

**PRA RANCANGAN PABRIK KALSIUM KLORIDA DARI
KALSIUM OKSIDA DAN ASAM KLORIDA
KAPASITAS 30000 TON/TAHUN**



SKRIPSI PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

RISKA SAHIDING

43221204

**PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Kalsium Klorida dari Kalsium Oksida dan Asam Klorida Kapasitas 30.000 Ton/Tahun”** oleh Riska Sahiding NIM 432 21 204 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 26 September 2023

Menyetujui

Pembimbing I,



Ir. Irwan Sofia, M.Si
NIP. 19620810 199103 1 001

Pembimbing II,



Muh. Saleh, S.T., M.Si
NIP. 19671008 199303 1 001

Mengetahui,
a.n Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia



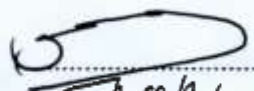


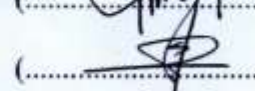

Drs. Herman Banggalino, M.T.
NIP. 19610831 199003 1 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 27 November 2023, tim penguji skripsi telah menerima hasil seminar skripsi oleh mahasiswa Riska Sahiding NIM 432 21 204 dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Kalsium Klorida dari Kalsium Oksida dan Asam Klorida Kapasitas 30000 Ton/Tahun”**.

Makassar, 27 November 2023

Tim Penguji Ujian Skripsi:

1. Tri Hartono LRSC M.Chem.Eng.	Ketua	
2. Dr. Ridhawati Thahir, S.T., M.T.	Sekretaris	
3. Drs. Herman Bangngalino, M.T.	Anggota	
4. Muallim Syahrir, S.T.,M.T.	Anggota	
5. Ir. Irwan Sofia, M.Si.	Anggota	
6. Muh. Saleh, S.T., M.Si.	Anggota	

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas Rahmat dan KaruniaNya-lah. Penulis Skripsi ini yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Kalsium Klorida dari Kalsium Oksida dan Asam Klorida dengan Kapasitas 30000 Ton/Tahun”** dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi pra rancangan ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan kelulusan program studi Teknik Kimia Diploma IV Jurusan Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis berpegang pada teori yang penulis dapatkan dari pihak-pihak lain yang sangat membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proses awal hingga selesainya skripsi ini, banyak sekali pihak yang telah terlibat dan berperan serta mewujudkan terselesainya skripsi ini, karena itu penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada mereka yang secara moril maupun materil telah banyak membantu penulis untuk merampungkan skripsi ini hingga selesai. Maka pada kesempatan kali ini pula penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Drs. Herman Bangngalino, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3. Ibu Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si selaku Kepala Program Studi D-4 Teknologi Kimia Industri.
4. Bapak Ir. Irwan Sofia, M.Si. dan bapak Muh. Saleh, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar dan ikhlas memberikan bimbingan dan arahan dalam menyusun laporan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan penulis terutama sejak kuliah sampai penyelesaian studi di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Teman-teman mahasiswa/I Alih Jenjang D-4 Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan dukungan dan senantiasa menjadi penyemangat selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak sangat dibutuhkan demi penyempurnaan skripsi ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak, baik bagi penyusun sendiri maupun para pembaca.

Makassar, 21 September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL, SATUAN,DAN SINGKATAN	xiv
SURAT PERNYATAAN	xvii
RINGKASAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3 Tinjauan Pustaka Bahan Baku dan Produk	4
1.4 Proses Pembuatan Kalsium Klorida	7
1.5 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	12
BAB II URAIAN PROSES	16
2.1 Uraian Proses	16
BAB III NERACA MASSA.....	20
3.1 Neraca Massa di Mixer (M-101)	20
3.2 Neraca Massa di Centrifuge (CF-101)	21
3.3 Neraca Massa di Reaktor (R-101)	21
3.4 Neraca Massa di Evaporator (EV-101)	22

3.5 Neraca Massa di Crystallizer (CZ-101).....	22
3.6 Neraca Massa di Centrifuge (CF-102)	23
3.7 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-101).....	23
3.8 Neraca Massa di Ball Mill (BM-101).....	24
3.9 Neraca Massa di Screen (S-101)	24
BAB IV NERACA PANAS	25
4.1 Neraca Panas di Mixer (M-101).....	25
4.2 Neraca Panas di Mixer Heater 1 (HE-101).....	25
4.3 Neraca Panas di Mixer Heatere 2 (HE-102).....	25
4.4 Neraca Panas di Mixer Reaktor (R-101)	26
4.5 Neraca Panas di Mixer Evaporator (EV-101)	26
4.6 Neraca Panas di Mixer Condensor (CD-101).....	26
4.7 Neraca Panas di Mixer Crystallizer (CZ-101).....	27
4.8 Neraca Panas di Mixer Heater 3 (HE-103).....	27
4.9 Neraca Panas di Mixer Rotary Dryer (RD-101).....	27
4.10 Neraca Panas di Mixer Screw Conveyor (SC-103).....	28
BAB V SPESIFIKASI ALAT	29
5.1 Silo Bahan Baku (SS-101)	29
5.2 Screw Conveyor (SC-101)	29
5.3 Bucket Elevator (BE-101).....	30
5.4 Mixer (M-101).....	30
5.5 Centrifuge (CF-101).....	31
5.6 Heater (HE-101).....	32
5.7 Tangki Penyimpanan HCl (T-101).....	32
5.8 Heater (HE-102).....	33
5.9 Reaktor (R-101).....	34
5.10 Evaporator (EV-101).....	35
5.11 Condensor (CD-101)	35
5.12 Crystallizer (CZ-101)	36
5.13 Centrifuge (CF-102).....	37

