

PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA DARI BATU KAPUR DAN ASAM KLORIDA DENGAN KAPASITAS 67.000 TON/TAHUN

Hilmiatun Hasanah¹, Rosi Amalia¹, Raygita May Hastuti^{1,*}, Bektu Palupi¹, Boy Arief Fachri¹, Noven Pramitasari¹, Maktum Muharja Al Fajri¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Jember, Jawa Timur 68121
*E-mail : raygitamay77@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan kalsium klorida di Indonesia seringkali mengalami kenaikan tetapi kebutuhan tersebut masih terpenuhi dengan proses impor. Hal tersebut dikarenakan banyaknya industri yang menggunakan kalsium klorida sebagai bahan baku dalam pembuatan produk pada industri tersebut. Pendirian pabrik kalsium klorida sangat diperlukan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan kalsium klorida dalam negeri yang terus meningkat serta menambah devisa negara melalui proses ekspor. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 67.000 ton/tahun dengan waktu operasi selama 330 hari dan 24 jam/hari. Kalsium klorida pada pabrik ini diproduksi menggunakan metode netralisasi dengan bahan baku utama berupa batu kapur sebanyak 7.702,32 kg/jam dan asam klorida sebanyak 15.207,71 kg/jam. Selain bahan baku utama juga diperlukan bahan pendukung yaitu kalsium hidroksida. Proses produksi terbagi menjadi 4 tahapan yaitu persiapan bahan baku, pembentukan reaksi antara batu kapur dan asam klorida, netralisasi dan kristalisasi, dan pengendalian produk. Pabrik ini menghasilkan produk utama berupa kalsium klorida dihidrat berukuran 200 mesh. Lokasi pabrik berada di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, Jawa Timur dengan estimasi mulai beroperasi pada 2027. Berdasarkan hasil evaluasi analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik kalsium klorida dari batu kapur dan asam klorida dengan kapasitas 67.000 ton/tahun layak untuk didirikan dengan rincian Pay Out Time (POT) 1,41 tahun, Rate of Return (ROR) 79,07%, dan Break Even Point (BEP) sebesar 49,10%.

Kata kunci: kalsium klorida, netralisasi, batu kapur, asam klorida.

1. Pendahuluan

Kalsium klorida merupakan bahan kimia yang memiliki rumus kimia CaCl_2 . Bahan kimia ini memiliki pH netral yang tergolong pada jenis garam. CaCl_2 ini terdiri dari unsur logam dan unsur kalsium yang disebut dengan logam alkali serta klorin (Kartikawati, 2018). Bahan kimia ini banyak dibutuhkan pada industri farmasi, makanan, pulp dan kertas, dan industri lainnya (Wiyono, 2023). Selain itu, kalsium klorida juga seringkali berperan dalam pembuatan zat pengering, zat pencair es, dalam industri makanan digunakan sebagai zat aditif dan juga berperan dalam pembuatan pipa dan plastic (William, 2002).

Kalsium klorida pertama kali ditemukan pada abad ke-15, namun hingga akhir abad ke-18 kalsium klorida hanya mendapat sedikit perhatian (Garrett, 2004). Pada awalnya pembentukan kalsium klorida dilakukan dengan menggunakan sampel yang disiapkan di laboratorium, karena kalsium klorida tidak diproduksi dalam skala komersial sampai adanya proses amonia-soda (*solway*) untuk pembuatan *soda ash* (Bazliah, 2020). Ketika proses *Solvay* pertama kali

diperkenalkan ke Amerika Serikat, kalsium klorida memiliki nilai komersial yang kecil, bahkan kalsium klorida yang dihasilkan dari pembuatan *soda ash* dianggap sebagai produk limbah sebelum kegunaan dari kalsium klorida ditemukan (Garrett, 2004). Namun seiring dengan berkembangnya waktu, kegunaan dari kalsium klorida telah banyak ditemukan sehingga kalsium klorida dianggap sebagai produk utama dan bukan produk sampingan (USDA, 2021). Berikut ini merupakan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia mengenai kebutuhan kalsium klorida pada tahun 2014-2022:

Tabel 1. Data Impor Kalsium Klorida

Tahun	Impor (ton/tahun)
2014	8740
2015	37550
2016	12680
2017	36500
2018	49750
2019	19984
2020	14388
2021	25060
2022	35950

