

SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM KLORIDA DARI KALSIUM
KARBONAT DAN ASAM KLORIDA
KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta

Oleh :
Niwan Jati Kusuma
21150271D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDISURAKARTA

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM KLORIDA DARI KALSIUM
KARBONAT DAN ASAM KLORIDA**

KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

NIWAN JATI KUSUMA

21150271D

Telah disetujui oleh Pembimbing

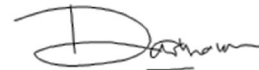
Pada tanggal 23 Desember 2020

Pembimbing I



Narimo, S.T., M.M.
NIS. 01199609021057

Pembimbing II



Petrus Darmawan, S.T., M.T.
NIS. 01199905141068

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng
NIS. 01201407261183

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA DARI KALSIMUM
KARBONAT DAN ASAM KLORIDA
KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :

NIWAN JATI KUSUMA

21150271D

Telah dipertahankan dalam ujian laporan pada tanggal 23 Desember 2020

Penguji I : Dr. Supriyono, S.T., M.T



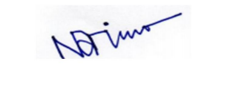
Penguji II : Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng



Penguji III : Petrus Darmawan, S.T., M.T



Penguji IV : Narimo, S.T., M.M



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Suseno, M.si

NIS. 01199408011044

Ketua Program Studi



Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng

NIS. 01201407261183

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- ☞ Tenang, Kalem, Kuasai
- ☞ “Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah SWT beserta orang-orang yang sabar” – Al-Baqarah : 6-8
- ☞ “Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah” – Thomas Alva Edison

♥ Terima kasihku untuk.....

Allah SWT . segala puji syukur kupanjatkan hanya kepada-Mu. (..Atas segala tuntunanNya dan bersyukur aku menjadi hamba-Mu... semoga kami selalu terjaga dalam berkat-Mu...).

Ibu dan Bapak tercinta, ...(terima kasih untuk seluruh curahan kasih sayang, dukungan dan kepercayaannya selama ini...untuk perjuangan panjangnya & tanggungjawab yang begitu besar...Kalian segalanya

bagiku.... “Dua bijak pahlawan hidupku yang banyak mengajarku arti kehidupan, yang membantuku mewujudkan impian yang tidak pernah

lejang oleh waktu, pemotivasi terbaik dalam hidupku, yang selalu menyelipkan namaku dalam setiap do’a dan pengharapan. Bapak dan Ibu tercinta, semoga tetesan butir-butir keringatmu terwujud sebagai keberhasilan dan kebahagiaanku”.....

Pak Narimo dan Pak Petrus,....(terima kasih atas bimbingannya selama ini...baik untuk akademis maupun tugas akhir ini...)

Pak Indra, Pak Argoto, Pak Supriyono, Pak Dion, Pak Narimo, Pak Petrus, Ibu Dewi, Ibu Endah, Ibu Happy, Ibu Peni, semua Bapak dan Ibu Dosen teknik kimia universitas setia budi dan TU fakultas teknik...(terimakasih atas masukan-masukannya, atas ilmu yang kalian berikan selama kuliah, atas kesediaan waktu untuk selalu mendengarkan keluh kesah kami)

Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia angkatan 2015 April, Amal, Yoga, Iis, Stefani, Ama, Amanda, Bonaris, Joshua, Sophia, Widia, Teguh, Umul, Irul, Terimakasih sudah menjadi cerita dalam hidupku, terimakasih teman yang amat baik selalu memberi semangat. Semoga selalu dalam lindungan Allah dimanapun dan kapanpun, semoga selalu menjadi kebanggaan keluarga.

Buat semua pihak yang telah membantu...terima kasih atas bantuannya...maafkan tidak dapat disebutkan satu per satu....

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuknya-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik.

Judul Tugas Akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Kalsium Klorida dari Kalsium Karbonat dan Asam Klorida kapasitas 75.000 ton/tahun**. Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Djoni Taringan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Dr. Suseno, M.si., selaku Dekan Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta
4. Narimo, S.T., M.M., selaku Pembimbing I, yang dengan kesabarannya telah memberikan bimbingan kepada penulis sehingga terselesaikan tugas akhir ini.
5. Petrus Darmawan, S.T., M.T., selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, masukan serta nasehat hingga terselesaikan tugas akhir ini.

6. Dr. Supriyono, S.T., M.T., dan Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji tugas akhir.
7. Bapak dan Ibu dosen Program Studi S1 Teknik Kimia yang telah membimbing selama kuliah.
8. Perpustakaan yang telah memberi tempat untuk mencari sumber teori.
9. Orang tua yang selalu memberikan dukungan, do'a dan motivasi.
10. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 24 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
Motto dan Persembahan.....	iv
Kata Pengantar	vii
Daftar isi.....	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Grafik	xv
Daftar Gambar.....	xvi
Intisari	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik.....	2
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	5
1.4 Macam – Macam Proses	8
1.5 Kegunaan Produk.....	12
1.6 Tinjauan Pustaka	13
1.7 Tinjauan Proses Secara Umum	16
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	25
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	25
2.2 Spesifikasi Produk.....	26
BAB III DESKRIPSI PROSES.....	27
3.1 Konsep Proses	27

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	33
4.1 Neraca Massa	33
4.2 Neraca Panas	41
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	51
5.1 Silo Penyimpanan Asam Klorida.....	51
5.2 Silo Penyimpanan Kalsium Hidroksida	51
5.3 Silo Penyimpanan Kalsium Klorida.....	52
5.4 Gudang CaCO ₃	52
5.5 Mixer.....	53
5.6 Reaktor	54
5.7 Rotary Drum Filter.....	55
5.8 Tangki Netralizer	56
5.9 Thickener.....	57
5.10 Evaporator	56
5.11 Crystallizer.....	59
5.12 Centrifugal Filter.....	60
5.13 Rotary Dryer.....	61
5.14 Cyclone	62
5.15 Heater Udara	62
5.16 Filter Udara	63
5.17 Blower.....	63
5.18 Bucket Elevator - 01.....	64
5.19 Bucket Elevator - 02.....	64
5.20 Hopper.....	65
5.21 Bin.....	65
5.22 Separator	66