5.14 Blower (B-101).....	37
5.15 Heater (HE-103).....	37
5.16 Screw Conveyor (SC-102)	38
5.17 Rotary Dryer (RD-101)	39
5.18 Screw Conveyor (SC-103)	40
5.19 Ball Mill (BM-101)	40
5.20 Screw Conveyor (SC-104)	41
5.21 Screen (S-101).....	41
5.22 Belt Conveyor (BC-101)	42
5.23 Screw Conveyor (SC-105)	42
5.24 Bucket Elevator (BE-102).....	43
5.25 Silo Produk (SS-102).....	43
5.26 Pompa.....	44
BAB VI UTILITAS.....	45
6.1 Unit Penyediaan Uap (<i>Steam</i>)	45
6.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	46
6.3 Unit Penyedia Dowtherm A	52
6.4 Kebutuhan Listrik.....	53
6.5 Kebutuhan Bahan Bakar.....	53
6.6 Pengolahan Limbah.....	54
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	56
7.1 Instrumentasi	56
7.2 Keselamatan Kerja.....	59
7.3 Alat Pelindung Diri	76
7.4 Peraturan Keselamatan Kerja di Pabrik.....	78
BAB VIII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	81
8.1 Lokasi Pabrik.....	81
8.2 Tata Letak Bangunan dan Peralatan Pabrik	86
BAB XI BENTUK ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	93
9.1 Bentuk Badan Usaha Perusahaan	93

9.2 Manajemen Perusahaan	94
9.3 Struktur Organisasi Perusahaan.....	96
9.4 Uraian Tugas, Wewenang, dan Tanggung jawab	100
9.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	108
9.6 Status Karyawan dan Sistem Upah.....	110
9.7 Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan.....	111
9.8 Tata Tertib	114
9.9 BPJS Ketenagakerjaan dan Fasilitas Tenaga Kerja.....	116
BAB X ANALISIS EKONOMI.....	118
10.1 Modal Investasi	118
10.2 Total Sales	122
10.3 Perkiraan Rugi/ Laba Usaha.....	122
10.4 Analisa Aspek Ekonomi.....	123
BAB XI PENUTUP.....	126
DAFTAR PUSTAKA.....	127

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A NERACA MASSA.....	131
LAMPIRAN B NERACA PANAS	158
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT.....	193
LAMPIRAN D UTILITAS	325
LAMPIRAN E NERACA EKONOMI	373

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Data Impor Kalsium Klorida Di Indonesia	2
Tabel 1.2 Kandungan dalam Produk Kalsium Oksida	4
Tabel 1.3 Perbedaan Proses 1, 2 dan 3	11
Tabel 3.1 Neraca Massa Mixer (M-101)	20
Tabel 3.2 Neraca Massa Centrifuge (CF-101)	21
Tabel 3.3 Neraca Massa Reaktor (R-101)	21
Tabel 3.4 Neraca Massa Evaporator (EV-101)	22
Tabel 3.5 Neraca Massa Crystallizer (CZ-101).....	22
Tabel 3.6 Neraca Massa Centrifuge (CF-101)	23
Tabel 3.7 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-101).....	23
Tabel 3.8 Neraca Massa Ball Mill (BM-101).....	24
Tabel 3.9 Neraca Massa Screen (S-101)	24
Tabel 4.1 Neraca Panas Mixer (M-101).....	25
Tabel 4.2 Neraca Panas Heater 1 (HE-101)	25
Tabel 4.3 Neraca Panas Heater 2 (HE-102)	25
Tabel 4.4 Neraca Panas Reaktor (R-101).....	26
Tabel 4.5 Neraca Panas Evaporator (EV-101).....	26
Tabel 4.6 Neraca Panas Kondensor (CD-101)	26
Tabel 4.7 Neraca Panas Crystallizer (CZ-101).....	27
Tabel 4.8 Neraca Panas Heater 3 (HE-103)	27
Tabel 4.9 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-101).....	27
Tabel 4.10 Neraca Panas Screw Conveyor (SC-103).....	28
Tabel 6.1 Total Kebutuhan Steam	45
Tabel 6.2 Total kebutuhan air yang perlu di supply	46
Tabel 6.3 perhitungan pompa.....	48
Tabel 6.4 Total Kebutuhan Dowtherm A.....	53
Tabel 7.1 Daftar Instrumentasi	58
Tabel 7.2 Alat–Alat Pelindung dan Keselamatan Kerja.....	77

Tabel 8.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	90
Tabel 9.2 Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	109
Tabel 9.3 Penggolongan Jabatan Kerja.....	111
Tabel 9.4 Jumlah Karyawan dan Rincian Gaji Karyawan	113

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Diagram Alir Proses Solvay	11
Gambar 1.2 Diagram Alir Proses Acidifikasi.....	12
Gambar 2.1 Diagram Alir Proses	19
Gambar 6.1 Diagram Alir Pengolahan Air.....	55
Gambar 8.1 Peta Lokasi Rencana Pabrik	86
Gambar 8.2 Tata Letak Bangunan Pabrik Kalsium Klorida	89
Gambar 9.1 Stuktur Organisasi Perusahaan	99
Gambar 10.1 Break Event Point Chart Kalsium Klorida	123

DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
α	ft ²	Luas daerah aliran
$\alpha't$	ft ²	Luas aliran tiap <i>tube</i>
α''	ft ²	Surface per lin <i>tube</i>
A	ft ²	Luas permukaan perpindahan panas menyeluruh
b	in	<i>Depth of dish</i>
B	in	Jarak antar <i>baffle</i>
B		<i>Bottom</i>
BHP	hp	Broke Horse Power
BPS		Badan Pusat Statistika
BWG	-	<i>Birmingham Wire Gauge</i>
C	in/tahun	Faktor korosi
C'	in	Jarak antar kedua permukaan luar pipa
Cp	kkal/kg.C	Kapasitas panas
D	m	Diameter
dh	mm	Diameter hole
Ds	m	Diameter shell
De	in	Diameter ekuivalen <i>shell</i>
de	in	Diameter ekuivalen <i>tube</i>
E		Efisiensi
F	kg/jam	Laju alir
f	Psia	Allowable Working Stress
fk		Faktor kelonggaran
Ft	-	Faktor koreksi LMTD
g	Ft/s ²	Gravitasi
G	m ³ /jam	Kecepatan massa
ho	Btu/hr ft ² °F	Koefisien perpindahan panas <i>shell</i>
hi	Btu/hr ft ² °F	Koefisien perpidahan panas <i>tube</i>
hio	Btu/hr ft ² °F	Koefisien perpindahan panas dalam <i>tube</i>
hw	m	Panjang weir
H	kJ/kg	Entalpi
H	m	Tinggi
HK		<i>Heavy Key</i>
Hi	m	Tinggi campuran dalam tangki
icr	in	<i>Inside corner radius</i>