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2023



Tabel 1 menunjukkan bahwa kebutuhan kalsium klorida mengalami kenaikan dan penurunan di beberapa tahun atau tidak stabil sehingga perlu dilakukan perhitungan kebutuhan kalsium klorida di tahun tertentu dengan menggunakan metode regresi linier (Kusnarjo, 2010). Berikut ini merupakan kebutuhan kalsium klorida di tahun 2023-2027 dengan menggunakan metode perhitungan regresi linier.

$$y = 971,17x - 1933080,778 \quad (2.1)$$

Pabrik kalsium klorida direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027. Berdasarkan persamaan 2.1, kebutuhan kalsium klorida di tahun tersebut sebesar 35.480,812 ton/tahun. Perhitungan kapasitas pabrik untuk memenuhi kebutuhan kalsium klorida di tahun tersebut menggunakan persamaan 2.2.

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (2.2)$$

Dimana: $m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (2.2)$

m_1 : nilai impor pada tahun didirikannya pabrik

m_2 : kapasitas pabrik lama

m_3 : kapasitas pabrik baru

m_4 : nilai ekspor pada tahun didirikan pabrik

m_5 : konsumsi dalam negeri

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (0,6 m_3 + 35.480,812) - (0 + 0)$$

$$0,4m_3 = 35.480,812 \quad m_3 = 35.480,812 / 0,4$$

$$m_3 = 88.702,03 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik kalsium klorida direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027. Berdasarkan persamaan 2.1, kebutuhan kalsium klorida di tahun tersebut sebesar 35.480,812 ton/tahun. Perhitungan kapasitas pabrik untuk memenuhi kebutuhan kalsium klorida di tahun tersebut menggunakan persamaan 2.2.

Berdasarkan perhitungan peluang kapasitas yang telah dilakukan, maka ditetapkan kapasitas pabrik baru kalsium klorida sebesar 75% sehingga didapatkan peluang kapasitas sebesar 67.000 ton/tahun. Penetapan angka 75% tersebut didasarkan pada ketersediaan bahan baku batu kapur di dekat lokasi berdirinya pabrik kalsium klorida. Kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kalsium klorida baik dalam negeri atau ekspor.

2. Pemilihan Proses

Terdapat tiga macam proses dalam pembuatan kalsium klorida yaitu proses *solway*, proses netralisasi dan proses *natural brine*. Proses *solway* ialah proses yang menghasilkan produk utama berupa soda abu atau natrium karbonat dengan kalsium klorida sebagai produk samping. Proses netralisasi yaitu proses pembuatan kalsium klorida dengan bahan baku utama batu kapur dan asam klorida serta bahan pendukung kalsium hidroksida. *Natural brine* merupakan proses pembuatan

kalsium klorida dengan cara pemurnian air garam (Astuti et al, 2016).

Tabel 2. Perbandingan Proses Pembuatan Kalsium Klorida

Parameter	<i>Solvay</i>	Netralisasi	<i>Natural Brine</i>
Temperatur	70°C	40°C	60°C
Tekanan	4,5 atm	1 atm	1 atm
Katalis	Amonia	Tidak ada	Tidak ada
Ketersediaan bahan	Mudah didapatkan serta harganya juga tergolong murah	Jumlahnya sangat melimpah sehingga tidak kesulitan untuk memperolehnya	Sangat melimpah di Indonesia karena wilayah lautan yang luas
Kemurnian produk	Tergolong rendah yaitu <10%	Cukup tinggi yaitu mencapai 78-98%	Kemurnian antara 10-15%

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih proses netralisasi sebagai proses produksi kalsium klorida dengan pertimbangan alasan seperti berikut :

- Bahan baku mudah ditemukan.
- Netralisasi bersifat ekonomis karena tidak rumit dan relatif lebih singkat.
- Kebutuhan utilitasnya masuk kategori cukup rendah tetapi dapat menghasilkan produk kalsium klorida dengan kemurnian yang paling tinggi.
- Tidak memerlukan katalis sehingga tidak ada biaya tambahan yang perlu dikeluarkan serta konversi CaCl_2 dari proses ini menjadi yang paling tinggi (Saputra, 2021).