5.23 Accumulator - 01.....	66
5.24 Accumulator - 02.....	67
5.25 Belt Conveyor - 01	67
5.26 Belt Conveyor - 02	68
5.27 Belt Conveyor - 03	68
5.28 Belt Conveyor - 04	68
5.29 Pompa - 01	69
5.30 Pompa - 02	69
5.31 Pompa - 03	70
5.32 Pompa - 04	70
5.33 Pompa - 05	71
5.34 Pompa - 06	71
5.35 Pompa - 07	72
5.36 Pompa - 08	72
5.37 Pompa - 09	73
5.38 Pompa - 10	73
5.39 Pompa - 11	74
5.40 Pompa - 12	74
5.41 Pompa - 13	75
5.42 Steam Jet Ejector.....	75
5.43 Tempat Penyimpanan.....	75
BAB VI UTILITAS.....	76
6.1 Unit Pendukung Utilitas.....	76
6.2 Unit Pengadaan Listrik.....	82
6.3 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	85
6.4 Unit Pengadaan Udara Tekan.....	86

6.5 Unit Pengolahan Limbah.....	86
6.6 Laboratorium.....	87
6.7 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	88
6.8 Alat – Alat Utilitas	89
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	104
7.1 Bentuk Perusahaan	104
7.2 Struktur Perusahaaa	105
7.3 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	110
7.4 Kesejahteraan Karyawan.....	115
7.5 Manajemen Produksi.....	118
7.6 Tata Letak (<i>Lay Out</i>) Pabrik	120
7.7 Tata Letak Peralatan.....	124
BAB VIII EVALUASI EKONOMI	128
8.1 Perhitungan Biaya	131
8.2 <i>Total Fixed Capital Investment</i>	134
8.3 <i>Working Capital</i>	134
8.4 <i>Manufacturing Cost</i>	135
8.5 <i>General Expanse</i>	136
8.6 Analisa Ekonomi.....	136
BAB IX KESIMPULAN.....	143
DAFTAR PUSTAKA.....	P-1

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kapasitas <i>Import</i> Indonesia.....	3
Tabel 2 Produsen Asam Klorida dan Kalsium Klorida.....	4
Tabel 3 Perbandingan Metode Pembuatan Kalsium Klorida.....	10
Tabel 4 Tabel <i>Entalphy</i> dan Energi <i>Gibs</i> Komponen	17
Tabel 5 Tabel Nilai ΔH°_{f298} dan ΔG°_{f298} Setiap Komponen.....	18
Tabel 6 Tabel Komposisi Umpan Reaktor.....	21
Tabel 7 Tabel Waktu Tinggal dan Volume Reaktor	21
Tabel 8 Neraca Massa Sekitar Mixer	34
Tabel 9 Neraca Massa Sekitar Reaktor	35
Tabel 10 Neraca Massa Sekitar Rotary Drum Filter	36
Tabel 11 Neraca Massa Sekitar Tangki Netralizer	37
Tabel 12 Neraca Massa Sekitar Thickener.....	38
Tabel 13 Neraca Massa Sekitar Evaporator	38
Tabel 14 Neraca Massa Sekitar Crystalizer	39
Tabel 15 Neraca Massa Sekitar Centrifugal Filter.....	40
Tabel 16 Neraca Massa Sekitar Rotary Drier	40
Tabel 17 Neraca Panas Sekitar Mixer.....	42
Tabel 18 Neraca Panas Sekitar Reaktor	43
Tabel 19 Neraca Panas Sekitar Rotary Drum Filter.....	44
Tabel 20 Neraca Panas Sekitar Tangki Netralizer	45
Tabel 21 Neraca Panas Sekitar Bak Pengendapan.....	46
Tabel 22 Neraca Panas Sekitar Evaporator.....	47
Tabel 23 Neraca Panas Sekitar Crystalizer	49
Tabel 24 Neraca Panas Sekitar Centrifugal Filter.....	50

Tabel 25 Neraca Panas Sekitar Rotary Drier	50
Tabel 26 Kebutuhan Air Proses	78
Tabel 27 Kebutuhan Air Sanitasi	79
Tabel 28 Konsumsi Listrik Untuk Keperluan Proses.....	82
Tabel 29 Konsumsi Listrik Untuk Keperluan Utilitas	84
Tabel 30 Daftar Gaji Karyawan	111
Tabel 31 Pembagian Shift Karyawan.....	115
Tabel 32 Luas Bangunan Pabrik	122
Tabel 33 Total <i>Cost Index Chemical Plant</i>	129
Tabel 34 Total <i>Fixed Capital Investment</i>	134
Tabel 35 <i>Working Capital</i>	134
Tabel 36 <i>Manufacturing Cost</i>	135
Tabel 37 <i>General Expanse</i>	136
Tabel 38 <i>Fixed Cost</i>	138
Tabel 39 <i>Variabel Cost</i>	138
Tabel 40 <i>Regulated Cost</i>	139

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Kebutuhan Import Kalsium Klorida di Indonesia	3
Grafik 2. Grafik Hubungan Tahun dengan <i>Cost Indeks</i>	130
Grafik 3. Grafik BEP dan SDP	140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gambar Lokasi Industri.....	8
Gambar 2. Diagram Alir Kualitatif.....	31
Gambar 3. Diagram Alir Kuantitatif.....	32
Gambar 4. Pengolahan Air dan Utilitas	102
Gambar 5. Struktur Organisasi dan Industri	117
Gambar 6. Tata Letak Pabrik	123
Gambar 7. Tata Letak Peralatan.....	127

INTISARI

Prarancangan pabrik kalsium klorida dari kalsium karbonat dan asam klorida memberikan prospek yang sangat cerah dalam dunia perindustrian mengingat belum adanya pabrik yang memproduksi di Indonesia. Pabrik tersebut direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun yang akan didirikan pada tahun 2024, lokasi pabrik berada di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 75.000 ton/tahun, dengan pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri.