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
jH	-	Faktor perpindahan panas
k	Btu/ft hr °F	Konduktivitas termal
Kc	Btu/hr ft ² °F	Konstanta kalorik
K	-	Faktor karakteristik
L	ft	Panjang <i>tube</i>
LK		<i>Light Key</i>
l	m	Lebar
m	kg	Massa
mr	kg/kmol	Massa molekul relatif
LMTD	°F	<i>Log mean temperature different</i>
n	kmol	jumlah mol
N _T	buah	Jumlah <i>tube</i>
N	buah	Jumlah pass
N _m	buah	Jumlah <i>plate</i> minimum
OA	in	Tinggi <i>head</i>
OD	in	Diameter luar <i>tube</i>
P	Kpa,mPa,atm	Tekanan
P	hp	Power
p	m	Panjang
Pt	in	Jarak antar <i>tube</i>
Q	kkal/jam	Laju perpindahan panas
Q _{out}	kkal/jam	Laju panas keluar
Q _{in}	kkal/jam	Laju panas masuk
Q _{supply}	kkal/jam	Laju Panas yang di supply
R	m ³ Pa/kmol	Refluks
R	K	Tetapan Gas Umum
r	in	<i>Radius of dish</i>
Rd	ft ² hr °F/Btu	Faktor pengotor
Re	-	Bilangan Reynolds
sf		Straight Flange Specific gravity
sg		
SHF		<i>Separated Hydrolysis and Fermentation</i>
TBS		Tandan Buah Segar
Th	°F	Temperatur kalorik fluida panas
tc	°F	Temperatur kalorik fluida dingin
tw	°F	Temperature dinding
T	°K	Temperature

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
t_h	in	Tebal <i>head</i>
t_r	s	<i>Downcomer residence time</i>
T_{Out}	$^{\circ}K$	Temperature bahan keluar
T_{ref}	$^{\circ}K$	Temperature referensi
T_1	$^{\circ}F$	Temperatur fluida panas masuk
T_2	$^{\circ}F$	Temperatur fluida panas keluar
t_1	$^{\circ}F$	Temperatur fluida dingin masuk
t_2	$^{\circ}F$	Temperatur fluida dingin keluar
U_c	Btu/ft ² hr $^{\circ}F$	Koefisien perpindahan panas bersih
U_d	Btu/ft ² hr $^{\circ}F$	Koefisien perpindahan panas kotor
U_f	m/s	Kecepatan flooding
U_v	m/s	Kecepatan uap desain
V	m ³	Volume
W	in	Lebar
x		Fraksi mol cair
y		Fraksi mol uap
ρ	lb/ft ³	Massa jenis
μ	Btu/lb hr;cP	Viskositas
μ_w	Btu/lb hr	<i>viscosity at tube-wall temperature</i>
η	%	Efisiensi
σV		Volume campuran dalam tangki
ϕ	-	rasio viskositas
$\Delta H^{\circ}f$	kkal/kmol	Panas Pembentukan
ΔT	$^{\circ}K$	Perubahan Suhu
ΔP	psi	<i>Pressure Drop</i>
s	-	<i>Shell</i>
t	-	<i>Tube</i>
UPL	-	Unit Pengolahan Limbah

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Riska Sahiding

Nim : 43221204

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul **Pra-Rancangan Pabrik Kalsium Klorida dari Kalsium Oksida dan Asam Klorida Kapasitas 30.000 ton/tahun** merupakan gagasan dari hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.



Makassar, 27 November 2023

Riska Sahiding
Nim : 43221204

**PRA-RANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA
DARI KALSIMUM OKSIDA DAN ASAM KLORIDA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

RINGKASAN

Telah dirancang pabrik kalsium klorida dihidrat kapasitas 30.000 ton/tahun dengan bahan baku kalsium oksida dan asam klorida. Kalsium klorida banyak digunakan sebagai zat pengering, zat pencair es, sebagai zat aditif dalam industri makanan, sebagai zat aditif dalam pemrosesan plastik, pipa, semen dan beton, dan juga merupakan sumber ion kalsium yang dapat digunakan dalam bidang kedokteran, dan digunakan dalam pengeboran minyak dan gas. Pabrik direncanakan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur, karena telah tersedianya sarana penunjang dengan baik.

Reaktor yang digunakan adalah Reaktor alir tangki berpengaduk, dengan kondisi operasi temperatur 50°C dan tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung pada fase cair cair, dan bersifat eksotermis. Proses pembuatan kalsium klorida berlangsung dalam 3 tahap, yaitu : tahap penyiapan bahan baku, tahap pembetulan produk, tahap pemisahan dan tahap permurnian produk

Kebutuhan utilitas adalah sebagai berikut: air secara kontinyu sebanyak 178723,6515 kg/jam yang meliputi air pendingin sebanyak 112602,7830 kg/jam, air umpan boiler sebanyak 45850,7935 kg/jam, air untuk sanitasi sebanyak 580,1250 kg/jam, dan kebutuhan air proses sebanyak 22543,8378 kg/jam. Kebutuhan dowtherm A sebanyak 15076,7965 kg/jam, kebutuhan listrik sebanyak 292,2929 kW. Bahan bakar yang dibutuhkan sebanyak 10749,5714 l/tahun solar.

