

PRA RANCANGAN PABRIK *HYDROCHLORIC ACID* (HCl)
DARI *SULFURIC ACID* DAN *POTASSIUM CHLORIDE* PROSES MANNHEIM
KAPASITAS 17.500 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

ANDI AINUN NABILAH 431 21 054

RUSTAN 431 21 068

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "**Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid* (HCl) dari *Sulfuric Acid* dan *Potassium Chloride* Proses *Mannheim* Kapasitas 17.500 Ton/Tahun**" oleh Andi Ainun Nabilah NIM 431 21 054 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 30 September 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 197304092003122002



Jeanne Dewi Damayanti, S.T., M.Sc.
NIP. 199004022019032028

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 197304092003122002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "**Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid* (HCl) dari *Sulfuric Acid* dan *Potassium Chloride* Proses *Mannheim* Kapasitas 17.500 Ton/Tahun**" oleh Rustan NIM 431 21 068 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 30 September 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 197304092003122002



Jeanne Dewi Damayanti, S.T., M.Sc.
NIP. 199004022019032028

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



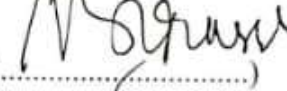
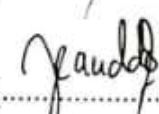
Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 197304092003122002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin 06 Oktober 2025, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Andi Ainun Nabilah NIM 431 21 054 dengan judul **"Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid* (HCl) dari *Sulfuric Acid* dan *Potassium Chloride* Proses *Mannheim* Kapasitas 17.500 Ton/Tahun"**.

Makassar, 06 Oktober 2025

Tim Penguji Ujian Skripsi:

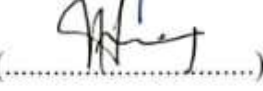
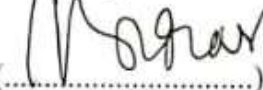
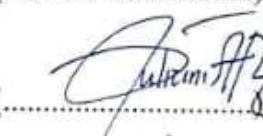
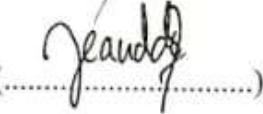
- | | | |
|---------------------------------------|---------------|---|
| 1. Ir. Irwan Sofia, M.Si. | Ketua | () |
| 2. Dra. Abigael Todingbua*, M.Si. | Sekretaris | () |
| 3. Ir. Hastami Murdiningsih, M.T. | Anggota | () |
| 4. M. Badai, S.T., M.T. | Anggota | () |
| 5. Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng. | Pembimbing I | () |
| 6. Jeanne Dewi Damayanti, S.T., M.Sc. | Pembimbing II | () |

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin 06 Oktober 2025, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Rustan NIM 431 21 068 dengan judul **"Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid* (HCl) dari *Sulfuric Acid* dan *Potassium Chloride* Proses *Mannheim* Kapasitas 17.500 Ton/Tahun"**.

Makassar, 06 Oktober 2025

Tim Penguji Ujian Skripsi:

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|---|
| 1. Ir. Irwan Sofia, M.Si. | Ketua | () |
| 2. Dra. Abigael Todingbua', M.Si. | Sekretaris | () |
| 3. Ir. Hastami Murdiningsih, M.T. | Anggota | () |
| 4. M. Badai, S.T., M.T. | Anggota | () |
| 5. Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng. | Pembimbing I | () |
| 6. Jeanne Dewi Damayanti, S.T., M.Sc. | Pembimbing II | () |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah Swt. karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid (HCl)* dari *Sulfuric Acid* dan *Potassium Chloride* Proses *Mannheim* Kapasitas 17.500 Ton/Tahun”** ini dengan baik. Selawat dan salam tidak lupa pula kita hanturkan kepada Nabi Muhammad Saw. yang menjadi suri teladan bagi kita semua. Dalam menyelesaikan skripsi ini kami mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta atas doa yang tak pernah putus, kasih sayang tanpa batas, serta pengorbanan yang tak pernah terhitung. Setiap langkah penulis hingga titik ini adalah berkat restu, kesabaran, dan cinta tulus kalian. Semoga Allah Swt. senantiasa melimpahkan keberkahan dan kebahagiaan kepada kalian. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak terkhusus kepada:

1. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
2. Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang;
3. Koordinator Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang;
4. Ibu Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng. selaku pembimbing I atas segala tempaan, kesabaran, nasihat, dan bimbingannya yang luar biasa sehingga dapat mengantarkan penulis menuju pintu gerbang sarjana;

5. Ibu Jeanne Dewi Damayanti, S.T., M.Sc. selaku pembimbing II yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
6. Civitas Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan dukungan, baik melalui ilmu, pengalaman, maupun suasana akademik yang penuh kekeluargaan;
7. Teman-teman dari Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan dan menjadi penyemangat dalam penyusunan skripsi ini;
8. Semua pihak yang membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini, terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Makassar, 30 September 2025

Penulis

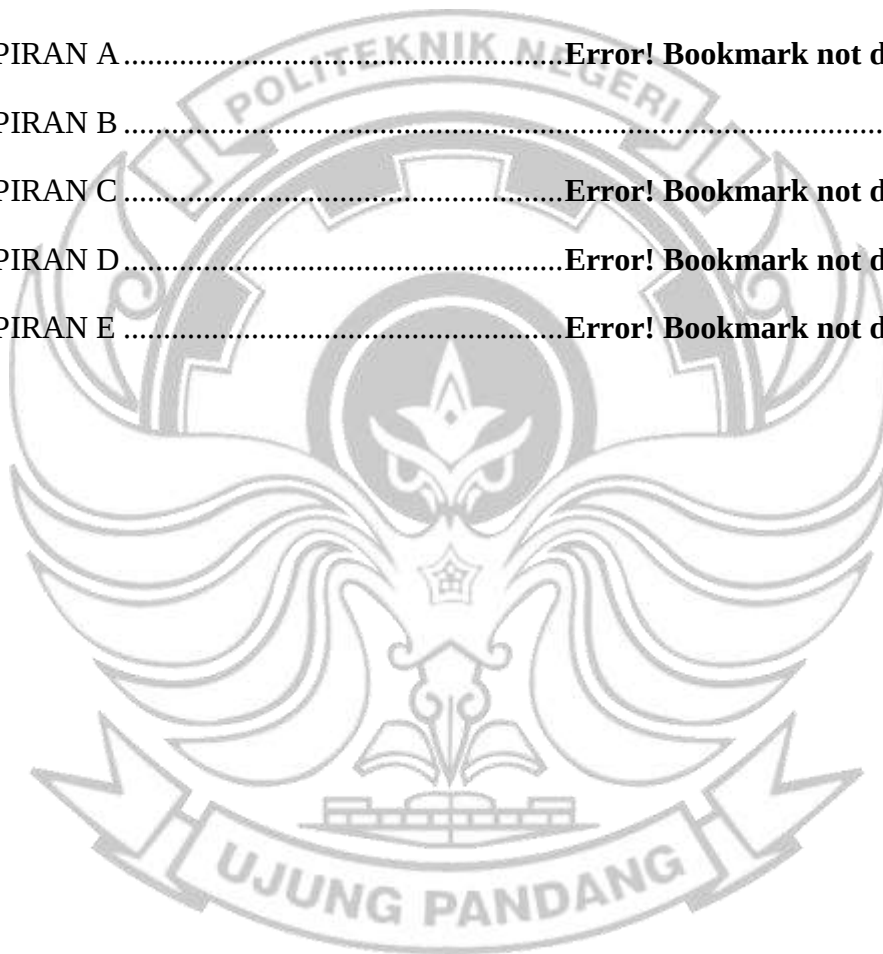
DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
RINGKASAN	xv
SURAT PERNYATAAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	19
1.1 Latar Belakang	19
1.2 Kapasitas Rancangan.....	21
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	27
1.4 Tinjauan Proses	32
BAB II PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES ...	Error! Bookmark not defined.
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Konsep Proses	Error! Bookmark not defined.
2.3 Langkah Proses.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Diagram Alir Proses	Error! Bookmark not defined.
BAB III NERACA MASSA	Error! Bookmark not defined.
3.1 Reaktor <i>Mannheim</i> (R-01).....	Error! Bookmark not defined.
3.2 <i>Silica Tower</i> (ST-01)	Error! Bookmark not defined.
3.3 <i>Coke Tower</i> (CT-01)	Error! Bookmark not defined.
3.4 Kolom <i>Absorber</i> (AB-01)	Error! Bookmark not defined.