Proses pembuatan kalsium klorida berlangsung pada fase cair dengan menggunakan reaktor RATB (*Reactor Alir Tangki Berpengaduk*) dengan kondisi tekanan 1 atm, suhu 50°C. Reaksi berlangsung secara *eksotermis*, *isothermal*, dan *non adiabatic*. Kebutuhan kalsium karbonat sebesar 6.927,32 kg/jam, Asam Klorida sebesar 23.838,43 kg/jam. Produk berupa Kalsium Klorida sebesar 9.469,70 kg/jam. Untuk menunjang proses produksi, maka didirikan unit pendukung yaitu unit penyediaan air proses sebesar 8.730,0 kg/jam dan *make up* sebesar 873 kg/jam, kebutuhan air sanitasi sebesar 1.250,0 kg/jam dan *make up* sebesar 125 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan *generator set* sebesar 67,8175 kW sebagai cadangan, bahan bakar solar total sebanyak 180,760 kg/jam dan udara tekan sebesar 23,75 m³/jam.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) Rp 413.124.139.000,00 dan modal kerja Rp 166.090.755.000,00. Keuntungan sebelum pajak Rp 137.563.570.000,00 pertahun setelah dipotong pajak sebesar 40% keuntungan mencapai Rp 41.433.464.000,00 pertahun. *Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 33,30 % dan setelah pajak 23,27 %, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak adalah 2,309 tahun dan setelah pajak 3 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 41,16 %, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 17,3 % dan *Discounted Cash Flow (DCF)* sebesar 20,624 %. Dari data analisis kelayakan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak didirikan

Kata kunci : Kalsium karbonat, Sintesis, *Reactor Alir Tangki Berpengaduk*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam rangka memasuki era globalisasi dan perdagangan bebas dunia, maka pemerintah menitik beratkan pembangunan nasional pada sektor industri. Dengan berbagai kebijakan yang diambil, maka pemerintah terus berupaya untuk menciptakan iklim segar bagi pertumbuhan industri khususnya industri kimia.

Kalsium klorida dihidrat mempunyai rumus kimia $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ antara lain digunakan untuk bahan pengering dan meningkatkan kekuatan kertas pada industri pulp dan kertas, sebagai bahan pembantu pada industri keramik, sebagai pendingin dan *desiccant agent* pada industri petroleum, dan sebagainya. Kalsium klorida dihidrat dapat diproduksi dari batu kapur yang direaksikan dengan asam klorida pada kondisi operasi tertentu. Bahan baku yang digunakan ini mempunyai harga yang sangat murah jika dibandingkan harga jual kalsium klorida yang dihasilkan.

Untuk memenuhi kebutuhan kalsium klorida dihidrat sampai saat ini harus melalui impor luar negeri diantaranya Romania, China, Canada, Jepang, Hongkong, Australia, Amerika, Jerman, Swedia, dll. Sejalan dengan program pemerintah Indonesia untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan impor, menaikkan devisa negara melalui ekspor dan menurunkan tingkat pengangguran, maka cukup tepat untuk mendirikan pabrik kalsium klorida dihidrat di Indonesia.

1.2. Kapasitas Rancangan Pabrik

Penentuan kapasitas produksi pabrik kalsium klorida berdasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain :

1. Data *import* produk
2. Kapasitas pabrik yang sudah ada

1.2.1 Data Impor Produk

Penentuan kapasitas produksi suatu industri senantiasa diupayakan dengan memperhatikan segi teknis, finansial, ekonomis, dan kapasitas minimal. Dari segi teknis, industri kalsium klorida yang direncanakan memperhatikan peluang pasar, segi ketersediaan dan kontinuitas bahan baku. Selain itu penentuan kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Secara detail faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik kalsium klorida yaitu :

1. Perkiraan kebutuhan kalsium klorida di Indonesia

Dari segi ekonomis pendirian industri kalsium klorida harus memperhatikan profitabilitas selain modal yang harus disediakan yang pada akhirnya harus melihat kondisi finansial nasional. Berdasarkan data *import*, data *ekspor*, proyeksi kebutuhan kalsium klorida dalam industri peptisida, dan data dari proyeksi konsumsi kalsium klorida, dapat ditentukan kapasitas pra rancangan pabrik kalsium klorida pada tahun 2024 sebesar 75.000 ton/tahun. Besarnya kapasitas ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kalsium klorida di dalam negeri dan sisanya *diekspor* ke luar negeri.

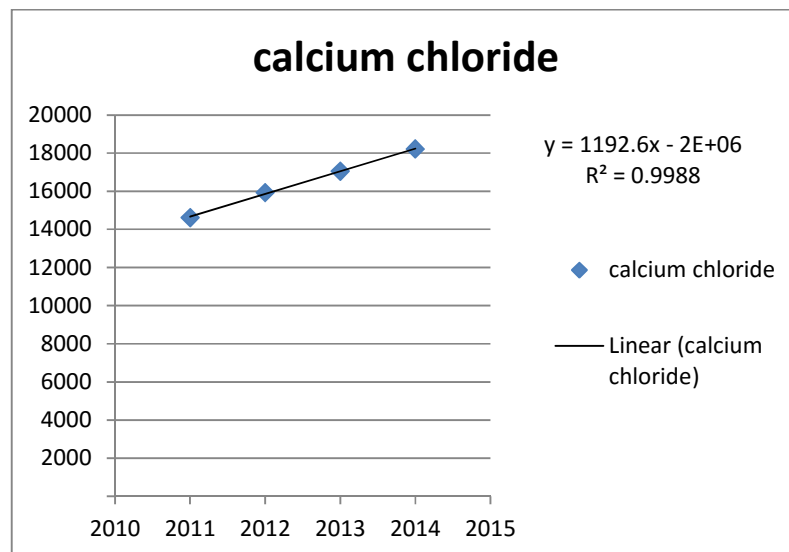
Tabel 1. Kapasitas *Import* Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton)
1	2011	14616,859
2	2012	15931,596
3	2013	17041,374
4	2014	18222,208

Sumber : Badan Pusat Statistik, (2015)

Pada Tabel 1. Menunjukkan impor di Indonesia cenderung mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Perkiraan *import* kalsium klorida pada tahun 2024 di Indonesia dapat dilakukan dengan cara *regresi linier* dari data di atas.

