

PRA RANCANGAN PABRIK *HYDROCHLORIC ACID* (HCl)
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan (S-1) Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

HIKMAH CAHYANI 431 20 057

NUR FADILA 431 20 072

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “**Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid (HCl)* Kapasitas 45.000 ton/tahun**” oleh Hikmah Cahyani NIM 431 20 057 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 4 Oktober 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 19730409 200312 2 002



M. Badai, S.T., M.T.
NIP. 19600722 198811 1 001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 19730409 200312 2 002

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
RINGKASAN.....	xv
SURAT PERNYATAAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	3
1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri.....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.2.3 Kapasitas Produksi.....	4
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	9
1.4 Tinjauan Proses.....	14
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	21
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	21
2.1.1 Bahan Baku.....	21
2.1.2 Produk.....	22
2.2 Konsep Proses.....	23
2.2.1 Dasar Reaksi.....	23
2.2.2 Kondisi Operasi.....	23
2.2.3 Tinjauan Termodinamika.....	24
2.3 Langkah Proses.....	29
2.3.1 Unit Persiapan Bahan Baku.....	29
2.3.2 Unit Proses Pembentukan Produk.....	30
2.3.3 Unit Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	31

2.4 Diagram Alir Proses.....	32
BAB III NERACA MASSA.....	34
3.1 <i>Mannheim Furnace</i> (F-01).....	34
3.2 <i>Silica Tower</i> (ST-01)	35
3.3 <i>Coke Tower</i> (CT-01).....	36
3.4 Kolom <i>Absorber</i> (AB-01).....	36
3.5 Kolom <i>Scrubber</i> (SB-01).....	37
BAB IV NERACA PANAS	40
4.1 <i>Mannheim Furnace</i>	40
4.2 <i>Silica Tower</i>	41
4.3 <i>Coke Tower</i>	41
4.4 Kolom <i>Absorber</i>	42
4.5 Kolom <i>Scrubber</i>	42
BAB V SPESIFIKASI ALAT	44
5.1 Gudang Garam (G-01).....	44
5.2 Silo Garam (S-01).....	45
5.3 <i>Bucket Elevator</i> (J-111)	46
5.4 Tangki Larutan H ₂ SO ₄ 98% (T-01)	47
5.5 Pompa-1 (P-01).....	48
5.6 Tangki Pengencer H ₂ SO ₄ (M-01).....	49
5.7 Pompa-2 (P-02).....	50
5.8 Blower-1 (BL-01)	51
5.9 <i>Mannheim Furnace</i> (F-01).....	52
5.10 <i>Screw Conveyor</i> (SC-01)	53
5.11 <i>Stockpile</i> Na ₂ SO ₄ (SP-01).....	54
5.12 <i>Blower-2</i> (BL-01).....	55
5.13 <i>Silica Tower</i> (ST-01)	56
5.14 <i>Coke Tower</i> (CT-01).....	57
5.15 Pompa-3 (P-03).....	59
5.16 Tangki Larutan H ₂ SO ₄ 70% (T-02)	60
5.17 Kolom <i>Absorber</i> (AB-01).....	61

5.18 Kolom <i>Scrubber</i> (SB-01).....	63
5.19 Pompa-4 (P-04).....	65
5.20 Tangki Larutan HCl 32% (T-03).....	65
BAB VI UTILITAS.....	67
6.1 Unit Penyediaan Air.....	67
6.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	70
6.3 Kebutuhan Bahan Bakar.....	70
6.4 Unit Pengolahan Limbah.....	70
6.5 Spesifikasi Alat Utilitas.....	72
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	81
7.1 Instrumentasi.....	81
7.2 Keselamatan Kerja.....	86
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI.....	94
8.1 Umum.....	94
8.2 Bentuk Perusahaan.....	94
8.3 Struktur Organisasi.....	95
8.4 Uraian Tugas, Wewenang, dan Tanggung Jawab.....	97
8.4.1 Direktur utama.....	97
8.4.2 Staf Ahli.....	98
8.4.3 Sekretaris.....	98
8.4.4 P & E <i>Manager</i>	98
8.4.5 Supervisor.....	99
8.4.6 <i>Shift Leader</i>	103
8.4.7 <i>Manager</i> Umum & Keuangan.....	106
8.4.8 R & D <i>Manager</i>	107
8.4.9 HR dan Umum.....	107
8.4.10 Pelaksana / Staf.....	108
8.5 Sistem Kerja.....	108
8.5.1 Karyawan Non- <i>Shift</i>	108
8.5.2 Karyawan <i>Shift</i>	109
8.6 Kualifikasi Karyawan.....	110

8.7 Gaji Karyawan	111
8.8 Jaminan Sosial dan Fasilitas Tenaga Kerja	112
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN	115
BAB X ANALISA EKONOMI	121
10.1 Kajian Ekonomi	122
10.1.1 Total <i>Capital Investment</i> (TCI)	122
10.1.2 Total <i>Production Cost</i> (TPC)	122
10.2 Analisa Kelayakan Ekonomi	124
10.2.1 Laba / Keuntungan	124
10.2.2 <i>Return on Investment</i> (ROI)	125
10.2.3 <i>Pay Out Time</i> (POT)	125
10.2.4 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	125
10.2.5 <i>Break Event Point</i> (BEP)	126
10.2.6 <i>Shut Down Point</i> (SDP)	128
BAB XI KESIMPULAN	129
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN A	A-1
LAMPIRAN B	B-1
LAMPIRAN C	C-1
LAMPIRAN D	D-1
LAMPIRAN E	E-1

RINGKASAN

Pra rancangan pabrik *Hydrochloric Acid* (HCl) ini dirancang dengan kapasitas 45.000 ton/tahun dengan memilih proses *mannheim furnace*. Proses ini dimulai dengan mereaksikan antara garam dengan asam sulfat ke dalam *mannheim furnace*. Produk atas *furnace* berupa gas HCl dilewatkan pada rangkaian alat pendingin dan pemurnian hingga diperoleh larutan HCl 32%.

Rencana pendirian lokasi pabrik, yaitu di Manyar, Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 10.000 m². Pabrik ini beroperasi 24 jam per hari selama 330 hari kerja per tahun. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem garis dan staf yang membutuhkan tenaga kerja sebanyak 144 orang.