Pabrik direncanakan menempati tanah seluas 12200 m² dengan total investasi Rp 114.712.706.908,44 meliputi modal tetap Rp 80.298.894.835,90 dan modal kerja Rp 52.997.270.591,70 dengan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 35.542.570.643,84 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 24.879.799.450,69.

Berdasarkan analisa kelayakan diperoleh Break Event Point (BEP) (52,48)% (syarat BEP 40-60%) , Shut Down Point (SDP) (44,84) % . Sementara itu, Return on Investment sebelum pajak (ROI) sebesar (44,26) % dan Return on Investment sesudah pajak (ROI) sebesar (30,98) % , Pay Out Time sebelum pajak (POT) sebesar 2 tahun (syarat POT untuk pabrik beresiko rendah < 5 tahun) dan Pay Out Time sesudah pajak (POT) sebesar 2,5 tahun.

Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa perancangan pabrik Kalsium klorida dari Kalsium Oksida dan Asam Klorida dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan industri di Indonesia terutama kalsium klorida dihidrat yang banyak digunakan dalam industri *pulp* dan kertas, pestisida, farmasi dan makanan, seiring berkembangnya zaman semakin meningkat. Namun untuk memenuhi kebutuhan kalsium klorida tersebut Indonesia masih mengimpor dari negara lain karena belum adanya industri yang memproduksi di Indonesia.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2017-2021 jumlah impor kalsium klorida di Indonesia yaitu 6.141,824-11.876,181 ton. Data ini menunjukkan bahwa kebutuhan akan kalsium klorida di Indonesia cenderung mengalami peningkatan.

Semakin mengikatnya kebutuhan kalsium klorida dalam negeri menjadi alasan perlunya didirikan pabrik kalsium klorida di Indonesia. Hal ini didukung oleh ketersediaan bahan baku yang melimpah yang dapat diperoleh dari dalam negeri tanpa harus diimpor. Adapun bahan baku dalam pembuatan kalsium klorida yaitu kalsium oksida (CaO) diperoleh dari PT Putra Lima Jaya yang terdapat di Tuban Jawa Timur dan asam klorida (HCL) diperoleh dari PT Petrokimia Gresik yang terdapat di Gresik Jawa Timur.

Atas pertimbangan tersebut kalsium klorida merupakan komoditi yang perlu dipertimbangkan pembuatannya di Indonesia. Dengan terpenuhinya kebutuhan industri dalam negeri diharapkan dapat menghindari ketergantungan impor dari

negara lain. Selain itu dapat memperbesar peluang kesempatan kerja, meningkatkan produksi dalam negeri dan kualitas sumber daya manusia.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan

Dalam penentuan kapasitas pabrik, hal penting yang harus di perhatikan selain ketersediaan bahan baku dan kebutuhan pasar adalah kapasitas pabrik yang telah ada. Namun, untuk saat ini di Indonesia belum ada industri yang memproduksi kalsium klorida dalam skala besar maupun kecil sehingga untuk memenuhi kebutuhan kalsium klorida dalam negeri, Indonesia masih mengimpor dari negara lain.

Data impor kalsium klorida di Indonesia, cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Perkembangan impor kalsium klorida dapat dilihat pada Tabel 1.1 berdasarkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) 2022.

Tabel 1.1 Data impor kalsium klorida di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (ton/tahun)	% Pertumbuhan
2017	6.141,824	0
2018	6.907,945	12,47
2019	8.677,010	25,61
2020	8.112,765	-6,50
2021	11.876,181	46,39
rata-rata		15,60
i		0,1560

Sumber : Biro Pusat Statistik Indonesia, (2022)

Dari tabel 1.1 diperoleh kenaikan impor per tahun adalah 15,60%, maka perkiraan konsumsi atau peningkatan impor kalsium klorida pada tahun 2026 dapat dihitung dengan persamaan :

$$M_5 = P (1+i)^n \quad (\text{Kusnarjo, 2010})$$

Dimana : P = Data besarnya impor tahun 2021 (ton)

M_5 = Konsumsi dalam negeri (ton)

i = rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = Selisih tahun 2022 dan 2026 (5 tahun)

Sehingga diperkirakan potensi peningkatan impor pada tahun 2026 sebesar :

$$M_5 = P (1+i)^n$$

$$M_5 = 11.876,181 ((1+0,1560)^5)$$

$$M_5 = 24.516,92 \text{ ton}$$

Pabrik berdiri sehingga impor diberhentikan, maka :

$$m_1 = 0$$

Produksi pabrik dalam negeri namun karena di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi, maka :

$$m_2 = 0$$

Kapasitas ekspor diasumsi 15% dari kapasitas pabrik baru, maka :

$$m_4 = 0,15 m_3$$

untuk menghitung kapasitas pabrik baru pada tahun 2026 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

Dimana : m_1 = Nilai impor (ton/th)

m_2 = Produksi pabrik dalam negeri (ton/th)

m_3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan (ton/th)

m_4 = Nilai ekspor (ton/th)

m_5 = Nilai peningkatan impor dalam negeri tahun 2026 (ton/th)

Sehingga kapasitas pabrik kalsium klorida yang akan didirikan pada tahun 2026

adalah :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

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

$$m_3 = (0,15 m_3 + 24.516,92) - (0 + 0)$$

$$0,85 m_3 = 24.516,92$$

$$m_3 = 28.843,44 \approx 30.000 \text{ ton/tahun}$$

Jadi, kapasitas pabrik kalsium klorida yang akan dibangun pada tahun 2026 sebesar 30.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka Bahan Baku dan Produk

a. Kalsium Oksida (CaO)

Kalsium Oksida (CaO) merupakan hasil olahan dari batu kapur (*limestone*) yang telah dikalsinasi dan biasa disebut dengan kapur tohor. Kalsium oksida banyak digunakan dalam pembuatan bahan bangunan dan konstruksi termasuk batu bata, mortar dan plester. Kalsium oksida juga bisa digunakan sebagai fluks dalam pembuatan baja yaitu sebagai bahan pengikat pengotor (Eni Febriana, 2011). Kandungan yang terdapat dalam produk kalsium oksida dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.2 Kandungan dalam produk kalsium oksida

Komponen	Kadar (%)
CaO	99,081
SiO ₂	-
MgO	0,345
Al ₂ O ₃	0,230
Fe ₂ O ₃	0,344

Sumber : Lilik Widia.dkk, (2021)

b. Asam Klorida (HCL)

Larutan akuatik dari gas hydrogen klorida atau HCl disebut asam klorida. Asam klorida merupakan asam kuat. Karena asam klorida banyak digunakan dalam industri maka dalam aplikasinya harus digunakan dengan hati – hati karena merupakan cairan yang sangat korosif. (Saputra, 2015).