***Regresi linier* untuk data impor ditunjukkan pada Gambar 1.**



Gambar 1. Grafik kapasitas *import* indonesia (ton) kalsium klorida dan waktu (tahun)

Dari gambar 1. Diperoleh persamaan sehingga dapat dihitung besarnya *import* kalsium klorida pada tahun 2024 adalah sebesar 41.382,24 ton/tahun.

Besarnya kebutuhan kalsium klorida di Indonesia dapat dilihat dari jumlah *importnya*, karena selama ini produksi kalsium klorida secara khusus masih belum ada. Sedangkan kalsium klorida yang merupakan produk samping dari industri lain telah diekspor seluruhnya.

2. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku batu kapur atau kalsium karbonat didapatkan dari CV. Sembilan Jaya Abadi Gresik. Sedangkan bahan baku asam klorida (HCl) diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berada di Gresik. Dengan demikian bahan baku mudah diperoleh dan sudah tersedia.

3. Kapasitas pabrik kalsium klorida yang sudah beroperasi

1.2.2 Kapasitas Pabrik yang sudah ada

Kapasitas rancangan minimum pabrik kalsium klorida dapat diketahui dari data kapasitas pabrik yang sudah ada di dunia ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Daftar pabrik produsen kalsium klorida di dunia

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Chimcomplex S.A. Borzesti, Romania	12.000
Vulcan Materials, Kansan, USA	70.000
Tangshan Sanyou Group Ltd., China	100.000
General Chemical, Michigan, USA	300.000
General Chemical, Canada	400.000
Dow Chemical, USA	635.000

(www.alibaba.com)

Berdasarkan data diatas, untuk kebutuhan dan ketersediaan bahan baku serta kapasitas pabrik kalsium klorida yang sudah beroperasi maka ditetapkan kapasitas dalam prarancangan pabrik kalsium klorida pada

tahun 2024 ini adalah ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sebagian *diekspor*.

Prarancangan pabrik kalsium klorida direncanakan berdiri pada tahun 2024 dengan kapasitas ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Prediksi kebutuhan di Indonesia (data *import* kalsium klorida) pada tahun 2024 adalah sebesar 75.000 ton/tahun.
2. Kebutuhan kalsium klorida didunia semakin besar sehingga perlu didirikan *plant* baru .

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan proses suatu pabrik, antara lain menyangkut ketersediaan bahan baku, pemasaran, ketenaga kerjaan, air, iklim, kebijakan dari pemerintah mengenai kawasan industri, maupun sarana komunikasi. Berdasarkan faktor-faktor tersebut maka pabrik kalsium klorida ini akan didirikan di Tuban, Jawa timur dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1.3.1 Faktor Utama atau Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama itu meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut: macam dan kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau, sedang pabrik masih dapat memperoleh keuntungan yang cukup wajar. Faktor-faktor utama tersebut meliputi:

1. Pemasaran Produk

Dipilih lokasi pabrik di Kawasan Industri Gresik karena Jawa Timur merupakan salah satu daerah sentral industri di Indonesia. Dengan prioritas utama pasar dalam negeri maka diharapkan lokasi ini tidak jauh dari konsumen, sehingga biaya pengangkutan akan

lebih murah dan harga jual dapat ditekan lebih rendah, sehingga dapat diperoleh hasil penjualan yang maksimal.

2. Sumber Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan yaitu CaCO_3 dan HCl , dapat diperoleh dengan mudah karena lokasi pabrik tidak begitu jauh dengan letak sumber bahan baku. CaCO_3 dibeli dari CV. Sembilan Jaya Abadi Gresik, sedangkan untuk asam klorida (HCl) diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berada di Gresik.

3. Utilitas

Sarana utilitas telah memadai karena kawasan tersebut memang dibangun untuk kawasan yang infrastrukturnya telah disesuaikan dengan kebutuhan industri. Di daerah Gresik, air dapat diperoleh dengan mudah dari sungai Brantas. Begitu juga sarana listrik yang merupakan bagian terpenting dalam sentra industri.

4. Ketersediaan Listrik dan Bahan Bakar

Ketersediaan listrik dan bahan bakar merupakan hal yang penting guna operasional produksi. Untuk kebutuhan listrik pabrik dapat dipenuhi oleh PLN dan Pabrik sendiri. Sedangkan untuk bahan bakar dapat dipenuhi dari banyak SPBU yang berada disekitar Tuban.

5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja ahli (*skilled labour*) tidak mudah didapatkan di setiap daerah tapi biasanya banyak berada di daerah yang dekat dengan pusat pendidikan. Tenaga kerja merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Pemerataan tenaga kerja serta pemberian ongkos dan gaji yang disesuaikan dengan tingkat pendidikan dan ketrampilan yang dimiliki.

6. Transportasi dan Komunikasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penunjang utama untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk kalsium klorida. Di tuban memiliki jalur transportasi darat yang dapat menghubungkan antara pabrik dengan bahan baku maupun pemasaran.

1.3.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor yang tidak langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder tersebut meliputi:

1. Perluasan Area Pabrik

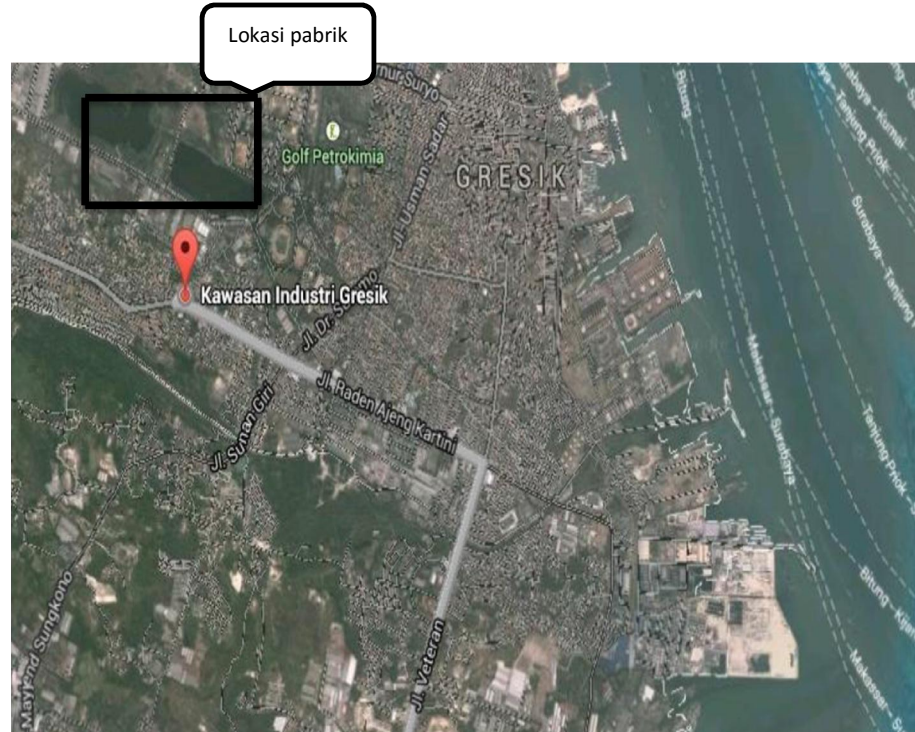
Industri Gresik, Jawa Timur merupakan kawasan industri yang luas sehingga masih memungkinkan untuk memperluas area pabrik jika diinginkan.

2. Kebijakan Pemerintah

Industri Gresik, Jawa Timur merupakan kawasan industri yang ditetapkan pemerintah dan berada dalam teritorial Negara Indonesia sehingga secara geografis pendirian pabrik di kawasan tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat sekitar area pabrik.



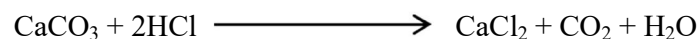
Gambar 2. Gambar Lokasi Industri

1.4. Macam-Macam Proses

Dalam pembuatan kalsium klorida secara komersial dengan bahan baku kalsium karbonat dan asam klorida mempunyai 3 macam proses yaitu :

1. Proses Netralisasi (*Reaksi Asidifikasi*) dari Batu Kapur dan Asam Klorida (HCl).

Proses pembuatan kalsium klorida dari batu kapur dengan asam klorida merupakan proses yang paling sering digunakan dalam proses industri, selain ketersediaan bahan baku yang banyak dan murah. kemurnian produk yang dihasilkan juga lumayan tinggi. Batu kapur direaksikan dengan asam klorida menghasilkan kalsium klorida, karbon dioksida dan air.



Penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ digunakan untuk menetralkan dan meraksikan asam klorida yang masih terkandung dalam larutan kalsium klorida, sehingga

asam klorida akan bereaksi dengan Ca(OH)_2 menjadi kalsium klorida CaCl_2 sehingga produk yang dihasilkan akan menjadi lebih murni (Tetra, 2016).

2. Proses Pembuatan dengan Pemurnian Air Laut

Proses pembuatan kalsium klorida dengan pemurnian air laut merupakan proses yang paling sederhana. Pada proses ini air laut yang mengandung banyak mineral dimurnikan menjadi natrium klorida (NaCl), kalsium klorida (CaCl_2) dan magnesium klorida (MgCl_2). Prinsip evaporasi digunakan untuk menghilangkan Natrium Klorida sedangkan Magnesium klorida dihilangkan dengan dengan penambahan batu kapur. (Speight, 2002)

Selain itu proses ini dapat menghasilkan gas bromine yang sangat berbahaya bagi lingkungan dan juga kemurnian produk yang dihasilkan dengan produk ini sangatlah rendah yaitu kurang dari 10%. Kelebihan dan kekurangan masing-masing proses dalam pembuatan kalsium klorida dapat dilihat dalam dalam tabel 3. (Tetra, 2016)

3. Proses Solvay

Metode yang paling umum untuk menghasilkan kalsium klorida "sintetik" adalah proses *Solvay*. Bahan baku dasar yang digunakan adalah batu kapur dan larutan garam (natrium klorida) dengan katalis amoniak. Natrium karbonat (Na_2CO_3), juga dikenal dengan nama soda abu dapat diproduksi dengan proses *Solvay*. Soda abu ini dapat digunakan dalam pemrosesan gelas, sabun, detergen, pulp dan kertas. Proses ini melibatkan banyak reaksi dan konsentrasi kalsium klorida yang dihasilkan dari proses ini juga rendah, yaitu sekitar 10-15% (Tetra, 2010).

Dari 3 macam proses pembuatan kalsium klorida, maka dalam prarancangan pabrik kalsium klorida dipilih proses *Netralisasi* dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

Tabel 3 Perbandingan metode pembuatan kalsium klorida

No	Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
1.	Reaksi asidifikasi (pembuatan CaCl₂ dari batu kapur dan asam klorida)	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya bahan baku sangat murah • Bahan baku mudah didapat di pasar (HCl, batu kapur) • Kemurnian CaCl₂ relatif lebih tinggi dibanding <i>Solvay</i> • Biaya investasi rendah dan kondisi operasi tidak terlalu ekstrim • Konversi CaCl₂ tinggi pada konsentrasi HCl yang digunakan tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adanya senyawa Mg(OH)₂ yang bersifat basa pada produk CaCl₂ sehingga perlu diolah lebih lanjut. • Perolehan CaCl₂ sangat dipengaruhi oleh konsentrasi HCl yang dipakai (kemurnian dapat bervariasi dari 78% hingga mencapai 99%) • Diperlukan kontrol cukup karena sifat reaktor yang sangat asam.
2.	Pembuatan kalsium klorida dari air laut	<ul style="list-style-type: none"> • Proses pembuatan CaCl₂ lebih sederhana • Biaya operasi pembuatan CaCl₂ jauh lebih murah (hanya melibatkan proses evaporasi dan filtrasi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kemurnian CaCl₂ yang dihasilkan sangat rendah (kurang dari 15%) • Banyaknya komponen minor pada laut yang perlu diproses lebih lanjut