Berdasarkan perhitungan analisa kelayakan ekonomi, dibutuhkan modal tetap (FCI) sebesar Rp 642.499.307.710, *manufacturing cost* sebesar Rp 704.501.497.353. Harga jual produksi per tahun sebesar Rp 936.068.862.552 dengan keuntungan sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar Rp 169.338.860.384 per tahun dan Rp 118.537.202.269 per tahun. Profitabilitas meliputi *Rate of Investment* (ROI) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 26,36% dan 18,45%, *Pay of Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 2,7 tahun dan 3,5 tahun, serta *Break Event Point* (BEP) sebesar 45,84%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pabrik HCl dengan kapasitas 45.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang merancang program pembangunan nasional jangka panjang sebagai upaya meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Pembangunan dan pengembangan industri menjadi satu diantara program tersebut. Pemerintah melalui Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035 telah menetapkan berbagai strategi dan sasaran untuk memajukan sektor industri di tanah air, salah satunya industri kimia.

Menurut Kementerian Perindustrian (2020), sekitar 90 persen kebutuhan bahan kimia di Indonesia masih harus diimpor sehingga pengelolaan impor dengan bijaksana perlu dilakukan untuk menjaga keseimbangan dan pertumbuhan ekonomi. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi ketergantungan impor bahan kimia adalah meningkatkan kapasitas produksi dalam negeri. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (Kemenperin RI) terus mendorong pengembangan industri kimia karena memiliki peran penting dalam menjamin kesejahteraan masyarakat dan stabilitas negara. Industri kimia memegang peranan penting karena menjadi tulang punggung bagi keberlangsungan produksi sektor industri lainnya seperti tekstil, plastik, kosmetik, dan sebagainya.

Salah satu bahan kimia yang kebutuhannya belum terpenuhi dan memiliki peluang ekonomi cukup besar di Indonesia adalah asam klorida dengan rumus kimia HCl. Berdasarkan Kementerian Perindustrian (2020), permintaan asam klorida di Indonesia secara konsisten naik sebesar 5% dari tahun ke tahun dikarenakan banyaknya industri yang memerlukan zat ini untuk berbagai keperluan

baik sebagai produk akhir maupun *intermediate*. Peningkatan ini menunjukkan bahwa industri kimia dan sektor-sektor lain yang memanfaatkan asam klorida semakin berkembang di Indonesia.

Asam klorida digunakan oleh berbagai industri, seperti industri farmasi, industri pengolahan karet, industri tekstil, industri kimia organik, industri minyak pelumas, dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan asam klorida dalam industri dapat digunakan untuk meregenerasi resin kation yang sudah jenuh pada *cation exchanger column* dalam proses demineralisasi air, bahan baku pembuat plastik PVC (*polyvinyl chloride*), proses pemurnian garam dapur, mengatur pH dalam unit pengolahan air, dan masih banyak lagi (Nugraheni & Khoiriah, 2022).

Berkembangnya industri yang stabil mampu menjadikan industri asam klorida di Indonesia memiliki peluang investasi yang menjanjikan dan mempunyai profitabilitas yang cukup tinggi sehingga menjadi salah satu cara untuk menjalankan roda perekonomian. Pendirian pabrik asam klorida di Indonesia ini diarahkan agar mampu meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan asam klorida dalam negeri, memecahkan masalah ketenagakerjaan, serta mendorong pertumbuhan industri lain yang memanfaatkan asam klorida sebagai bahan baku maupun bahan penunjangnya. Upaya ini juga dilakukan agar dapat mencapai struktur ekonomi yang lebih kuat dengan mengurangi pengeluaran devisa negara yang digunakan untuk impor bahan kimia dari luar negeri.

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri

Beberapa pabrik asam klorida dengan kapasitas produksinya menjadi salah satu acuan dalam menentukan *range* kapasitas produksi pabrik yang dirancang pada pra rancangan pabrik ini, ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kapasitas Pabrik Asam Klorida yang Berdiri di Dunia

Negara	Nama Industri	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
Indonesia	PT Asahimas Chemical	82.000
Geismar, Louisiana	BASF	200.000
Wichita, Kansas	Occidental Chemical	211.000-247.000
Baytown, Texas	Bayer	90.000
Corpus Christi, Texas	DuPontFluoroproducts	110.000
Henderson, Nevada	Pionerr Chlor Alkali	45.000
Geismar, Louisiana	Rubicon	145.000
La Porte, Texas	Dow	30.000
Freport, Texas		

Sumber: *Independent Commodity Intelligence Services (ICIS)*, dikutip dari Nugraheni & Khoiriah (2022)

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat diketahui bahwa kapasitas produksi pabrik asam klorida jika ditetapkan dalam skala global harus memiliki kapasitas minimum sebesar 30.000 ton/tahun, sedangkan kapasitas produksi maksimal asam klorida yang dapat ditetapkan sebesar 247.000 ton/tahun. Sementara itu, jika ditinjau dari dalam negeri diketahui bahwa pabrik asam klorida di Indonesia hanya satu yaitu PT Asahimas Chemical dengan kapasitas 82.000 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik yang didirikan harus memperoleh *supply* bahan baku secara terus menerus (*continue*). Bahan baku yang digunakan adalah natrium klorida (NaCl) dan

asam sulfat (H_2SO_4). Di Indonesia H_2SO_4 dan NaCl sudah diproduksi oleh beberapa pabrik sehingga kebutuhan bahan baku dapat terjamin. Bahan baku yang digunakan lebih baik jika dapat dipenuhi dari dalam negeri, tetapi impor dapat dilakukan jika produksi dalam negeri tidak dapat memenuhi kebutuhan. Beberapa pabrik di Indonesia yang berperan sebagai produsen bahan baku dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Ketersediaan Pabrik Bahan Baku di Indonesia

Pabrik	Produk	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Petrokimia	H_2SO_4	Gresik	1.170.000
PT Timuraya Tunggal	H_2SO_4	Karawang	24.000
PT Indonesia Acid Industri	H_2SO_4	Jakarta Timur	82.500
PT Smelting	H_2SO_4	Gresik	92.000
PT Dunia Kimia Utama	H_2SO_4	Sumatera Selatan	30.000
PT Supra Matam Kimia	H_2SO_4	Cilacap	300.000
PT Karya Supra Perkasa	H_2SO_4	Cilegon	300.000
PT Garam Persero	NaCl	Gresik	500.000
PT Cheetham Garam Indonesia	NaCl	Cilegon	< 115.500
PT UNIchemCandi Indonesia	NaCl	Gresik	300.000