Pada Revolusi Industri, senyawa ini sangat penting dan dipakai untuk berbagai tujuan, meliputi sebagai pereaksi di produksi massal senyawa kimia organik seperti vinil klorida untuk bahan plastik PVC dan MDI/TDI untuk poliuretana. Kegunaan yang lainnya meliputi penggunaan dalam pembersih rumah, produksi gelatin, aditif makanan, dan pengolahan kulit.

c. Kalsium Klorida (CaCl₂)

Kalsium klorida (CaCl₂) merupakan salah satu jenis garam yang terdiri dari unsur kalsium (Ca) dan klorin (Cl). Garam ini berwarna putih dan memiliki kandungan panas yang besar hingga dapat mengikat air dan larut didalamnya. Kemampuan kalsium klorida dalam mengikat air pun berbeda-beda tergantung jumlah mol hidrat yang terkandung didalamnya. Kalsium klorida memiliki beberapa macam hidrat, seperti anhidrat, dihidrat, tetrahidrat dan hexahidrat. Konsentrasi kalsium klorida semakin menurun seiring dengan semakin banyaknya jumlah mol hidrat (H₂O), sedangkan kemampuan kalsium klorida dalam mengikat air semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah mol hidrat dalam kalsium klorida. Untuk kalsium klorida hexahidrate misalnya konsentrasi kalsium klorida berkisar 50,66% berat dengan panas kelarutan dalam air sebesar (+) 15,8

kJ/mol. Kemurnian larutan kalsium klorida yang dikomersialkan biasanya hanya berkisar antara 30-97% berat (Tetra, 2016).

Kalsium klorida memiliki kegunaan yang cukup luas baik dalam bidang industri maupun untuk kebutuhan sehari-hari, antara lain (Garrent, 2004):

1. Pencair Es (De-icing)

Kalsium klorida biasanya digunakan untuk mengurangi dan mencairkan es maupun salju, selain itu juga digunakan untuk mencegah pembekuan pada komoditas massal. Dibandingkan NaCl maupun MgCl₂, kalsium klorida lebih efisien digunakan untuk mencairkan es, karena dengan konsentrasi kalsium klorida 30,22% mampu mencairkan es hingga suhu -49,8°C. Selain itu kalsium klorida juga digunakan sebagai zat anti pembekuan dalam pertambangan.

2. Pengontrol Debu

Karena sifatnya yang menyerap dan mempertahankan air, ketika digunakan dalam permukaan jalan berdebu dan tidak beraspal, kalsium klorida dapat mengkondisikan debu pada permukaan, sehingga terbentuk permukaan jalan yang padat.

3. Pemadat dan Stabilisasi Tanah

Dengan cara yang sama seperti pengontrol debu, kalsium dapat membuat permukaan tanah menjadi lebih padat dan stabil.

4. Dalam Industri Makanan

Kalsium klorida juga digunakan zat pengawet dalam sayuran kalengan. Dalam pemrosesan kacang kedelai menjadi tahu dan dalam memproduksi pengganti kaviar dari jus sayuran atau buah. Dalam pembuatan bir, kalsium klorida digunakan

untuk memperbaiki kekurangan mineral dalam air pembuatan bir yang dapat mempengaruhi rasa dan reaksi kimia selama proses pembuatan bir. Kalsium klorida juga ditambahkan dalam susu olahan untuk mengembalikan keseimbangan kalsium yang hilang selama pemrosesan dan untuk menjaga keseimbangan protein dalam kasein pada pembuatan keju.

5. Dalam Bidang Kesehatan

Kalsium klorida dapat disuntikkan sebagai terapi intravena untuk pengobatan hipokalsemia, yaitu penyakit berkurangnya kadar kalsium dalam tubuh.

6. Dalam Bidang Industri

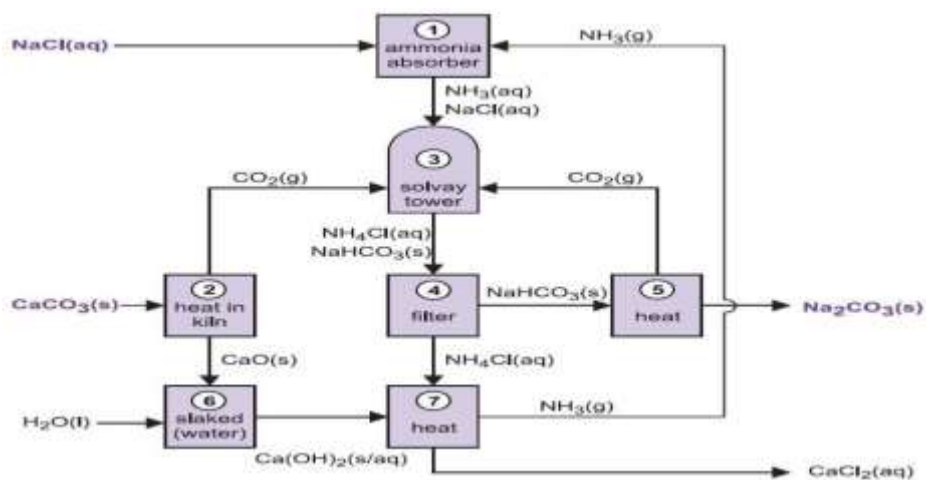
Dalam industri petrokimia kalsium klorida dapat digunakan untuk menghilangkan zat terlarut dalam larutan hidrokarbon. Kalsium klorida juga dapat digunakan untuk menghilangkan kandungan fluoride dan zat-zat lain yang tidak digunakan dalam limbah industri seperti fosfat dan sulfat.