3.5	Kolom Scrubber (SB-01)	Error! Bookmark not defined.
BAB IV NERACA PANAS		Error! Bookmark not defined.
4.1	Reaktor Mannheim	Error! Bookmark not defined.
4.2	Silica Tower	Error! Bookmark not defined.
4.3	Coke Tower	Error! Bookmark not defined.
4.4	Kolom Absorber	Error! Bookmark not defined.
4.5	Kolom Scrubber	Error! Bookmark not defined.
BAB V SPESIFIKASI ALAT		Error! Bookmark not defined.
5.1	Gudang Garam KCl (G-01)	Error! Bookmark not defined.
5.2	Silo Garam KCl (S-01)	Error! Bookmark not defined.
5.3	Bucket Elevator (BE-01)	Error! Bookmark not defined.
5.4	Tangki H ₂ SO ₄ 98% (T-01)	Error! Bookmark not defined.
5.5	Pompa-1 (P-01)	Error! Bookmark not defined.
5.6	Blower-1 (BL-01)	Error! Bookmark not defined.
5.7	Reaktor Mannheim (R-01)	Error! Bookmark not defined.
5.8	Cooling Conveyor (CC-01)	Error! Bookmark not defined.
5.9	Stockpile K ₂ SO ₄ (SP-01)	Error! Bookmark not defined.
5.10	Blower-2 (BL-02)	Error! Bookmark not defined.
5.11	Silica Tower (ST-01)	Error! Bookmark not defined.
5.12	Coke Tower (CT-01)	Error! Bookmark not defined.
5.13	Pompa-2 (P-02)	Error! Bookmark not defined.
5.14	Tangki Sisa Larutan H ₂ SO ₄ (T-02)	Error! Bookmark not defined.
5.15	Kolom Absorber (AB-01)	Error! Bookmark not defined.
5.16	Kolom Scrubber (SB-01)	Error! Bookmark not defined.
5.17	Pompa-3 (P-03)	Error! Bookmark not defined.

5.18	Tangki Larutan HCl 37% (T-03).....	Error! Bookmark not defined.
BAB VI UTILITAS		Error! Bookmark not defined.
6.1	Unit Penyediaan Air	Error! Bookmark not defined.
6.2	Pembangkit Tenaga Listrik	Error! Bookmark not defined.
6.3	Kebutuhan Bahan Bakar.....	Error! Bookmark not defined.
6.4	Unit Pengolahan Limbah.....	Error! Bookmark not defined.
6.5	Spesifikasi Alat Utilitas.....	Error! Bookmark not defined.
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....		Error!
Bookmark not defined.		
7.1	Instrumentasi	Error! Bookmark not defined.
7.2	Keselamatan Kerja	Error! Bookmark not defined.
7.3	Alat Pelindung Diri (APD).....	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI		Error! Bookmark not defined.
8.1	Umum.....	Error! Bookmark not defined.
8.2	Bentuk Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
8.3	Struktur Organisasi.....	Error! Bookmark not defined.
8.4	Uraian Tugas, Wewenang dan Tanggung Jawab ..	Error! Bookmark not defined.
defined.		
8.5	Sistem Kerja	Error! Bookmark not defined.
8.6	Kualifikasi Karyawan.....	Error! Bookmark not defined.
8.7	Gaji Karyawan.....	Error! Bookmark not defined.
8.8	Jaminan Sosial dan Fasilitas Tenaga Kerja	Error! Bookmark not defined.
defined.		
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN		Error! Bookmark not defined.
defined.		
9.1	Deskripsi Tata Letak Pabrik	Error! Bookmark not defined.