3.	Solvay (Pembuatan CaCl₂ dari batu kapur dengan larutan brine dan katalis NH₃)	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya bahan baku mudah didapat • Proses pembuatan cukup mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya investasi sangat mahal karena banyaknya proses dan instalasi alat • Biaya operasi sangat mahal • Kalsium klorida (CaCl₂) hanya diproduksi sebagai produk samping, dengan bahan produk utama soda abu (Na₂CO₃) dan ammonium klorida (NH₄Cl) keluaran ammonia <i>recovery</i> • Kemurnian CaCl₂ yang dihasilkan tidak setinggi proses <i>acidifikasi</i> (sekitar 55- 70%).
----	--	--	---

1.5. Kegunaan Produk

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

1. Pencair Es (*Deicing*)

Kalsium klorida digunakan untuk mengurangi dan mencairkan es maupun salju, selain itu juga digunakan untuk mencegah pembekuan pada komoditas massal. Dibandingkan NaCl maupun $MgCl_2$, kalsium klorida lebih efisien digunakan untuk mencairkan es, karena dengan konsentrasi kalsium klorida 30,22% mampu mencairkan es hingga suhu $-49,8^{\circ}C$. 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. Pemas dan Stabilisasi Tanah

Kalsium klorida dapat digunakan sebagai pemas dan pengstabil tanah seperti kegunaannya sebagai pengontrol debu.

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

1.6. Tinjauan Pustaka

1.6.1. Bahan Baku

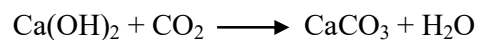
1. Batu Kapur (CaCO_3) (PT.Bumi Agung Gresik, 2018)

Sifat Fisika

Rumus molekul	: CaCO_3
Berat Molekul	: 100,086 g/mol
Fase	: padat
Bau	: tidak berbau
Warna	: putih
Berat jenis	: 2.711 kg/m ³
Titik didih	: 1339 °C
Kelarutan dalam air	: 0,0013 g/100 mL (25°C)
Kemurnian	: 97,89 %
Spesific Gravity	: 2,771
Kapasitas panas	: 0,21 kkal/kg ⁰ C
Rapat massa	: 2,49 kg / l

Sifat Kimia

- Kalsium karbonat dalam suhu tinggi terdekomposisi menjadi CaO dan melepaskan CO₂.
- Kalsium karbonat yang terdekomposisi (CaO) bereaksi dengan air membentuk Ca(OH)₂.
- Kalsium karbonat dapat terbentuk kembali dari reaksi Ca(OH)₂ dengan CO₂ yang ditandai dengan mengeringnya Ca(OH)₂.



- Kalsium karbonat dapat bereaksi dengan asam klorida membentuk kalsium klorida.

(Kirk and Orthmer,1998)

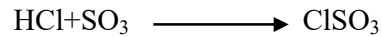
2. Asam Klorida (HCl) (PT.Petrokimia Gresik, 2018)

Sifat Fisika

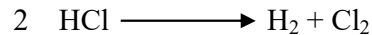
Rumus kimia	: HCl
Berat Molekul	: 36,461 gr/mol
Fase	: Cair
Bau	: Berbau tajam
Berat Jenis	: 1,159 kg/m ³
Warna	: Tidak berwarna
Titik Didih	: 84°C (1atm)
Konsentrasi	: 32%
Densitas (118,16K)	: 1,045 kg/l
Temperatur kritis	: 51,54 °C
Tekanan Kritis	: 8,316 psi
Kapasitas panas	: 60,378 J/mol K
Panas peruraian (-111,2 ⁰ C)	: 1,9924 kJ/mol
Panas laten penguapan	: 186,786 J/mol K
Energi bebas pembentukan gas	: -95.303 kJ/mol (25 ⁰ C)

Sifat Kimia

- a. Asam klorida bereaksi dengan sulfur trioksida membentuk asam klorosulfur



- b. Proses Elektrolisis



- c. Asam klorida adalah asam monoprotik yang hanya dapat melepaskan satu ion H^+
- d. Asam klorida merupakan asam kuat yang secara sempurna terdisosiasi sempurna dalam air
- e. Bereaksi dengan basa membentuk garam

(Kirk-Othmer, 1998)

1.6.2. Produk

1. Kalsium Klorida Dihidrat

Sifat Fisika

Rumus kimia	: $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Berat Molekul	: 146,986 gr/grmol
Kelarutan	: 35 gr / 100 ml air pada 30°C
Titik didih (1 atm)	: 183°C
Densitas	: $2,24 \text{ kg/m}^3$
<i>Spesific Gravity</i>	: 1,89
Bentuk	: Kristal
Kapasitas panas	: $0,62 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$
Rapat massa	: $1,85 \text{ kg / l}$
Kemurnian	: 94 %

Sifat Kimia

- a. Kalsium klorida dapat dielektrolisis untuk memberikan logam kalsium dan gas klor.
- b. Kalsium klorida dapat memiliki perubahan entalpi yang sangat tinggi dari solusi.

- c. Kalsium klorida bersifat higroskopis yang berarti dapat dengan mudah menyerap kandungan air.
- d. Korosif terhadap logam seperti aluminium.
- e. CaCl_2 akan terdekomposisi jika dipanaskan pada suhu yang sangat tinggi.

(Kirk-Othmer, 1998)

1.7. Tinjauan Proses Secara Umum

1.7.1. Kondisi Operasi

Reaksi pembuatan kalsium klorida ini berlangsung pada kondisi operasi reaktor sebagai berikut:

- Tekanan : 1 atm
- Temperatur : 50 °C
- Konversi : 99%
- Fase : padat-cair
- Sifat reaksi : eksotermis
- Kondisi Operasi : isothermal – non adiabatic
- Reaktor : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

(*Industrial Chemicals*, Faith-Keyes, 1975)

1.7.2. Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi yang terjadi untuk pembentukan kalsium klorida dari kalsium karbonat dan asam klorida adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan kalsium klorida :



1.7.3. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi menghasilkan panas (*eksotermis*) atau membutuhkan panas (*endotermis*) dengan menghitung panas reaksi (ΔH_r°) pada pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298K dari reaktan dan produk (Smith, 1970).