1.4 Proses Pembuatan Kalsium Klorida

proses dalam perancangan pabrik Kalsium Klorida sangatlah penting. Hal ini akan berdampak pada ke optimalan produksi kalsium klorida ini, serta dapat menghemat pengeluaran modal yang dikeluarkan. Sebelum menentukan pilihan proses yang akan di implementasikan pada pendirian pabrik kalsium klorida, mempelajari proses-proses yang telah ada merupakan hal yang sangat penting. Proses-proses tersebut memiliki ke unggulan serta kelemahannya masing-masing, begitu juga dengan kecocokan pada pabrik kalsium klorida yang akan didirikan.

1. Proses Solvay

Proses solvay merupakan proses pembuatan soda ash, dengan amonia sebagai katalisatornya dan menghasilkan produk samping berupa CaCl₂ dengan kemurnian produk kalsium klorida yang dihasilkan sekitar 14-55% (Faith, Keyes & Clark, 1955). Adapun blok diagram proses solvay dapat dilihat pada Gambar 1.1. berikut:



Gambar 1.1 Blok diagram proses Solvay

Sumber : essentialchemicalindustry.org

Persamaan reaksi yang terjadi:



Namun implementasi dari reaksi overall tersebut sangatlah rumit. Secara sederhana dapat dijelaskan dalam 4 langkah reaksi.

Langkah pertama, karbon dioksida dilewatkan melalui larutan NaCl dan ammonia.

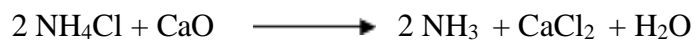


Ammonia yang dibutuhkan sebagai katalis pada reaksi akan dijelaskan pada langkah terakhir dan secara relatif hanya sedikit ammonia yang dikonsumsi. Karbon dioksida yang dibutuhkan untuk reaksi diproduksi dengan pemanasan

kalsium karbonat pada suhu 950-1100°C. Kalsium karbonat diubah menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida.



Sodium bikarbonat (NaHCO₃) difilter dari larutan ammonia klorida (NH₄Cl), kemudian larutan direaksikan dengan kalsium oksida yang tertinggal dari pemanasan kalsium karbonat di langkah kedua.

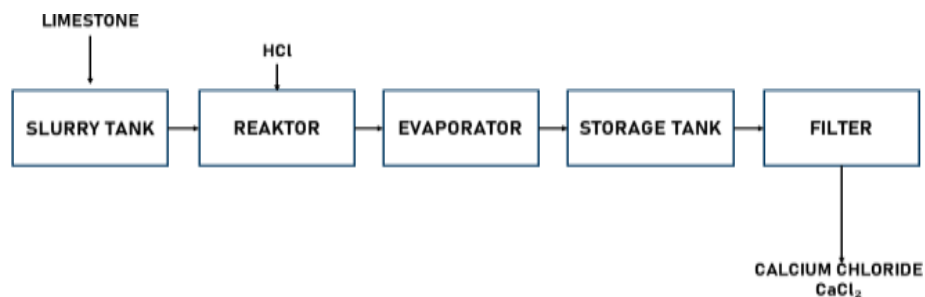


Ammonia dari reaksi di atas dikembalikan ke reaksi pertama. Sodium bikarbonat presipitasi dari reaksi pertama kemudian di ubah menjadi produk akhir, sodium karbonat (Na₂CO₃) dengan kalsinasi (160-230oC), memproduksi air dan karbon dioksida sebagai produk samping.



2. Proses Netralisasi

Untuk proses pembuatan Kalsium Klorida yang kedua ini diambil dari patent netralisasi US (2007). Bahan baku dari proses ini yaitu Kalsium Oksida (CaO) dan Asam Klorida (HCl). Adapun blok diagram untuk proses pembuatan kalsium klorida dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Blok diagram proses Acidifikasi

Sumber : US Patent 2007/0009423 A1

Pada proses ini kalsium oksida (CaO) solid dimasukkan di slurry tank dengan penambahan H₂O kemudian di reaksikan di reaktor dengan asam klorida (HCl) konsentrasi 37%. Metode sintesis kalsium klorida ini dilakukan dengan mereaksikan padatan batu kapur dengan larutan asam klorida. Proses ini merupakan proses yang cukup banyak dilakukan di dunia karena bahan bakunya yang mudah ditemukan dan cukup murah jika dibandingkan proses Solvay.

Proses ini menghasilkan kemurnian CaCl₂ yang tinggi, Dalam proses ini juga dihasilkan magnesium hidroksida (Mg(OH)₂) sebagai produk samping akibat reaksi dengan kandungan garam alkali. Dalam proses netralisasi, konsentrasi larutan asam klorida yang digunakan adalah 37%, dengan perolehan (yield) kalsium klorida tinggi. Proses ini dilanjutkan dengan berbagai proses pengeringan dan teknologi pemisahan untuk menghasilkan kalsium klorida kering dalam bentuk serbuk sebelum dijual ke konsumen.

3. Pemurnian Air Garam

Proses ini merupakan proses yang paling sederhana dalam pembuatan kalsium klorida, tetapi kemurnian kalsium klorida dari proses ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan proses netralisasi (Tetra, 2010). Air garam alami dalam hal ini adalah air laut, mengandung kalsium, magnesium, natrium, klorida, bromide dan ion lainnya. Proses ini menggunakan bahan baku air garam murni, larutan air garam jenuh atau limbah proses solvay. Pada proses ini pertama-tama larutan garam ditambahkan dengan gas klorin untuk mengoksidasi bromide ke bromin. Bromin tersebut kemudian ditiup keluar dari larutan dengan udara dan dikumpulkan sebagai bromin bebas atau sebagai bromide. Gas klorin, digunakan dalam proses

pemurnian, tapi terbuang dengan pemanasan air garam sebelum kalsium klorida terisolasi. Pada kondisi ini, kalsium klorida dari air garam alam tidak berubah secara kimia. Larutan tersebut kemudian ditambahkan dengan kalsium oksida untuk membuat larutan garam tersebut bersifat alkali. Kalsium oksida yang ditambahkan diperoleh dari bahan kalsium karbonat (CaCO_3) melalui proses pemanasan secara kalsinasi. Ketika kapur ditambahkan ke larutan air garam, magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) yang tidak larut akan mengendap dan tersaring. Beberapa kalsium karbonat yang ditambahkan tetap berada dalam air garam sebanyak 0,2% dan terisolasi dengan produk kalsium klorida akhir.