9.2	Tata Letak Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
BAB X ANALISA EKONOMI		Error! Bookmark not defined.
10.1	Kajian Ekonomi.....	Error! Bookmark not defined.
10.2	Analisa Kelayakan Ekonomi	Error! Bookmark not defined.
BAB XI KESIMPULAN		38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN A.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN B		B-1
LAMPIRAN C.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN D.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN E		Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kapasitas Pabrik HCl di Dunia	22
Tabel 1. 2 Data Pabrik Asam Sulfat dan Kalium Klorida di Indonesia	23
Tabel 1. 3 Data Impor HCl di Indonesia	24
Tabel 1. 4 Data Ekspor HCl	25
Tabel 1. 5 Data Konsumsi Dalam Negeri HCl	26
Tabel 1. 6 Perbandingan Proses Pembuatan HCl	36
Tabel 2. 1 Komposisi Kalium Klorida di PT Timuraya Tunggal	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 2 Komposisi H ₂ SO ₄ di PT Petrokimia Gresik.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 3 Data Entalpi Pembentukan (ΔH°_f) dan Energi Bebas Gibbs (ΔG°_f)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 1 Komposisi Asam Sulfat	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 2 Komposisi Garam KCl	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 3 Neraca Massa pada <i>Mannheim Furnace</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 4 Neraca Massa pada <i>Silica Tower</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 5 Neraca Massa pada <i>Coke Tower</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 6 Neraca Massa pada Kolom <i>Absorber</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 7 Neraca Massa pada Kolom <i>Scrubber</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 8 Neraca Massa <i>Overall</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Neraca Panas pada <i>Mannheim Furnace</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Neraca Panas pada <i>Silica Tower</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Neraca Panas pada <i>Coke Tower</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Neraca Panas pada Kolom <i>Absorber</i>	Error! Bookmark not defined.

Tabel 4. 5 Neraca Panas pada Kolom <i>Scrubber</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 1 Parameter Air Sanitasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 2 Parameter Air Pendingin.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 3 Kebutuhan Air Pendingin.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7. 1 Instrumentasi pada Alat Proses Pabrik..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7. 2 Klasifikasi Bahaya Bahan Kimia Berdasarkan Sumber Bahaya...	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Tabel 7. 3 Alat Pelindung Diri yang Digunakan....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8. 1 Jadwal Kerja Karyawan Non-Shift	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8. 2 Jadwal Kerja Karyawan Shift	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8. 3 Kualifikasi Karyawan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8. 4 Perincian Gaji Karyawan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 9. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Tabel 9. 2 Keterangan Lay Out Peralatan Pabrik...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10. 1 Direct Manufacturing Cost.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10. 2 Indirect Manufacturing Cost	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10. 3 Fixed Manufacturing Cost	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10. 4 General Expense	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10. 5 Fixed Cost	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10. 6 Variable Cost	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10. 7 Semi Variable Cost	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik	31
Gambar 1. 2 Pembuatan HCl dari Garam NaCl dengan Proses <i>Mannheim Furnace</i>	33
Gambar 1. 3 Mannheim Furnace.....	33
Gambar 1. 4 Pembuatan HCl dari <i>Chlorine</i> dan <i>Hydrogen</i> dengan Proses <i>Combustion</i>	34
Gambar 1. 5 Burner Combustion Chamber.....	35
Gambar 2. 1 Diagram Alir Kualitatif	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kuantitatif	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6. 1 <i>Flow Chart</i> Penyediaan Air (Utilitas)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 8. 1 Bagan Struktur Organisasi Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 9. 1 Tata Letak Pabrik	Error! Bookmark not defined.
Gambar 9. 2 <i>Lay Out</i> Peralatan Pabrik.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 10. 1 Analisa Kelayakan Ekonomi	Error! Bookmark not defined.

**PRA RANCANGAN PABRIK *HYDROCHLORIC ACID* (HCl) DARI
SULFURIC ACID DAN *POTASSIUM CHLORIDE* PROSES MANNHEIM
KAPASITAS 17.500 TON/TAHUN**

RINGKASAN

Hydrochloric Acid atau asam klorida (HCl) merupakan bahan kimia yang digunakan secara luas dalam industri, seperti industri pengolahan logam, pelarut sintesis bahan organik, katalis, industri tekstil, produksi pupuk dan pestisida, dan penghilang kerak pada boiler. Pendirian pabrik HCl bertujuan untuk memenuhi kebutuhan HCl di dalam negeri dan sebagai komoditas ekspor terhadap produk berlebih.

Pabrik HCl direncanakan didirikan di Manyarejo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, dekat dari Kawasan Industri *Java Integrated Industrial and Port Estate* (JIPE) Gresik dengan kapasitas 17.500 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun. Metode yang digunakan dalam industri ini adalah metode *Mannheim furnace* dengan mereaksikan antara garam kalium klorida (KCl) dan asam sulfat (H_2SO_4) yang beroperasi pada tekanan atmosfer dan temperatur 800 °C. Produk atas *furnace* berupa gas HCl dilewatkan pada rangkaian alat pendingin dan pemurnian hingga diperoleh larutan HCl 37%. Kapasitas produksi membutuhkan bahan baku utama berupa kalium klorida sebanyak 13.659,32 ton/tahun dan asam sulfat sebanyak 10.075,79 ton/tahun.