Tabel 4 Tabel entalphy dan energi Gibbs komponen

Nilai ΔH_f° 298 dan ΔG_f° 298 setiap komponen (Perry, 1990)

Komponen	ΔH_f° 298 kJ/mol	ΔG_f° 298 kJ/mol
CaCO ₃	-1.206,92	-1.128,79
HCl	-167,159	-131,171
CaCl ₂	-795,4	-748,81
H ₂ O	-285,8	-237,129
CO ₂	-393,5	-394,359

Panas reaksi pembentukan standar (ΔH_r°)

$$\Delta H_r^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{reaktan})$$

$$\Delta H_r^\circ = (\Delta H_f^\circ \text{CaCl}_2 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{CO}_2) - (\Delta H_f^\circ \text{CaCO}_3 + \Delta H_f^\circ \text{HCl})$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-795,4) + (-258,8) + (-393,5)] - [(-1206,92) + (-167,159)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -100,621 \text{ kJ/mol}$$

Untuk nilai ΔH_r° -100,621 kJ/mol disimpulkan bahwa sifat reaksi pembentukan kalsium klorida berjalan secara eksotermis.

Tabel 5 Nilai ΔH°_{f298} dan ΔG°_{f298} setiap komponen

Komponen	Cp (J/mol.K)
CaCO ₃	81,88
HCl	106,8054
CaCl ₂	102,5754
H ₂ O	75,26698
CO ₂	38,89

Menghitung ΔH_r pada suhu 40°C (313,15 K)

$$\begin{aligned} \Delta H_{reaktan\ 313,15} &= \Sigma.Cp.\Delta T \\ &= (106,8054 \times (313,15 - 298)) + (81,88 \times ((313,15 - 298))) \\ &= 2858,584 \text{ j/mol} \\ &= 2,858584 \text{ kj/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{produk\ 313,15} &= \Sigma.Cp.\Delta T \\ &= (102,5754 \times (313,15 - 298)) + (75,26698 \times (313,15 - 298)) \\ &\quad + (38,89 \times (313,15 - 298)) \\ &= 3283,498 \text{ j/mol} \\ &= 3,283498 \text{ kj/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{r\ 313,15} &= \Delta H_{produk\ 313,15} + \Delta H_{r\ 298} - \Delta H_{reaktan\ 313,15} \\ &= 2,858584 + (-100,621) - 3,283498 \\ &= -100,196 \text{ kj/mol} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan $\Delta H_r^{\circ} 313,15\text{K}$ maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan secara eksotermis (menghasilkan panas) karena harga $\Delta H_r^{\circ} 313,15\text{K}$ yang diperoleh negatif.

Menghitung ΔG_r

$$\begin{aligned}\Delta G_r &= \Sigma \Delta G_{\text{produk}} - \Sigma \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta G_f^{\circ} (\text{CaCl}_2 + \Delta G_f^{\circ} \text{H}_2\text{O} + \Delta G_f^{\circ} \text{CO}_2) - (\Delta G_f^{\circ} \text{HCl} + \Delta G_f^{\circ} \text{CaCO}_3)) \\ &= \{(-748,81) + (-237,129) + (-394,359) - ((-131,171)) + (-1128,79)\} \\ &= -120,337 \text{ kJ/mol (karena } \Delta G_r \text{ bernilai } \textit{negative} \text{ maka reaksi dapat} \\ &\quad \text{terjadi sendiri (spontan).}\end{aligned}$$

Dari perhitungan-perhitungan diatas didapatkan:

Di reaktor :

$$\begin{aligned}\Delta H_r^{\circ} 298 &\quad (\text{Entalphi reaktan}) &= -100,621 \text{ kJ/mol} \\ \Delta H_r^{\circ} 313,15 &\quad (\text{Entalphi reaktan}) &= -100,196 \text{ kJ/mol} \\ \Delta G_r &\quad (\textit{Energy} \text{ bebas}) &= -120,337 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 25°C (298 K)

$$\Delta G = -RT \ln K_{298 \text{ K}} \quad (\text{Smith \& VanNess, 1987})$$

$$\begin{aligned}\ln K_{298 \text{ K}} &= \frac{\Delta G}{-RT} \\ &= \frac{-120,337 \text{ kJ/mol}}{-8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K}} \\ &= 485,7\end{aligned}$$

$$K_{298 \text{ K}} = 6,18559 \text{ (Karena nilai } K \gg 1, \text{ maka reaksi ini bersifat } \textit{irreversible} \text{ (Yaws, 1999))}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 40°C (313,15 K)

$$\ln\left(\frac{K_{313,15}}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H}{R} \times \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \quad (\text{Smith \& VanNess, 1987})$$

$$\ln\left(\frac{K_{313,15}}{6,18559}\right) = -\frac{-100,621}{8,314 \times 10^{-3}} \left(\frac{1}{313,15} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\frac{K_{313,15}}{6,18559} = \exp(1,9648)$$

$$K_{313,15} = 4,1776$$

Karena nilai $K \gg 1$, maka reaksi ini bersifat irreversible (Yaws, 1999)

1.7.4. Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan kalsium klorida :



$$\Delta H_r^\circ = -100,621 \text{ kJ/mol}$$

Diketahui : $X_a = 99\% = 0,99$

$t = 30$ menit



Mula2 C_{A0} C_{B0}

Reaksi $C_{A0} \cdot X_a$ $1/2 C_{A0} \cdot X_a$ $1/2 C_{A0} \cdot X_a$

Sisa $C_{A0}(1-X_a)$ $C_{B0} - 1/2 C_{A0} \cdot X_a$ $1/2 C_{A0} \cdot X_a$

dengan kecepatan reaksi :

$$(-r_A) = k \cdot C_A \cdot C_B$$

C_A = konsentrasi HCl

C_B = konsentrasi CaCO_3

$$k = 87.033 \text{ m}^3/\text{j} \cdot \text{kmol}$$

$$(-r_A) = \text{kmol}/\text{j} \cdot \text{m}^3$$

Tabel 6. Dari Perhitungan Neraca Massa, diperoleh Komposisi

Umpan :