Larutan garam ini kemudian dipekatkan lebih lanjut melalui evaporasi. Karena natrium klorida kurang larut dibandingkan kalsium klorida, natrium klorida akan mengendap, dan kemudian disaring. Kalsium klorida tidak terpengaruh pada langkah ini. Larutan kalsium klorida yang tersisa dipekatkan dan dikeringkan. Produk kalsium yang dihasilkan memiliki kemurnian sekitar 10-13%.

Dari ketiga proses yang telah dibahas maka Kelebihan dan kekurangan masing-masing proses dalam pembuatan kalsium klorida dapat dilihat dalam tabel 1.3 berikut:

Tabel 1.3. Perbedaan proses 1, 2 dan 3

Parameter	Nama Proses		
	Solvay	Netralisasi	Air Garam
Bahan Baku	Kalsium karbonat dan air laut dengan katalis NH_3	Kalsium Oksida dan Asam Klorida	Air laut
Kadar Produk	14-55%	78-98%	10-13%

Lanjutan tabel 1.3 Perbedaan proses 1, 2 dan 3

Parameter	Nama Proses		
	Solvay	Netralisasi	Air Garam
produk	Kalsium klorida (CaCl ₂) diproduksi sebagai produk samping	Kalsium klorida (CaCl ₂) diproduksi sebagai produk utama	Kalsium klorida (CaCl ₂) diproduksi sebagai produk utama
Proses	Biaya investasi mahal karena banyaknya proses dan instalasi alat (proses pembuatan yang rumit)	Proses pembuatan sederhana sehingga biaya investasi dan operasi rendah serta kondisi operasi tidak terlalu ekstrim	Proses pembuatan lebih sederhana dibandingkan proses lainnya

Sumber : Ade Nadiya M dan Nisaul Hanik, (2021), dan Sandi Yuda, (2022)

1.5 Spesifikasi Bahan

Bahan baku yang digunakan terdiri dari Kalsium Oksida (CaO) dan Asam Klorida (HCl) untuk produknya berupa Kalsium Klorida (CaCl₂) Adapun sifat fisik dan kimia bahan yang digunakan, yaitu :

a. Spesifikasi Bahan Baku

- Kalsium Oksida

Rumus molekul	: CaO
Berat molekul	: 56,00 kg/kmol
Warna	: Putih
Fase	: Padat
Densitas	: 3,34 g/cm ³
Titik didih	: 2850°C
Titik lebur	: 2613 °C
Entalpi pembentukan	: -635,09 kJ/Kmol

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

- Magnesium Oksida

Rumus molekul	: MgO
Berat molekul	: 40,00 kg/kmol
Warna	: Putih
Fase	: Padat
Densitas	: 3,58 g/cm ³
Titik didih	: 3600°C
Titik lebur	: 2852 °C
Entalpi pembentukan	: -601,8 kJ/Kmol

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

- Ferri Oksida / Besi (III) Oksida

Rumus molekul	: Fe ₂ O ₃
Berat molekul	: 160,00 g/mol
Warna	: merah kecoklatan
Fase	: Padat
Densitas	: 5,24 g/cm ³
Titik lebur	: 1566 °C
Entalpi pembentukan	: -825,50 kJ/Kmol
Kelarutan dalam air	: Tidak larut

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

- Aluminium Oksida / Alumina

Rumus molekul	: Al ₂ O ₃
Berat molekul	: 101,96 kg/kmol
Warna	: Putih
Fase	: Padat
Densitas	: 3,95 g/cm ³
Titik didih	: 2980°C

Titik lebur : 2050 °C

Kelarutan dalam air : Tidak larut

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

- Kalsium Hidroksida

Rumus molekul : Ca(OH)_2

Berat molekul : 74,02 kg/kmol

Warna : Putih

Fase : Padat

Densitas : 2,24 g/cm³

Titik didih : 2850°C

Titik lebur : 580 °C

Entalpi pembentukan : -986,09 kJ/Kmol

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

- Magnesium Hidroksida

Rumus molekul : Mg(OH)_2

Berat molekul : 58,00 kg/kmol

Warna : Putih

Fase : Padat

Densitas : 2,36 g/cm³

Specific gravity : 2,36

Titik lebur : 350 °C

Entalpi pembentukan : -924,7 kJ/Kmol

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

- Asam Klorida

Rumus molekul : HCL

Berat molekul : 36,50 kg/kmol

Warna : Tidak berwarna

Fase	: Cair
Densitas	: 1,18 g/cm ³
Titik didih	: 50,5°C
Titik lebur	: -114,18 °C
Entalpi pembentukan	: -601,8 kJ/Kmol
Kelarutan dalam air	: Tercampur penuh

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

b. Spesifikasi Produk

- Kalsium Klorida

Rumus molekul	: CaCl ₂ ·2H ₂ O
Berat molekul	: 147,02 kg/kmol
Warna	: Putih
Fase	: Padat (kristal)
Densitas	: 1,85 g/cm ³
Titik lebur	: 175 °C
Titik didih	: 1935 °C
Entalpi pembentukan	: -1403,98 kJ/Kmol

(Sumber : Perry, R.H., and Green, D.W. 1997)