Perusahaan ini berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi yang dipakai adalah *line and staff*. Perusahaan ini dipimpin oleh seorang direktur dengan jumlah karyawan 140 orang.

Hasil perhitungan analisa ekonomi menunjukkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 101.512.563.968/tahun, *Break Event Point* (BEP) pada 49,07%, ROI sebesar 15,90%, dan POT selama 4,02 tahun. Analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik HCl dengan kapasitas 17.500 ton/tahun layak didirikan.

**PRE DESIGN HYDROCHLORIC ACID PLANT FROM SULFURIC ACID
AND POTASSIUM CHLORIDE USING THE MANNHEIM PROCESS
CAPACITY 17.500 TONS/YEAR**

SUMMARY

Hydrochloric acid (HCl) is a chemical widely used in various industries, such as metal processing, organic synthesis solvents, catalysts, textile manufacturing, fertilizer and pesticide production, as well as boiler descaling. The establishment of an HCl plant aims to meet domestic demand and serve as an export commodity for surplus production.

The HCl plant is planned to be built in Manyarejo, Manyar District, Gresik Regency, East Java, near the Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) Gresik, with a production capacity of 17.500 tons/year and an operating period of 330 days per year. The production method applied in this industry is the mannheim furnace process, which involves the reaction between potassium chloride (KCl) and sulfuric acid (H_2SO_4) at atmospheric pressure and a temperature of 800 °C. The furnace produces HCl gas, which is then passed through a series of cooling and purification units to obtain 37% HCl solution. To achieve the production capacity, the main raw material requirements are 13.659,32 tons/year of potassium chloride (KCl) and 10.075,79 tons/year of sulfuric acid (H_2SO_4).

The company is established as a Limited Liability Company (PT) and adopts a line and staff organizational structure. It is led by a director and employs approximately 140 personnel.

The results of the economic analysis show a net profit after tax of Rp 101.512.563.968 per year, Break-Even Point (BEP) at 49,07%, Return on Investment (ROI) at 15,90%, and Pay Out Time (POT) at 4,02 years. Based on this

economic evaluation, the HCl plant with a capacity of 17.500 tons/year is considered feasible to establish.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Ainun Nabilah

NIM : 431 21 054

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid (HCl)* dari *Sulfuric Acid* dan *Potassium Chloride* Proses *Mannheim* Kapasitas 17.500 Ton/Tahun”** merupakan gagasan dan hasil karya sendiri dengan arahan dari pembimbing kami.

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

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

Makassar 06 Oktober 2025


METERAI
TEMPEL
B517FANX099254379

Andi Ainun Nabilah
431 21 054

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rustan

NIM : 431 21 068

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik *Hydrochloric Acid* (HCl) dari *Sulfuric Acid* dan *Potassium Chloride* Proses *Mannheim* Kapasitas 17.500 Ton/Tahun”** merupakan gagasan dan hasil karya sendiri dengan arahan dari pembimbing kami.

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

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

Makassar, 06 Oktober 2025



Rustan
431 21 068

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang saat ini berusaha untuk mengurangi ketergantungan dari negara lain. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melalui kegiatan pembangunan dan pengembangan di bidang industri kimia. Peta jalan Making Indonesia 4.0 menyatakan bahwa industri kimia adalah salah satu sektor yang mendapat prioritas pengembangan karena mampu memberikan kontribusi yang signifikan bagi perekonomian nasional sebab bahan-bahan kimia merupakan komoditas yang strategis untuk digunakan sebagai bahan baku di berbagai sektor industri lainnya (Kementerian Perindustrian RI, 2022).

Industri kimia merupakan salah satu industri yang sangat dibutuhkan saat ini. Industri kimia di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan akan bahan kimia dalam negeri maupun luar negeri guna menghadapi era globalisasi saat ini. Kapasitas industri nasional untuk produk-produk bahan kimia saat ini mencapai 7,1 juta ton per tahun. Namun, impor produk kimia tersebut masih sangat signifikan hingga mencapai 4,6 juta ton pada tahun 2020 (Kementerian Perindustrian RI, 2022). Hal ini mengindikasikan masih diperlukannya upaya peningkatan kapasitas produksi untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri. Perkembangan industri kimia yang cukup pesat diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan terutama bagi masyarakat Indonesia yang belum mendapatkan pekerjaan namun mempunyai kemampuan yang mumpuni.

