duduksampeyan>

Industriebau, S. (1979). *Chemical Gypsum Granulation Plant The by Pass Method*.

JC, P. J. (2004). *Dental Materials, Properties and Manipulation 10th Edition*. Missouri: ElsevierSt. Louis

Kirk, O. (2004). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 4

Luckevich, L. (2000). *Gypsum Chemistry*. 1-16

Neel, R. (2020). *Vertical Shaft Kiln vs Rotary Kiln*. Reitz India Centrifugal.

Overberger, J. (2009). *Gypsums Materials. In: Clinical Aspects of Dental Materials*. Philadelphia: 3rd ed, 124.

P Sacchi, L. L. (2019). *Correlations of Crystal Structure and Solubility in Organic Salts: The Case of the Antiplasmodial Drug Piperaquine*. *Crystal Growth and Design*, 19(2), 1399-1410.

Pacific, G. (2018). *Uncalcined Gypsum Products*. *Material Safety Data Sheet Gypsum*.

PubChem. (2023). *Calcium Sulfate*. Diambil kembali dari National Library of Medicine: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-sulfate>

Randolph, D. A. (1971). *Gypsum and Gypsum Products*. New York: John Wiley and Sons Inc.

Rosmalen, G. J. (1990).

ContinuousCrystallization of Calcium Sulphate Phases from Phosphoric Acidi Solutions: Crystallization as A Separation Process.

American Chemical Society Symp, 381-39.

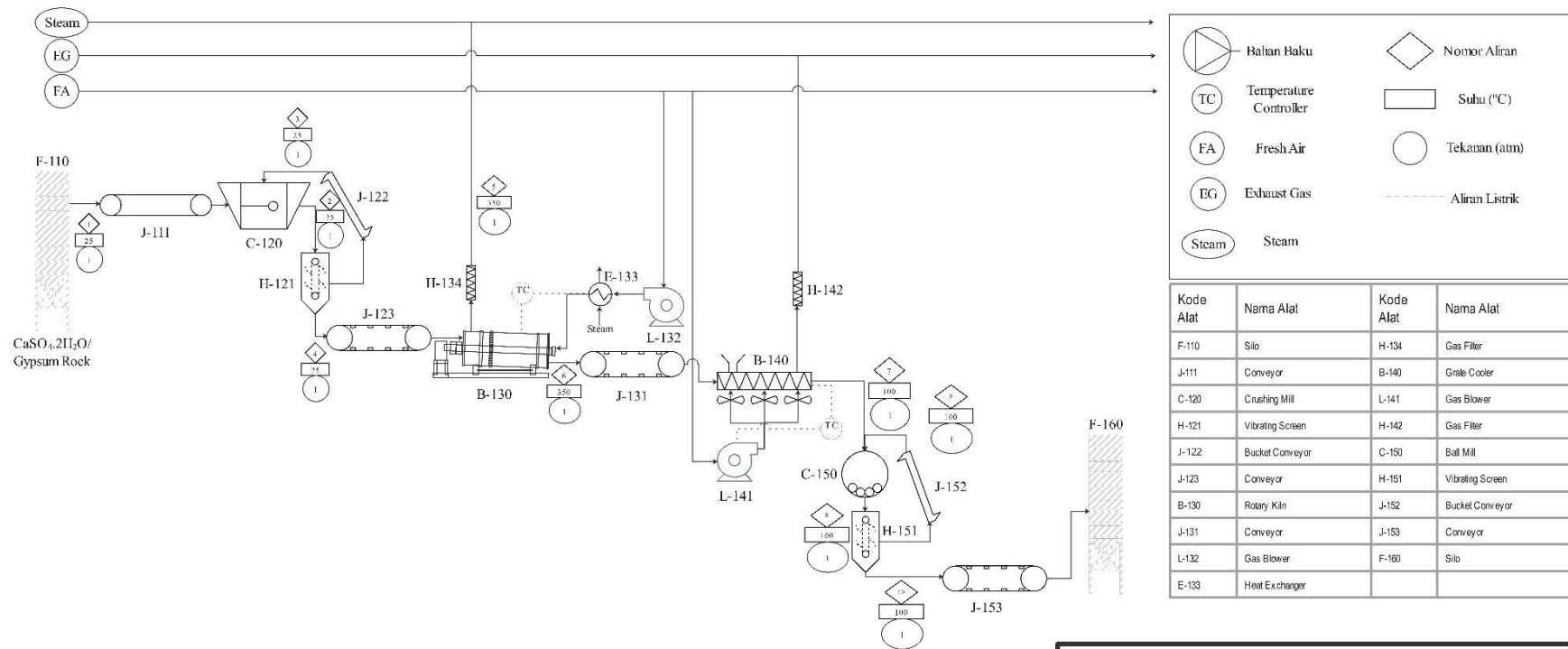
Saltzgitte, Y. E. (1994). *Partly Refined Chemical by Product Gypsums as Cement Additives*. Cem. Concr., 24(4), 601-604.

Strydom, V. D. (2004). *Purification of South African Phosphogypsum for Use As Portland Cement Retarder by A Combined Thermal and Sulphuric Acid Treatment Method*.

Taylor, H. F. (1997). *In Cement Chemistry 2nd edition*. 113-225.

Vitton, M. S. (2019). *Analysis of Drying and Saturating Natural Gypsum Samples for Mechanical Testing*. Journal Of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 11(2), 291-227.





Material	Nomor Aliran									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gypsum	45829,61973	91659,23945	45829,61973	45829,61973	-	-	-	-	-	-
Steam	-	-	-	-	9892,245989	-	-	-	-	-
CaSO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	36237,37374	36237,37374	45296,71717	9059,343434	36237,37374

**PRA RANCANGAN PABRIK KALSIMUM SULFAT ANHIDRAT DARI GIPSUM  
DENGAN PROSES KALSINASI KAPASITAS 287.000 TON/TAHUN**

<p><b>Disusun oleh :</b></p> <p>Revi Setia Wibowo 191910401016</p> <p>Muhammad Yongki Ivan S. 191910401057</p> <p>Boy Prakoso Gunawan 191910401062</p>	<p><b>Dosen Pembimbing Utama :</b> Ditta Kharisma Yolanda Putri S.T., M.T.</p> <p><b>Dosen Pembimbing Anggota :</b> Dr. M. Maktum Mubarja Al Fajri, S.T.</p>
--	--


**PROGRAM STUDI SI TEKNIK KIMIA  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**Gambar 2.** Process Flow Diagram Pabrik Kalsium Sulfat Anhidrat dari Gypsum