Selain kelebihan yang telah disebutkan, terdapat beberapa kekurangan dari proses netralisasi. Kekurangan dari proses netralisasi tersebut adalah harga bahan baku yang digunakan yaitu kalsium karbonat dan asam klorida di Indonesia lebih mahal jika dibandingkan dengan proses *solway* dan *natural brine*. Selain itu, kekurangan lain dari proses tersebut adalah terbentuknya produk samping yang berupa $\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang bersifat basa sehingga memerlukan penanganan khusus.

2.1 Uraian Proses

1) Persiapan Bahan Baku

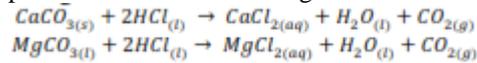
Bahan baku utama pembuatan kalsium klorida yang berupa batu kapur dari gudang penyimpanan bahan baku (F-110) dialirkan menggunakan *screw conveyor* (J-111) menuju reaktor asam (R-210).

2) Proses Pembentukan Reaksi antara Batu Kapur dengan Asam Klorida

Pembentukan larutan kalsium klorida CaCl_2 diawali dengan mereaksikan kalsium karbonat dari gudang penyimpanan bahan baku (F-110) dengan larutan asam klorida dari tangki penyimpanan HCl (F-120) pada tangki reaktor



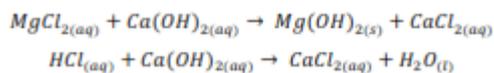
asam (R-210). Reaksi yang didapatkan dari proses tersebut adalah sebagai berikut:



Produk keluaran dari reaktor asam tersebut adalah kalsium klorida yang merupakan produk utama dengan gas karbon dioksida yang merupakan produk samping yang dibuang secara bebas ke udara.

3) Proses Netralisasi dan Kristalisasi

Pada proses ini produk keluaran dari reaktor asam (R-210) dipompa menuju ke *heat exchanger* (E-212) untuk dipanaskan terlebih dahulu menjadi suhu 40°C kemudian dialirkan menuju ke reaktor netralisasi (R-220). Pada reaktor netralisasi dilakukan penambahan kalsium hidroksida yang berasal dari Gudang Ca(OH)₂ (F-130) yang dialirkan dengan menggunakan *screw conveyor* (J-131) menuju ke tangki pelarutan (M-133) untuk dilarutkan dengan air. Setelah itu, larutan kalsium hidroksida dipompa menuju ke *heat exchanger* (E-135) untuk dinaikkan suhunya menjadi 40°C kemudian dialirkan menuju ke reaktor netralisasi (R-220). Hal tersebut bertujuan untuk menetralkan HCl dan mereaksikan sisa MgCl₂ dengan larutan kalsium hidroksida menjadi magnesium hidroksida. Berikut ini adalah reaksi yang terjadi di dalam reaktor netralisasi:



Produk keluaran dari reaktor netralisasi (R-220) yang berupa magnesium hidroksida dan kalsium klorida kemudian dipisahkan menggunakan *rotary drum vacuum filter* (H-310). Hasil pemisahan tersebut berupa *cake* dari magnesium hidroksida dan kalsium klorida yang berupa filtrat. *Cake* tersebut kemudian dialirkan menuju UPL atau Unit Pengolahan Limbah sedangkan filtrat dipompa menuju evaporator (V-320) dengan tujuan untuk mendapatkan larutan jenuh sebesar 75% (U.S.Patent) dengan cara dipekatkan. Larutan jenuh yang telah didapatkan kemudian dialirkan menuju *crystallizer* (S-330) yang berfungsi untuk mengkristalkan larutan sehingga terbentuk kristal kalsium klorida yang masih basah sedangkan uap keluaran dari evaporator dialirkan menuju kondensor (E-321) dan dialirkan lagi ke utilitas. Kristal tersebut kemudian dilakukan pemisahan dari *mother liquor* di dalam *centrifuge* (H-340) hingga didapatkan produk berupa kristal kalsium klorida dihidrat basah. Kristal kalsium klorida dihidrat yang telah didapatkan kemudian

dikeringkan menggunakan *rotary dryer* (B-350) melalui *screw conveyor* (J-341). Udara panas sisa pemanasan pada *rotary dryer* (B-350) yang telah disaring menggunakan *cyclone* (H-353) dibebaskan ke udara. Kristal yang telah didapatkan selanjutnya diperkecil ukurannya menggunakan *ball mill* (C-354) dan dilakukan penyeragaman ukuran dengan cara diayak hingga mencapai ukuran 200 *mesh* menggunakan *vibrating screen* (H-355). Kristal yang telah sesuai dengan ukuran tersebut kemudian masuk menuju gudang penyimpanan kalsium klorida (F-410) tetapi kristal yang berukuran lebih dari 200 *mesh* dikembalikan menuju *ball mill* (C-354).