Sumber: Kementerian Perindustrian, 2024

1.2.3 Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi pabrik yang didirikan merupakan salah satu hal yang penting untuk dipertimbangkan dengan baik. Nilai kapasitas pabrik yang ditetapkan berpengaruh dalam perhitungan baik dari segi teknis maupun ekonomis. Hal ini dikarenakan jika kapasitas pabrik yang ditetapkan dengan tepat, maka dapat menghasilkan banyak keuntungan. Pabrik asam klorida ini didirikan pada tahun 2027 dengan peluang kapasitas yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam

negeri dan menutupi nilai impor dari luar negeri. Rumus menghitung kapasitas dapat ditentukan melalui metode *discounted* seperti sebagai berikut:

$$X = X_0 (1+i)^n \dots\dots\dots (1.1)$$

Keterangan:

X = jumlah kapasitas pada tahun pabrik didirikan

X₀ = data terakhir

i = rata-rata pertumbuhan

n = selisih tahun pendirian pabrik (2027-2024 = 7 tahun) (Ulrich, 1984)

Tabel 1.3 Data Impor Asam Klorida di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2016	2.549,098	-
2017	1.279,557	0,49803538
2018	3.085,672	1,41151586
2019	11.447,169	2,70978153
2020	295,906	0,97415029
Rata-Rata	3.731,4804	1,39837077

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Rata-rata persen kenaikan impor HCl yang ditunjukkan pada Tabel 1.3 sebesar 139,84% sehingga besarnya impor pada tahun 2027 dapat diperkirakan dengan persamaan 1.1.

$$X_1 = 295.906 (1+1,3984)^7$$

$$X_1 = 135.072,84 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1.4 Data Ekspor Asam Klorida di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2016	4.399	-
2017	5.562	0,26437827
2018	9.670	0,73858324
2019	8.340	0,13753878
2020	12.360	0,48201439
Rata-Rata	8.066,2	0,40562867

Sumber: Index Box, Inc., 2024

Tabel 1.4 menunjukkan bahwa rata-rata persen kenaikan ekspor HCl sebesar 40,56% sehingga perkiraan ekspor pada tahun 2027 dapat dihitung melalui persamaan 1.1.

$$X_2 = 12.360 (1+0,4056)^7$$

$$X_2 = 134.002,44 \text{ ton/tahun}$$

Sementara itu, untuk kapasitas produksi dapat dilihat dari Tabel 1.1 yang menunjukkan bahwa hanya ada satu pabrik HCl yang berdiri di Indonesia yaitu PT Asahimas *Chemical* dengan kapasitas produksi 82.000 ton/tahun. Untuk itu, produksi pada tahun 2027 (X_3) dianggap tetap setiap tahunnya pada nilai kapasitas pabrik terpasangnya.

Tabel 1.5 Data Kebutuhan Asam Klorida di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2016	56.753,40	-
2017	60.477,80	0,06562426
2018	68.202,00	0,12771959
2019	77.927,00	0,14259113
2020	86.451,00	0,10938442
Rata-Rata	69.962,24	0,113299

Sumber: Index Box, Inc., 2024

Pada Tabel 1.5 rata-rata persen kenaikan konsumsi HCl sebesar 11,33% sehingga besarnya konsumsi HCl pada tahun 2027 dapat diperkirakan melalui persamaan 1.1.

$$X_4 = 86.451 (1+0,1133)^7$$

$$X_4 = 180.996,79 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data ekspor, konsumsi, impor, dan produksi HCl pada tahun 2027, maka dapat diperkirakan peluang kapasitas produksi pabrik HCl sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Peluang Kapasitas} &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \dots\dots\dots (1.2) \\ \text{Peluang Kapasitas} &= (X_2 + X_4) - (X_1 + X_3) \\ &= (134.002,44 + 180.996,79) - (135.072,84 + 82.000) \\ &= 97.926,40 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, maka peluang kapasitas pabrik HCl yang didirikan pada tahun 2027 sebesar 97.926,40 ton/tahun. Pada pra rancangan pabrik HCl ini ditetapkan kapasitas produksi sebesar 45.000 ton/tahun (46% dari peluang kapasitas pabrik pada tahun 2027).

Tabel 1.6 Peluang Kapasitas Pabrik HCl Tahun 2020-2024

Tahun	Peluang Kapasitas (Ton/Tahun)
2020	16.515,09
2021	30.739,46
2022	47.490,34
2023	66.902,81
2024	88.328,34



Gambar 1.1 Grafik Peluang Kapasitas Pabrik HCl

Prediksi peluang kapasitas pabrik HCl pada tahun pra rancangan pabrik yaitu 2027 dapat digunakan metode linearisasi sehingga diperoleh persamaan $y = 17.978,99x - 36.303.513,41$ dengan sumbu x adalah tahun pendirian pabrik dan sumbu y adalah peluang kapasitas pabrik (ton/tahun). Dengan demikian, dari persamaan tersebut dapat diperkirakan peluang kapasitas pabrik HCl pada tahun 2027 sebagai berikut:

$$y = 17.978,99 (2027) - 36.303.513,41$$

$$y = 139.899,32 \text{ ton/tahun}$$

Hasil perhitungan peluang kapasitas pabrik HCl yang didirikan pada tahun 2027 sebesar 139.899,32 ton/tahun sehingga pada pra rancangan pabrik HCl ini dapat ditetapkan kapasitas produksi sebesar 45.000 ton/tahun (32% dari peluang kapasitas pabrik pada tahun 2027).

Penentuan kapasitas pabrik ini ditetapkan dengan beberapa pertimbangan, antara lain:

- a. Penetapan kapasitas tersebut mampu memenuhi kebutuhan dan masih menjamin pasokan bahan tersedia secara terus menerus karena penetapan kapasitas pabrik tidak terlalu besar sehingga tidak membutuhkan lebih banyak bahan baku. Untuk itu, tidak memengaruhi kebutuhan nasional khususnya di daerah Jawa Timur yang menjadi lokasi pendirian pabrik.
- b. Kapasitas minimal produksi pabrik HCl yang telah berdiri di dunia sebesar 30.000 ton/tahun, sedangkan kapasitas maksimal produksi HCl sebesar 247.000 ton/tahun. Pabrik tetap dapat beroperasi dengan baik dan menguntungkan dalam rentang kapasitas yang sangat lebar yaitu kisaran 30.000 – 247.000 ton/tahun. Kapasitas yang ditetapkan juga tidak melebihi

kapasitas produksi pabrik HCl yang telah berdiri di Indonesia, yaitu sebesar 82.000 ton/tahun.