Asam klorida (*hydrochloric acid*) dengan rumus kimia HCl merupakan salah satu bahan kimia yang kebutuhannya belum terpenuhi hingga saat ini khususnya

kebutuhan dalam negeri. Bahan kimia tersebut memiliki peluang ekonomi yang cukup besar dimana kebutuhannya masih dipenuhi oleh beberapa negara pengimpor, seperti China, India dan Jepang. Senyawa ini digunakan secara luas dalam industri, seperti dalam proses pemurnian logam (industri metalurgi), proses *electroplating*, bahan penghilang kerak pada *boiler*, sebagai katalis, sebagai pelarut sintesis bahan organik, produksi pupuk dan pestisida, bahan baku pewarna, reagen dalam hidrolisis pati dan protein dalam industri makanan, sektor fotografi, tekstil dan karet (Kevin, 2021). HCl dalam konsentrasi komersial, dinamakan asam muriat (*Muriatic acid*). Konsentrasi asam komersial biasanya 18 °Be' (sg = 1,142) atau HCl 28%, 20 °Be' (sg = 1,160) atau HCl 32%, dan 22 °Be' (sg = 1,179) atau HCl 36% (Murad, 2023).

Teknik pembuatan HCl sudah banyak mengalami perubahan, diantaranya ada yang dibuat melalui pembakaran gas klor di dalam *hydrogen* maupun pemanasan garam klorida dengan asam sulfat. Pabrik asam klorida yang direncanakan menggunakan bahan baku dari asam sulfat dan garam kalium klorida dengan proses *mannheim furnace*. Industri HCl di Indonesia mempunyai perkembangan yang cukup stabil, hal ini dapat dilihat dengan berkembangnya industri kimia yang membutuhkan HCl, seperti industri petrokimia, industri farmasi, industri tekstil, industri kimia organik, industri pengolahan karet dan industri minyak pelumas. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, tingkat konsumsi HCl di Indonesia cukup tinggi dimana dari tahun 2016 hingga tahun 2021 terus mengalami peningkatan, sedangkan tingkat produksi HCl di Indonesia masih stagnan (tetap) (Girsang, 2024). Sehubungan dengan hal tersebut, maka pendirian

pabrik HCl sangat tepat untuk memenuhi kebutuhan HCl di Indonesia serta mempunyai peluang investasi yang menjanjikan dan profitabilitas yang cukup tinggi. Manfaat lebih lanjut dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat mengurangi impor asam klorida, sehingga Indonesia tidak lagi mengimpor HCl dari negara lain. Pendirian pabrik tersebut juga berpotensi dalam mendorong pertumbuhan industri-industri kimia, menciptakan lapangan pekerjaan, mengurangi pengangguran dan yang terakhir diharapkan dapat menumbuhkan serta memperkuat perekonomian di Indonesia.

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri

Pertimbangan penentuan kapasitas produksi yang dibutuhkan dapat dilihat dari data impor, ekspor dan konsumsi HCl di Indonesia. Pertimbangan lain juga dapat dilihat dari kapasitas produksi pabrik asam klorida yang telah berdiri baik di dalam negeri maupun di luar negeri seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Kapasitas Pabrik HCl di Dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT Asahimas Chemical	Indonesia	82.000
ERCO Worldwide	Amerika Serikat	23.000
Ineos Chlorvinyls	Inggris	15.000
Akzonobel NV	Belanda	180.000
Tata Chemicals Ltd.	India	160.000
Shijiajhuang Xinlongwei Chemical	China	500.000
Qingdao Haijing Kimia	China	420.000
BASF	Louisiana	200.00
Dow	Texas	30.000
Rubicon	Louisiana	145.000
Bayer	Texas	90.000
DuPontFluoroproducts	Texas	110.000
Pionerr Chlor Alkali	Nevada	45.000
Occidental Chemical	Kansas	247.000

Sumber: Reports and Data, 2023 dan *Independent Commodity Intelligencia Service* (ICIS), dikutip dari Hikmah (2024)