4) Pengendalian Produk

Produk utama yang berupa kristal kalsium klorida dikemas dalam karung dengan ukuran 25 kg dan siap untuk didistribusikan.

3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang yang berperan dalam kelancaran suatu proses produksi yang terdapat di pabrik (Harlistaria, 2012). Berikut merupakan beberapa unit utilitas yang perlu diperhatikan dalam suatu pabrik:

1. Unit Pengadaan Air

Pengadaan air pada pabrik kalsium klorida didapatkan dari sungai Bedadung dan air PDAM. Air sungai bedadung digunakan untuk pemenuhan produksi di dalam pabrik sedangkan air PDAM digunakan untuk pemenuhan kebutuhan air sanitasi.

2. Unit Pengadaan Steam

Unit pengadaan steam merupakan salah satu unit untuk menghasilkan steam yang akan dibutuhkan selama proses produksi di pabrik kalsium klorida. Steam tersebut dihasilkan dari air umpan boiler yang diuapkan di dalam boiler dengan kondisi operasi steam yang diharapkan. Total kebutuhan steam pada pabrik kalsium klorida adalah 11.651,647 kg/jam.

3. Unit Pengadaan Listrik

Sumber tenaga listrik pada pabrik ini diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Genset Diesel sebagai sumber daya listrik cadangan apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN sehingga proses produksi pada pabrik tersebut tetap berlangsung. Genset yang digunakan yaitu tipe AC dengan efisiensi sebesar 80% sehingga harus disediakan genset yang memiliki input sebesar 55.805,409 kW/jam.

4. Unit Bahan Bakar

Unit bahan bakar berfungsi untuk pemenuhan kebutuhan bahan bakar yang bertujuan untuk





menggerakkan *boiler* dan generator pada pabrik. Pabrik kalsium klorida menggunakan 2 bahan bakar yaitu *anthracite coal* untuk menggerakkan *boiler* dan *diesel fuel* untuk menggerakkan genset. *Anthracite coal* yang dibutuhkan yaitu sebanyak 915,013 kg/jam sedangkan total *diesel fuel* yang dibutuhkan yaitu sebanyak 5.489,587 kg/jam.

5. Unit Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah dilakukan berdasarkan jenis buangnya, antara lain sebagai berikut:

a. Pengelolaan Limbah Cair

Limbah cair yang berupa H₂O tersebut kemudian ditampung pada tangki penampungan untuk di recycle sehingga dapat digunakan kembali.

b. Pengelolaan limbah padat

Limbah padat yang dihasilkan pabrik kalsium klorida berupa cake yang terdiri dari kalsium karbonat, magnesium karbonat, magnesium hidroksida, dan kalsium hidroksida. Limbah padat yang dihasilkan tersebut dapat dijual kembali pada industri yang membutuhkan seperti industri keramik, industri semen, dan lain-lain.

c. Pengelolaan Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan oleh pabrik kalsium klorida adalah CO₂ dan uap H₂O yang dapat langsung dibebaskan ke udara.

4. Evaluasi Ekonomi

Pendirian suatu pabrik dapat dinyatakan layak tidak hanya dinilai berdasarkan faktor teknis tetapi juga harus ditinjau kelayakannya dari segi ekonomis (Rachmawati, 2021). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis ekonomi terhadap pendirian pabrik tersebut. Tujuannya yaitu untuk memperkirakan apakah modal yang dipakai layak atau tidak untuk diinvestasikan ke tahap rancangan. Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai pedoman untuk menentukan kelayakan pendirian pabrik ini.