- c. Kapasitas yang ditetapkan tidak mencapai 100% dari peluang yang ada di tahun 2027. Namun, kapasitas yang ditetapkan ini tergolong mampu memberikan banyak keuntungan, khususnya dalam meningkatkan devisa negara karena mampu menutupi nilai impor. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan perkiraan ekspor dan impor yang menunjukkan ekspor produk ke luar negeri masih dapat dilakukan meskipun dilakukan impor dari luar negeri.

1.3 *Penentuan Lokasi Pabrik*

Penentuan lokasi dalam perencanaan suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama yang mampu menentukan nilai performa dan keberhasilan suatu pabrik. Purnomo (2017) menyatakan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi dalam penentuan lokasi terbagi menjadi dua, yaitu faktor primer dan sekunder. Faktor primer merupakan faktor yang berpengaruh langsung kepada produksi dan distribusi dari industri, sedangkan faktor sekunder adalah faktor pendukung terhadap industri yang dijalankan. Faktor-faktor primer yang sering dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik sebagai berikut:

- a. Kedekatan dengan sumber bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan hal utama yang perlu diperhatikan agar proses produksi tidak mengalami banyak hambatan. Bahan baku yang digunakan sebaiknya tidak diimpor dari luar negeri, tetapi berasal dari dalam negeri dan memiliki jarak yang dekat dengan lokasi pendirian pabrik. Hal ini bertujuan untuk mengurangi biaya produksi pabrik. Untuk itu, NaCl yang

nantinya digunakan diperoleh dari PT Garam di Gresik dan H₂SO₄ diperoleh dari PT Petrokimia Gresik.

b. Ketersediaan tenaga kerja

Umumnya, di setiap lokasi ketersediaan tenaga kerja memiliki potensi yang hampir sama sehingga hal ini dapat menjadi langkah positif untuk mengurangi angka pengangguran. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kab. Gresik (2023), populasi warga Gresik dengan tingkat pendidikan SMA dan SMK sebanyak 2.208 orang. Sementara itu, populasi warga Gresik dengan tingkat pendidikan sarjana sebanyak 2.369 orang. Dengan demikian, kebutuhan tenaga kerja tidak menjadi masalah karena tersedianya lulusan SMA, SMK, dan sarjana dalam jumlah yang besar.

c. Distribusi dan Pemasaran

Distribusi produk yang dihasilkan dilakukan melalui kota Surabaya karena kedudukannya sebagai Ibukota Jawa Timur sehingga segala fasilitasnya telah tersedia. Pemasaran produk dibagi menjadi dua golongan, yaitu partai besar untuk pasokan pabrik dan partai kecil untuk didistribusikan ke pengecer. Pemasaran ini didistribusikan kepada konsumen, seperti industri plastik dengan kebutuhan 50.000 ton/tahun, industri minyak kelapa sawit dengan kebutuhan 5.600 ton/tahun, industri gula dengan kebutuhan 93 ton/tahun, industri tekstil dengan kebutuhan 1.782 ton/tahun, industri farmasi dengan kebutuhan 3 ton/tahun, industri logam dan listrik dengan kebutuhan 40 ton/tahun, serta industri air minum dan mineral dengan kebutuhan 8 ton/tahun (Kementerian Perdagangan, 2023).

d. Sumber energi

Kebutuhan pabrik energi cukup besar sehingga industri harus mendapatkan *supplay* tenaga listrik yang cukup. Pendirian unit pembangkit tenaga listrik pada pabrik seharusnya dilakukan agar produksi pabrik tidak bergantung hanya pada *supplay* listrik dari PLN. Hal ini dilakukan dengan harapan agar selama masa operasional pabrik dapat berjalan dengan lancar. Sementara itu, pasokan bahan bakar untuk kebutuhan unit pembangkit tenaga listrik yang didirikan dapat diperoleh dari PT Pertamina yang memiliki jarak terdekat dari lokasi pendirian pabrik.

e. Sarana transportasi

Transportasi merupakan salah satu faktor khusus yang harus diperhatikan baik untuk bahan baku maupun untuk produk yang dihasilkan. Pada dasarnya, persoalan transportasi tidak hanya menyangkut ketersediaan sarana angkutan seperti truk, mobil boks, kereta api, kapal, dan sebagainya. Namun, juga termasuk sarana perhubungan, seperti fasilitas jalan raya, letak stasiun kereta api, pelabuhan laut, dan udara. Dari peninjauan lokasi pendirian pabrik, masalah transportasi tidak mengalami kesulitan karena tersedianya sarana perhubungan yang baik. Fasilitas pengangkutan darat yang dilalui oleh kendaraan bermuatan berat dapat dipenuhi melalui jalan raya (Jl. Tol Surabaya-Gresik). Sementara itu, fasilitas pengangkutan laut dapat dipenuhi melalui pelabuhan di sekitar daerah tersebut (pelabuhan JIPE, Manyak Gresik) dan untuk transportasi udara dapat dipenuhi melalui bandara udara Juanda Surabaya.

Selain itu, Purnomo (2017) juga menyatakan beberapa faktor sekunder yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik, yaitu:

a. Ketersediaan air

Secara umum, air untuk kebutuhan industri tersedia dari tiga macam sumber utama, yakni *surface water* (berasal dari sumber air, seperti sungai, danau), *ground water* (berasal dari sumber air di dalam tubuh), dan air yang berasal dari penampungan hujan. Air merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu industri kimia karena air dapat digunakan sebagai sanitasi, pencegahan bahaya kebakaran, media pendingin *steam*, serta untuk air proses. Meninjau dari letak lokasi, pabrik tersebut berada dekat dengan aliran sungai sehingga persoalan penyediaan air tidak mengalami kesulitan karena menjadikan sungai sebagai sumber utama.

b. Keadaan iklim dan cuaca

Daerah tersebut beriklim tropis dengan temperatur rata-rata 28,5 °C, kelembaban udara sekitar 48% pada musim hujan, kelembaban udara pada musim kemarau sekitar 92%, curah hujan relatif rendah dengan rata-rata 8 mm. Selain itu, potensi terjadi angin ribut, gempa bumi, dan banjir sangat kecil (Weather Spark, 2024).

c. Landasan Hukum

Pemilihan lokasi pabrik termasuk daerah kawasan industri. Menurut pasal 7 ayat 6 Peraturan Pemerintah No. 17 Tahun 2021 menyatakan bahwa perlunya mendukung pengembangan kawasan perindustrian kimia. Kawasan yang telah terintegasi dengan infrastruktur pendukung memadai dapat mempercepat

pengembangan industri kimia sehingga dapat menarik investasi bernilai tinggi dan menciptakan lapangan pekerjaan. Untuk itu, pendirian pabrik ini memiliki peluang yang besar karena adanya dukungan dari pemerintah.

d. Pengolahan Limbah

Buangan pabrik tidak membahayakan lingkungan karena sisa-sisa proses produksi yang dibuang tidak mengandung bahan-bahan yang dapat mencemari lingkungan. Hal ini dikarenakan air buangan pabrik telah diolah pada *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan penerima air buangan.

Berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi dalam penentuan lokasi pabrik, maka pabrik ini didirikan di daerah Manyarejo Gresik, Jawa Timur.



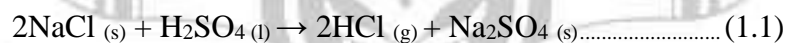
Gambar 1.2 Peta Lokasi Pendirian Pabrik Asam Klorida
(Sumber: *Google Earth*, 2024)

1.4 Tinjauan Proses

Pemilihan proses adalah bagian yang paling krusial dalam merancang pabrik kimia. Pada dasarnya, pembuatan HCl dapat dilakukan melalui beberapa jenis proses tergantung dari jenis bahan baku yang digunakan, antara lain:

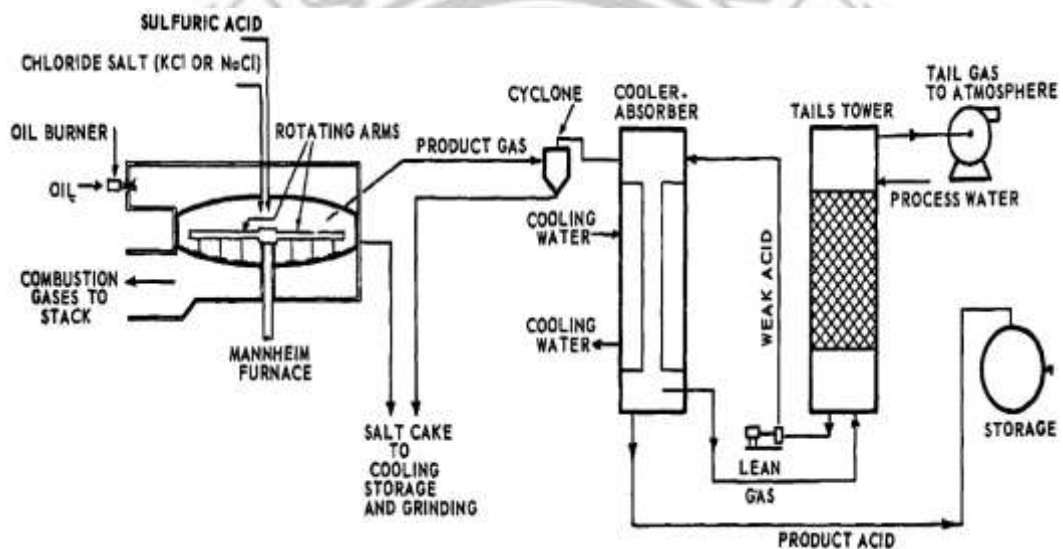
1.4.1 Proses *Mannheim*

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah garam dan asam sulfat. Pertama-tama, garam dan asam sulfat sedikit berlebih dengan kadar 60°Be diumpankan ke *furnace* yang dilengkapi dengan pengaduk jenis rake atau disebut *mannheim furnace*. Di dalam *furnace* terjadi pemanasan secara perlahan hingga mencapai suhu diatas titik lebur garam yaitu 801 °C. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:

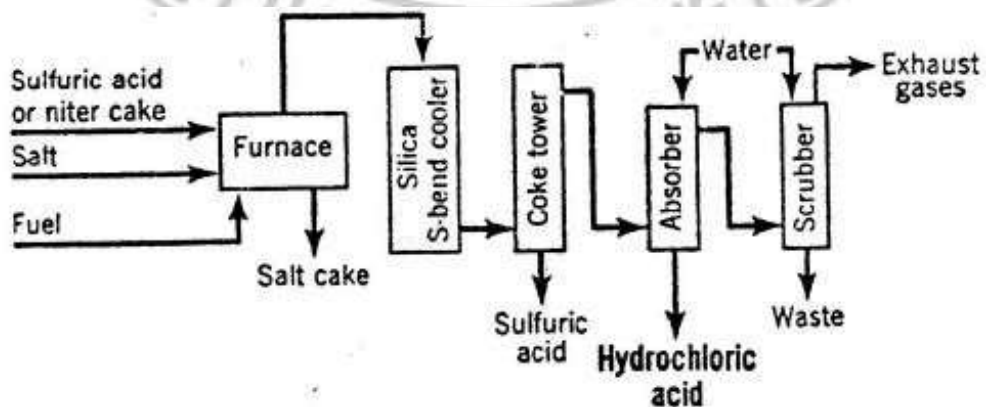


Produk atas *furnace* berupa gas *hydrogen chloride*, kemudian diumpankan ke *silica S-bend Cooler* untuk proses pendinginan. Sementara itu, untuk produk bawahnya terbentuk endapan garam *sodium sulfate (salt cake)* yang menjadi produk samping. Gas *hydrogen chloride* dari *furnace* didinginkan pada *silica S-bend cooler* sampai suhu 350 °C. Kemudian, dilewatkan ke *coke tower* untuk menghilangkan *sulfuric acid* yang terkandung dalam gas *hydrogen chloride*. Setelah itu, gas *hydrogen chloride* diserap dengan air proses melalui *absorber* sehingga diperoleh larutan HCl Sementara itu, gas *hydrogen chloride* yang tidak terserap diolah pada *scrubber* sebelum dibuang. Nilai konversi pada proses ini sebesar 98% (Faith, et al., 1960).