BAB XI

PENUTUP

Hasil Analisa perhitungan pada pra rancangan pabrik kalsium klorida dari kalsium oksida dan asam klorida diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Kapasitas rancangan pabrik kalsium klorida direncanakan 30.000 ton/tahun
2. Bentuk hukum Perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT).
3. Bentuk organisasi yang direncanakan adalah garis staf dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan adalah 117 orang.
4. Analisa ekonomi :
 - a. Modal investasi : Rp 114.712.706.908,44
 - b. Total biaya produksi : Rp 1.385.353.456.371,90
 - c. Hasil penjualan : Rp. 1440.000.000.000,00
 - d. Laba bersih : Rp 24.879.799.450,69
 - e. Profit margin : 1,32 %
 - f. Break even point : 52,48%
 - g. Return on investment : 30,98%
 - h. Pay out time : 2,5 tahun
 - i. Internal rate of return : 19,64%

Dari hasil Analisa spek ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik kalsium klorida ini layak untuk didirikan

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. dan Newton, R. D. (1955): *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill. New York
- Badger dan Banchero. (1970): *Introducción a la Ingeniería Química*. McGraw-Hill. Mexico.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2021. Data Impor Kalsium Klorida. <https://www.bps.go.id/>
- Brown, G.G., dkk. 1956. *Unit Operation*. John Wiley & Sons. New York.
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. (1959): *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons. New York.
- Coulson dan Richardson. (2002): *Chemical Engineering Design Vol. 2*. Oxford Butterworth Heinemann. New York.
- Coulson dan Richardson. (2005): *Chemical Engineering Design 4th edition Vol. 6*. Oxford Butterworth Heinemann. New York.
- Coulson, J., Richardson, J., Backhurst, J. & Harker, J. (1991): *Particle Technology And Separation Processes*, Oxford [Etc.]: Butterworth-Heinemann.
- Faith, W.L., and Keyes, D.B. 1975. *Industrial Chemical, 4th Edition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Febriana, Eni. 2011. *Kalsinasi Dolomit Lamongan Untuk Pembuatan Kalsium-Magnesium Oksida Sebagai Bahan Baku Kalsium dan Magnesium Karbonat presipitat*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Garrett, D.E. 2004. *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride*. New York: Elsevier Science Publishing Company, Inc.
- Geankoplis, Christie John. (1997): *Transport Processes And Unit Operation Third Edition*. New York : John Wiley & Sons

Greenwood, Norman N., Earnshaw dan Alan (1997): *Chemistry of the Elements 2nd Edition*. Butterworth-Heinemann. Oxford.

<https://essentialchemicalindustry.org/> diakses pada 29 April 2022

Himmeblau. (2012): *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering 8th ed.* Prentice Hall International Editions. USA

Holman, J.P. (2002): *Heat Transfer 9th Edition*. McGraw-Hill International Book Company. Boston.

James, L. (1994). “*Calcium chloride salt manufacturing process*”, United States Patent diakses pada 09 April 2022

Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw Hill Book Company. New York

Keyes, F. C. (1955): *Industrial Chemical 2th Ed.* New York

Keyes, F. dan Clark, R.S (1960): *Industrial Chemistry 5nd edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Kirk Othmer (1998): *Encyclopedia of Chemical Technolog, 4th. ed. Vol.7.* Interscience Willey.

Kirk, R. E. A. O., D.F., (1991): Wiley Inter Science Publisher Inc. *Encyclopedia Of Chemical Technology*. New York.

Kirk, R. E. dan Othmer, D. F. (2004): *Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley Blackwell. New York.

Kusnarjo. 2010, *Desain Pabrik Kimia*. Surabaya

Meri, dewi (2007). *Pra Rencana Pabrik Pembuatan Calcium Carbonate Kapasitas 44000 ton/tahun*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya : Indralaya.

Nadia, M. Ade dan Nisaul Hanik. 2021. *Pra Rancangan Pabrik Kalsium Klorida dari Asam Klorida dan Kalsium Karbonat dengan Kapasitas 25.000*

ton/tahun. Skripsi. Jurusan teknik kimia. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.

Oktaria S, Rera dan Yuni Aviva Sarag Pentra. 2017. *Pra Rencana Pabrik Pembuatan Precipitated Calcium Carbonate dengan Proses Karbonasi Kapasitas 60.000 ton/tahun*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya: Indralaya.

Peraturan Pemerintah. 2015. *PP Nomor 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri*. Sekretariat Negara.Jakarta

Perry, R.H., and Green, D.W. 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co., Inc.

Perry, R.H and Green, D.W. (2008): *Perry's Chemical Engineer's Hand Book, 8thed*. Mc. Graw Hill Book Co, Inc. Tokyo.

Peter, M.S, dan Timmerhaus, K.D. (1991): *Plant Design and Economi for ChemicalEngineering 4th ed*. McGraw-Hill Book Company Inc. New York.

Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. (2004): *Plant Design and Economics for ChemicalEngineer 5th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York

Russell F Handy 2007, "apparatus and methods for producing calcium chloride and composition and product made therefrom",. United States Patent diakses pada 08 April 2022

Treybal, R.E. (1981): *Mass Transfer Operation Third Edition*. McGraw Hill Book Company. Singapore.

Ulrich, G.D. (1984): *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York

Walas, S. M. (1988): *Chemical Process Equipment: Selection and Design 3rd ed*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Walas, S. M. (1990): *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Widia, lilik dkk. (2021) : *Penggunaan metode Taguchi untuk menentukan kondisi parameter optimum pada pembuatan CaO dari batu kapur (CaCO₃)*. Journal of energy, material and instrumentation teknologi. Universitas Lampung. Bandar lampung

Yaws, C. L. (1999): *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill. New York.

Yuda Verdana, Sandi. 2021. *Pra Rancangan Pabrik Kalsium Klorida (CaCl₂) dari Kalsium Oksida (CaO) dan Asam Klorida(HCl) dengan Kapasitas 44.000 ton/tahun*. Skripsi. Jurusan teknik kimia. Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta : Padang.