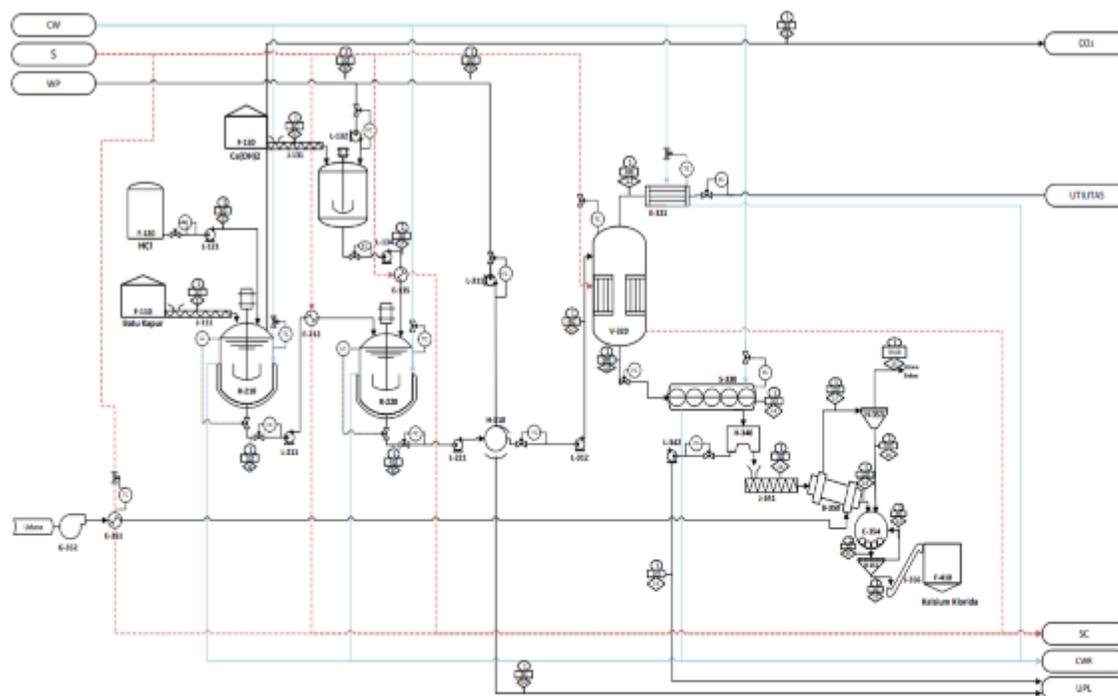
5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomis pabrik kalsium klorida dari batu kapur dan asam klorida dengan kapasitas 67.000 ton/tahun layak untuk didirikan. Lokasi Pabrik berada di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur dengan total luas lahan sebesar 2 hektar dan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari dengan total karyawan sebanyak 228 orang. Evaluasi ekonomi diperoleh persentase ROR sebesar 79,07%, POT selama 1,41 tahun dan BEP 49,10%.

Daftar Pustaka

- Astuti et al. 2016. Pengaruh Lama Waktu Pengadukan Terhadap Pengikatan Impuritas untuk Meningkatkan Kadar NaCl Pada Garam Rakyat. *Journal of Pharmacy and Science*. Vol. 1. No. 1. Badan Pusat Statistik Indonesia 2023.
- Bazliah et al. 2020. Pra Desain Pabrik Pembuatan Biometan dan PCC dari Vinasse Limbah Pabrik Bioetanol. *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering (JFACHE)*. Vol. 1. No. 1.
- Garrett, Donald E. 2004. *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride*. Ojai: ELSEVEIR ACADEMIC PRESS
- Harlistaria et al. 2012. analisis kelayakan teknis dan finansial produksi sosis jamur tiram pada skala industri kecil (studi kasus di budidaya jamur tiram 'Wahyu' Kota Mojokerto). *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. Vol. 1. No. 2.
- Kartikawati et al. 2018. Pengaruh Perendaman Larutan Kalsium Klorida Terhadap Sifat Fisik Dan Tingkat Kesukaan French Fries Labu Kuning (*Cucurbita moschata* Durh). *Serat Acitya*, Vol. 6. No. 2.
- Kusnarjo. 2010. *Desain Bejana Bertekanan*. ITS Press.
- Rachmawati et al. 2021. Analisa Ekonomi Prarancangan Pabrik Kimia Pembuatan Yogurt Dari Bahan Baku Kedelai Dengan Kapasitas 7000 Ton/Tahun. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*. Vol. 7. No. 2.
- Saputra, H. A. 2021. Prarancangan Pabrik Kalsium Klorida Dari Batu Kapur dan Asam Klorida dengan Metode Netralisasi Kapasitas Produksi 10.000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*. Vol. 4. No. 1.
- USDA. 2021. *Calcium Chloride Technical Evaluation Report*. Washington DC: United States Department of Agriculture Agricultural Research Service.
- William. 2002. *Proses of Making Calcium Chlorides*.
- Wiyono et al. 2023. Optimalisasi Single-Effect Evaporator pada Proses Produksi Kalsium Klorida. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 12. No. 2.