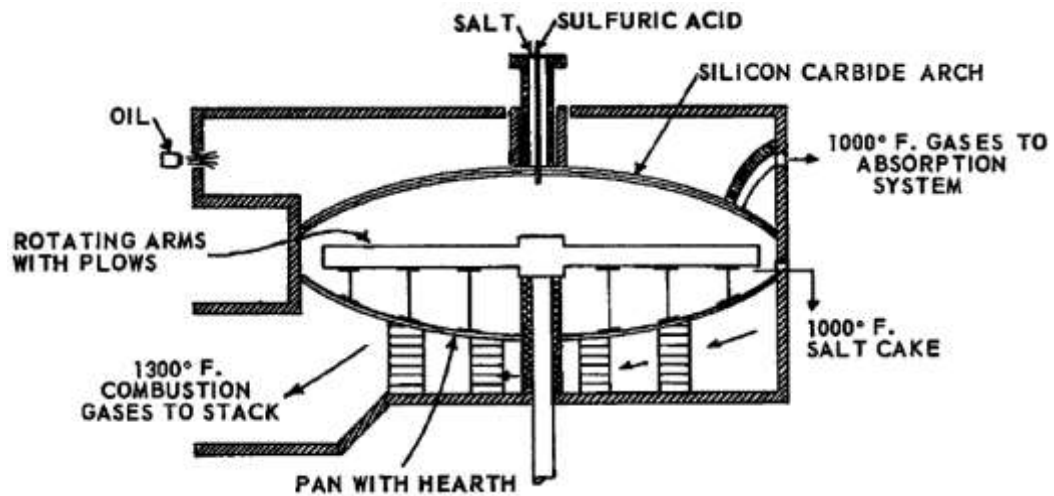
Proses ini memiliki beberapa keuntungan, yaitu biaya kapital (modal) lebih rendah, bahan baku mudah didapatkan, menghasilkan produk dengan konsentrasi tinggi, operasi pemurnian yang lebih sedikit, serta tekanan reaktor pada kondisi atmosferik. Sementara itu, kekurangan pada proses ini adalah reaktor lebih rentan korosi, proses pemanasan dalam *furnace* memerlukan energi yang signifikan, serta emisi yang dihasilkan harus diolah dengan hati-hati untuk mencegah pencemaran lingkungan (Uzair, et al., 2020).



Gambar 1.3 Peralatan Produksi HCl dengan Proses *Mannheim*
(Sumber: Uzair, et al., 2020)



Gambar 1.4 Diagram Alir Proses *Mannheim* (Sumber: Faith, et al., 1960)



Gambar 1.5 *Mannheim Furnace* (Sumber: NAPCP, 1969)

1.4.2 Proses *Combustion* Cl₂ dan H₂

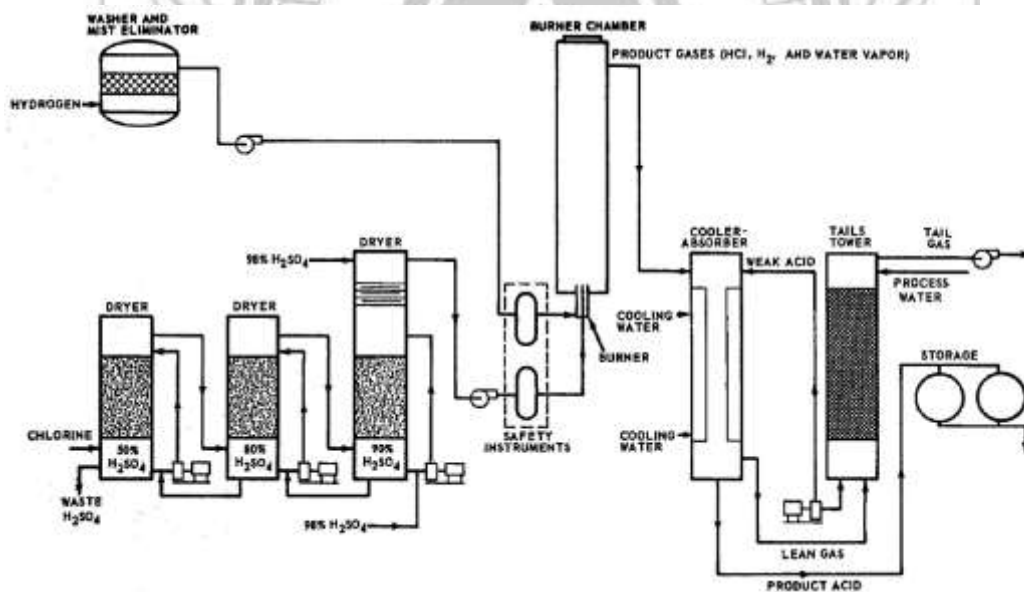
Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah gas *chlorine* (Cl₂) dan gas *hydrogen* (H₂) yang direaksikan secara langsung dalam suatu reaktor. Reaksi yang terjadi antara H₂ dan Cl₂ sangat endotermik sehingga reaktor biasanya dilengkapi dengan suatu sistem pemanas. Reaksi yang terjadi pada proses ini sebagai berikut:



Pertama-tama, gas *chlorine* dibakar dengan gas *hydrogen* yang sedikit berlebih untuk menghasilkan *hydrogen chloride* (HCl). Gas *hydrogen chloride* yang terbentuk didinginkan dan diserap dengan air proses pada *silica S-bend cooler* sehingga menghasilkan larutan HCl 22°Be (36%). Sementara itu, untuk gas *hydrogen chloride* yang tidak terserap diserap dengan air proses pada kolom *absorber* sehingga didapat larutan HCl 18°Be (28%). Namun, jika masih ada gas *hydrogen chloride* yang tidak terserap pada proses sebelumnya dapat diolah lebih lanjut pada *scrubber* sebelum dibuang ke udara bebas. Produk yang dihasilkan dari proses ini memiliki kemurniaan yang tinggi karena melalui banyak proses

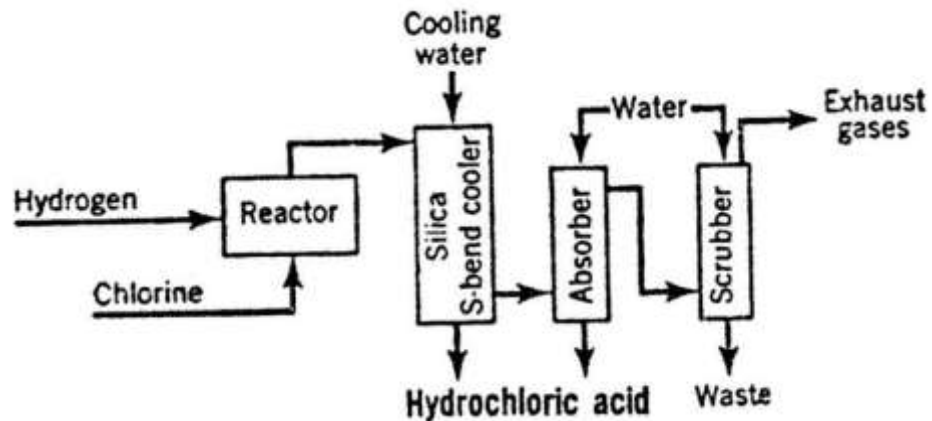
pemurnian. Sementara itu, nilai konversi pada proses ini berada pada kisaran 90-99% (Faith, et al., 1960).