Komponen	Kg/j	Fraksi Massa	Kmol/j
HCl	4767,69	0,15497	130,761
CaCO ₃	6871,21	0,22334	68,6496
H ₂ O	19070,74	0,62084	1058,5446
MgO	13,16	0,00043	0,3265
Fe ₂ O ₃	2,77	0,00009	0,0173
SiO ₂	7,62	0,00025	0,1268
TiO ₂	2,77	0,00009	0,0346
	30735,96	1,0	1258,4604

Tabel 7. Menghitung Waktu Tinggal dan Volume Reaktor :

Komponen	ρ kg/m ³	W,kg/j	Fv = W/ ρ m ³ /j
HCl	1130	4767,69	4,2191
CaCO ₃	2930	6871,21	2,3451
H ₂ O	990	1970,74	1,9906
MgO	3580	13,16	0,0036
Fe ₂ O ₃	3580	2,77	0,0007
SiO ₂	2650	7,62	0,0028
TiO ₂	4230	2,77	0,00006
	30735,96	13635,96	8,56196

- HCl 30 %

$$BM = 36,461$$

$$C_{A0} = 30 \frac{\text{gram}}{100 \text{ mL}} : 36,461 \frac{\text{mol}}{\text{gram}} = 8,228 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$$

$$= 8,228 \frac{\text{mol}}{\text{L}} (1 - 0,99)$$

$$= 0,082 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

- CaCO_3 99,19 %

$$\text{BM} = 100,091$$

$$C_{B0} = 99,19 \frac{\text{gram}}{100 \text{ mL}} : 100,091 \frac{\text{mol}}{\text{gram}} = 9,91 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\begin{aligned} C_B &= C_{B0} - C_{A0} X_a \\ &= 9,91 \frac{\text{mol}}{\text{L}} - 8,228 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,99 \\ &= 1,665 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

- Orde 2

$$\circ (-r_a) = k C_A C_B$$

$$\frac{-dC_A}{dt} = k C_A C_B$$

$$(-r_a) = k (C_{A0} - C_{A0} X_a) (C_{B0} - C_{A0} X_a)$$

$$M = C_{B0}/C_{A0}$$

$$(-r_a) = k C_{A0}^2 (1 - X_a) (M - X_a)$$

$$\int_0^{X_a} \frac{dX_a}{(1 - X_a)(M - X_a)} = C_{A0} k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{1 - X_B}{1 - X_A} = \ln \frac{M - X_A}{M(1 - X_A)} = \ln \frac{C_B C_{A0}}{C_{B0} C_A}$$

$$\ln \frac{C_B C_{A0}}{C_{B0} C_A} = C_{A0} \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - 1 \right) k t$$

$$\ln \frac{1,665 \cdot 9,91}{8,228 \cdot 0,082} = 8,228 \left(\frac{9,91}{8,228} - 1 \right) k \cdot 30$$

$$16,8 = 50,46 k$$

$$k = 0,333 \text{ L/mol.menit}$$

$$\circ (-r_a) = k C_B^2$$

$$\frac{-dC_B}{dt} = k C_B^2$$

$$\frac{-dC_B}{C_B^2} = k dt$$

$$\frac{1}{C_B} - \frac{1}{C_{B0}} = k t$$

$$0,6 \frac{\text{mol}}{\text{L}} - 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = k \cdot 30 \text{ menit}$$

$$k = 0,0167 \text{ L/mol.menit}$$

$$\circ (-r_a) = k C_A^2$$

$$\frac{-dC_A}{dt} = k C_A^2$$

$$\frac{-dC_A}{C_A^2} = k dt$$

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = k t$$

$$12,195 \frac{\text{mol}}{\text{L}} - 0,122 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = k \cdot 30 \text{ menit}$$

$$k = 0,402 \text{ L/mol.menit}$$

kemudian nilai k masing-masing orde di masukkan di pers

Levenspel

$$\frac{V}{FV} = \frac{Xa}{(-ra)}$$

$$t' = \frac{Xa}{-ra}$$

- Orde 2

- $t' = \frac{Xa}{k C_A C_B}$
 $= \frac{0,99}{0,333 \times 0,082 \times 1,6 \frac{6}{5}} = 21,775 \text{ menit}$

- $t' = \frac{Xa}{k C_A^2}$
 $= \frac{0,99}{0,402 \times 0,082^2} = 366,2 \text{ menit}$

- $t' = \frac{Xa}{k C_B^2}$
 $= \frac{0,99}{0,016 \times 1,6 \frac{6}{5}} = 21,384 \text{ menit}$

Waktu yang paling mendekati adalah pada orde 2 :

$$(-ra) = k C_A C_B$$

1.7.5. Sifat Reaksi

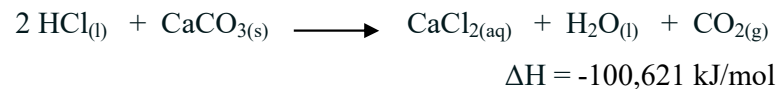
Dari besarnya harga panas reaksi yang terjadi pada suhu 40°C adalah sebagai berikut : $\Delta H_r^\circ = -100,621 \text{ kJ/mol}$. Jadi reaksi tersebut berjalan secara *eksotermis*.

Dari harga ΔH_f° yang harganya negatif dapat disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi *eksotermis* yang berarti menghasilkan panas. Hal ini mengakibatkan suhu reaktor akan mengalami peningkatan

terus-menerus. Oleh karena itu perlu adanya pendingin untuk mempertahankan suhu pada reaktor.

1.7.6. Perbandingan Mol Reaktan

Pada proses pembuatan kalsium klorida reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Diketahui perbandingan mol reaktan dari koefisien reaksi masing-masing reaktan secara stokiometri adalah 2 : 1 yaitu 2 mol asam klorida bereaksi dengan 1 mol kalsium karbonat.