Kode	Nama Alat	Kode	Nama Alat
F-110	Penyimpanan CaCO ₃	L-311	Pompa-6
J-111	Screw Conveyor	L-312	Pompa-7
F-120	Tangki Penampung HCl	V-320	Evaporator
L-121	Pompa-1	E-321	Kondensor
F-130	Penyimpanan Ca(OH) ₂	S-330	Crystallizer
J-131	Screw Conveyor-2	H-340	Centrifuge
L-132	Pompa-2	J-341	Screw Conv-3
M-133	Tangki Pelarutan Ca(OH) ₂	L-342	Pompa-8
L-134	Pompa-3	B-350	Rotary Dryer
E-135	Heat Exchanger-1	E-351	Heater
R-210	Reaktor Asam	O-352	Blower
L-211	Pompa-4	H-353	Cyclone
E-212	Heat Exchanger-2	C-354	Ball Mill
R-220	Reaktor Netralisasi	H-355	Screen
L-221	Pompa-5	J-356	Bucket Elevator
H-310	RDVT	F-410	Tangki CaCl ₂

TUGAS AKHIR PRARANCANGAN PABRIK KIMIA PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA DARI BATU KAPUR DAN ASAM KLORIDA DENGAN KAPASITAS 67.000 TON/TAHUN

Diusun Oleh:
 1. Hilmiatun Hasanah
 NIM. 191910401022
 2. Rosi Amalia
 NIM. 191910401026
 3. Raggiya May Hastuti
 NIM. 191910401044

Dosen Pembimbing Utama:
 Ir. Bekti Palupi, S.T., M.Eng.
 NIP. 198905272022032018

Dosen Pembimbing Anggota:
 Ir. Boy Anief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. IPM
 NIP. 197409011999031002

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
 JURUSAN TEKNIK MESIN
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS JEMBER
 2023**



Komponen	Aliran Masuk (kg/jam)					Aliran Keluar (kg/jam)					
	1	2	5	6	9	3	10	12	15	19	23
CaCO ₃	7702,32						77,02				
MgCO ₃	17,78						1,78				
H ₂ O	8,50	9580,86		290,56	3987,66		4100,50	8378,87	2513,66	276,50	2,79
HCL		5626,85									
CO ₂											3361,23
CaCl ₂							85,63		14,96	0,0002	1,66
MgCl ₂							0,01		0,80	0,00001	0,09
CaCl ₂ ·2H ₂ O										0,85	8459,60
Ca(OH) ₂				72,64			0,70				
Mg(OH) ₂							10,51				
Total	7728,60	15207,71	72,64	290,56	3987,66	3361,23	4276,16	8378,87	2529,43	277,35	8464,14
											27287,16

Komponen	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Reaktor Asam (R-210)	8635092,63	8635092,63
Heat Exchanger (E-212)	1011458,54	1011458,54
Tangki Pelarutan Ca(OH) ₂ (M-133)	6567,50	6567,50
Heat Exchanger (E-135)	25471,88	25471,88
Reaktor Netralisasi (R-220)	1002707,87	1002707,87
Evaporator (V-320)	30765388,42	30765388,42
Kondensor (E-321)	21104469,23	21104469,23
Crystallizer (S-330)	4146653,88	4146653,88
Rotary Dryer (B-350)	3004740,19	3004740,19
Heater (E-351)	3499951,32	3499951,32
Total	73202501,46	73202501,46