Beberapa keuntungan dari proses ini, yaitu efisiensi tinggi dalam menghasilkan produk, produk samping yang dihasilkan tidak terlalu beracun, penanganan pengolahan limbah lebih mudah, serta relatif sederhana dalam desain dan operasi. Sementara itu, kekurangan pada proses ini adalah biaya kapital cukup tinggi, membutuhkan pasokan daya listrik yang besar, produksi produk yang dihasilkan tergantung dari kemurniaan gas klorin, suhu operasi yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan polutan berupa nitrogen oksida (NO_x), serta tekanan reaktor lebih tinggi daripada tekanan atmosferik (Uzair, et al., 2020).

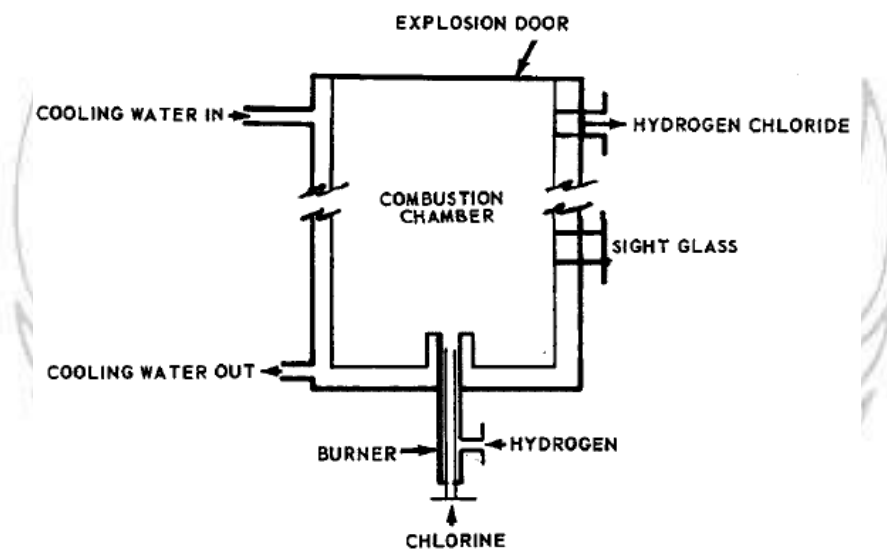


Gambar 1.6 Peralatan Produksi HCl dengan Proses *Combustion*

(Sumber: Uzair, et al., 2020)



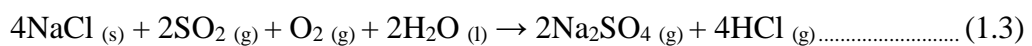
Gambar 1.7 Diagram Alir Proses *Combustion* (Sumber: Faith, et al., 1960)



Gambar 1.8 *Burner Combustion Chamber* (Sumber: NAPCP, 1969)

1.4.3 Proses *Hargreaves*

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah garam, gas SO_2 , udara, dan air dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Pada proses ini, terlebih dahulu campuran gas *sulfur dioxide*, udara, dan air dilewatkan di briket garam sebelum melalui beberapa reaktor vertikal. Reaksi yang

terjadi bersifat eksotermis dan reaktan yang masuk harus berjalan pada suhu 427°C (800°F) sampai 538°C (1000°F). Produk bawah reaktor berupa Na₂SO₄ dan untuk produk atas berupa gas HCl. Proses pendinginan dan pemurnian produk atas dilakukan seperti pada proses *combustion*. Konversi yang dihasilkan pada proses ini berada pada kisaran 90-99% (Faith, et al., 1960).

Beberapa keuntungan dari proses ini, yaitu dapat menggunakan bahan baku bermutu lebih rendah (garam dapur), diklaim memiliki efisiensi yang tinggi dalam menghasilkan produk asam klorida, serta menggunakan bahan bakar alternatif seperti hidrogen yang lebih bersih daripada bahan bakar fosil. Sementara itu, kekurangannya adalah membutuhkan desain khusus untuk menyimpan bahan baku, harga bahan baku gas SO₂ lebih mahal, alat *pre-treatment* bahan baku yang lebih mahal, serta reaksi SO₂ dan O₂ dalam fasa gas lebih rumit dalam perencanaan dan kontrol prosesnya (Dewi, et al., 2020).

Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Klorida

No.	Parameter	Uraian Proses		
		<i>Mannheim</i>	<i>Hargreaves</i>	<i>Combustion</i>
1.	Bahan Baku	NaCl dan H ₂ SO ₄	NaCl, SO ₂ , dan H ₂ O	H ₂ dan Cl ₂
2.	Suhu (T)	843 °C	427-538 °C	900 °C
3.	Tekanan (P)	1 atm	1 atm	4 atm
4.	Pengendalian Bahan Baku Utama	Umum	Khusus (<i>briquett</i> garam)	Umum
5.	Reaktor	<i>Mannheim Furnace</i>	<i>Vertical Kiln Series</i>	<i>Burner Chamber</i>
7.	Peralatan	5 Unit	7 Unit	4 Unit
8.	Konversi	98%	90-99%	90-99%

Sumber: Faith, et. al., 1960

Uraian dari ketiga jenis proses dalam pembuatan HCl menunjukkan bahwa setiap proses memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pemilihan proses tergantung pada faktor-faktor seperti skala produksi, ketersediaan bahan baku, persyaratan lingkungan, dan faktor ekonomi. Dari perbandingan ketiga proses tersebut, maka proses yang dipilih adalah proses *mannheim*. Pemilihan proses ini, didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

- a. Penghematan biaya produksi dapat dilakukan karena bahan baku yang dibutuhkan tidak beragam dan mudah didapat.
- b. Konversi yang dihasilkan dapat mencapai sekitar 98%.
- c. Adanya produk samping berupa natrium sulfat yang biasanya digunakan oleh industri kaca dan kertas sehingga dapat memberi nilai tambah.
- d. Kondisi operasi yang digunakan cukup ringan.
- e. Instalasi peralatan lebih sederhana dan tidak rumit sehingga investasi lebih ekonomis.

BAB XI KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan hasil perhitungan pada pra rancangan pabrik asam klorida ini dapat diperoleh kesimpulan dengan meninjau dari beberapa aspek, yaitu:

1. Aspek proses

Proses produksi asam klorida dengan metode *Mannheim Furnace* lebih ekonomis karena kondisi operasi yang digunakan cukup ringan, yaitu pada tekanan atmosfer dan suhu operasi rendah.

2. Aspek lokasi

Lokasi pendirian pabrik di Manyarejo, Kab. Gresik, Jawa Timur merupakan daerah yang strategis karena berada pada daerah dengan ketersediaan bahan baku yang memadai dan letaknya tidak jauh dari ibukota provinsi sehingga memudahkan pemasaran serta sistem transportasi yang mendukung.

3. Aspek struktur Perusahaan

Bentuk perusahaan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi garis dan staff serta jumlah karyawan yang dibutuhkan sebanyak 144 orang.

4. Aspek ekonomi

Pabrik ini layak untuk didirikan karena memberikan keuntungan yang ditinjau dari segi ekonomi. Berikut data hasil analisis ekonomi yang diperoleh:

- a. *Return on Investment* (ROI) = 18,45%
- b. *Pay out time* (POT) = 3,5 tahun
- c. *Internal rate of return* (IRR) = 18,0389%
- d. *Break event point* (BEP) = 45,84%

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S & Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc GrawHill Book Co. Inc, New York.
- Badan Pusat Statistik, 2023. *Data Ekspor Impor Nasional*. (Online), (<https://www.bps.go.id/id>), diakses 19 Februari 2024.
- Badan Pusat Statistik Kab. Gresik, 2023. *Kabupaten Gresik dalam Angka*. (Online), (<https://gresikkab.bps.go.id/>), diakses 13 Maret 2024.
- Badger's W.L. & Banchero , J.T. , 1955. *Introduction to Chemical Engineering*, Int ed , McGraw-Hill Book Company Inc. , N.Y.
- Brownell, L. & E.Young. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons Inc.,N.Y.
- Bhatt, B. I. & Tharoke, S. B., 2010. *Stoichiometry*. 5th ed. New Delhi: Mc Graw Hill.
- Brown, George Grager, 1950. *Unit Operations*. John Wiley & Sons: New Delhi.
- Coulson & Richardson's, 1978. *Chemical Engineering Design*. 4th ed. Elsevier Butterworth-Heineman.
- Dewi, N. R., Putri, Y. A., Ni'mah, H. & Roesyadi, A., 2020. Studi Pendirian Pabrik Natrium Sulfat dengan Proses Mannheim. *Fundamentals and Applications of Chemical Engineering*, I(1), pp. 5-8.
- Darmastuti, I. et al., 2022. *Organisasi dan Manajemen*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Faith, W., Keyes, D. & Clark, R., 1960. *Industrial Chemical*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fuad, M. et al., 2006. *Pengantar Bisnis*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Geankoplis, Christie J., 1978. *Transport Processes and Unit Operations*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- Google Earth, 2024. *Peta Lokasi Desa Manyarejo, Manyar, Gresik*. (Online), (<https://earth.google.com>), diakses 12 Maret 2024.
- Haryono, H. E., 2019. *Kimia Dasar*. 1st ed. Yogyakarta: Deepublish.

- Himmelblau, D.M., 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 5th ed. Prentice-Hall International, Singapore.
- Hidayat, Wahyu. 2008. Teknologi Pengolahan Air Limbah. Majari magazine.com/2008/01/teknologi-pengolahan-air-limbah/. Last Update: 2 Mei 2021.
- Index Box, Inc, 2024. *Market Intelligence Platform*. (Online), (<https://www.indexbox.io/>), diakses 19 Februari 2024.
- Kern, D.Q. , 1965. *Process Heat Transfer*. Int ed. McGraw Hill Book Company Inc., N.Y.
- Kementerian Perdagangan, 2023. *Satu Data Perdagangan*. (Online), (<https://satudata.kemendag.go.id/data-informasi>), diakses 22 Maret 2024.
- Kementerian Perindustrian, 2024. *Daftar Inventarisasi Barang / Jasa Produksi Dalam Negeri*. (Online), (<https://tkdn.kemenperin.go.id/>), diakses 13 Maret 2024.
- Kementerian Perindustrian, 2020. *Analisis Perkembangan Industri Pengolahan Non Migas Indonesia 2020*. 4th ed. Jakarta: Kementerian Perindustrian.
- McCabe,W.L. , 1956. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 5th ed. McGraw Hill Book Company Inc. , Tokyo.
- Naja, H. R. D., 2004. *Manajemen Fit & Proper Test*. Yogyakarta: Pustaka Widyatama.
- National Air Pollution Control Programme (NAPCP), 1969. *Atmospheric Emissions From Hydrochloric Acid Manufacturing Processes*, North Carolina: United States Enviromental Protection Agency.
- Nugraheni, S. D. & Khoiriah, U. L., 2022. *Prarancangan Pabrik HCl dari Hidrogen dan Klorin Kapasitas 65.000 Ton/Tahun*, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Nurhadi, M., 2021. *Gas dan Termodinamika*. 1st ed. Samarinda: Media Nusa Creative.
- Petter, M.S & Timmerhaus, K.D., 1959. *Plant Design and Economi for Chemical Engineering*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Petter, M.S & Timmerhaus, K.D., 2002. *Plant Design and Economi for Chemical Engineering*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

- Perry, C., 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7th ed. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- PT Garam Persero, 2018. *Informasi Produk*. (Online), (<https://www.ptgaram.com/>), diakses 13 Maret 2024.
- Purnomo, H., 2017. *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: CV Sigma.
- Pohan, N., 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Biofilter Aerobik*. Thesis Master, Program Pasca Sarjana USU, Medan.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C. & Abbott, M. M., 1997. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 6th ed. New York: Mc Graw Hill Book Companies.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations*. 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Umar, H., 2003. *Business an Introduction*. 2nd ed. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ulrich, G. D., 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons.
- Uzair, Q. et al., 2020. *Design Project Production of 95k Metric Tonnes of Hydrochloric Acid per Year*, Malaysia: Universitas Teknologi MARA Shah Alam.
- Weather Spark, 2024. *Iklm dan Cuaca Rata-Rata Sepanjang Tahun di Gresik*. (Online), (<https://id.weatherspark.com/>), diakses 13 Maret 2024.
- Wesley W.E., 1989. *Industrial Water Pollution Control*. 2th ed. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Van Winkle, M. 1967. *Distillation*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Yaws, C. L., 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: Mc Graw Hill Book Companies, Inc.