Tabel 1.1 menunjukkan kapasitas produksi HCl secara global memiliki kapasitas minimum sebesar 15.000 ton/tahun dan kapasitas maksimum sebesar 500.000 ton/tahun. Jika ditinjau dari dalam negeri diketahui bahwa pabrik asam klorida di Indonesia hanya ada satu, yaitu PT Asahimas Chemical dengan kapasitas 82.000 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik yang akan didirikan harus mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dalam kegiatan produksi . Bahan baku untuk memproduksi HCl yaitu asam sulfat dan kalium klorida. Bahan baku pada pembuatan HCl diperoleh dari beberapa perusahaan di Indonesia seperti ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data Pabrik Asam Sulfat dan Kalium Klorida di Indonesia

Pabrik	Produk	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Petrokimia	H ₂ SO ₄	Gresik	1.170.000
PT Timuraya Tunggal	H ₂ SO ₄	Karawang	24.000
PT Indonesia Acid Industri	H ₂ SO ₄	Jakarta Timur	82.000
PT Smelting	H ₂ SO ₄	Gresik	92.000
PT Karya Supra Perkasa	H ₂ SO ₄	Cilegon	300.000
PT Dunia Kimia Utama	H ₂ SO ₄	Sumatera Selatan	30.000
PT Supra Matam Kimia	H ₂ SO ₄	Cilacap	300.000
PT Timuraya Tunggal	KCl	Karawang	82.000

Sumber: Alprianti (2021), Girsang (2024), dan Kementerian Perindustrian 2024

1.2.3 Kapasitas Produksi

Kapasitas adalah salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik karena dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis. Pabrik HCl akan dibangun dengan kapasitas 17.500 ton/tahun pada tahun 2027. Untuk menentukan kapasitas produksi pabrik HCl pada tahun 2027 diperlukan data lengkap mengenai data ekspor, impor, produksi dan konsumsi HCl di Indonesia. Perhitungan kapasitas produksi dapat ditentukan dengan metode *discounted* sesuai persamaan berikut.

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

Keterangan:

X = kapasitas pada tahun pabrik didirikan

X₀ = data terakhir

i = rata-rata pertumbuhan

n = selisih tahun pendirian pabrik (2027 - 2021 = 6 tahun) (Ulrich, 1984)

a. Data Impor

Berikut data impor HCl dalam beberapa tahun terakhir.

Tabel 1. 3 Data Impor HCl di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2016	2.549	-
2017	1.280	-0,4978
2018	3.086	1,4109
2019	11.447	2,7093
2020	296	-0,9741
2021	312	0.0541
Rata-rata	3.161,67	0,5405

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Rata-rata persen kenaikan impor HCl sebesar 54,05% yang ditunjukkan pada Tabel 1.3, sehingga besarnya data impor pada tahun 2027 sesuai dengan Persamaan (1.1) dapat diperkirakan:

$$X_1 = X_0 (1+i)^n$$

$$X_1 = 312 (1+0,5405)^6$$

$$X_1 = 4.169,3725 \text{ ton/tahun}$$

b. Data Produksi

Kapasitas produksi dapat dilihat pada Tabel 1.1 yang menunjukkan hanya ada 1 pabrik HCl yang telah berdiri di Indonesia, yaitu PT Asahimas Chemical dengan kapasitas produksi 82.000 ton/tahun. Sehingga produksi pada tahun 2027 dianggap tetap pada nilai 82.000 ton/tahun karena pabrik telah beroperasi pada kapasitas terpasangnya.

Berdasarkan data impor dan produksi dalam negeri HCl di Indonesia pada tahun 2027 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *supply* HCl di Indonesia pada Persamaan (1.2).

$$Supply = \text{Impor} + \text{produksi} \quad (1.2)$$

$$= (4.169,3725 + 82.000) \text{ ton/tahun}$$

$$= 86.169,3725 \text{ ton/tahun}$$

c. Data Ekspor

Data ekspor HCl di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir, ditunjukkan Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1. 4 Data Ekspor HCl

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2016	4.399	-
2017	5.562	0,2644
2018	9.670	0,7386
2019	8.340	-0,1375
2020	12.360	0,4820
2021	13.562	0,0972
Rata-rata	8.982,17	0,2889

Sumber: OEC.WORLD, 2022

Rata-rata persen kenaikan ekspor HCl sebesar 28,89% yang ditunjukkan pada Tabel 1.4, sehingga besarnya data ekspor pada tahun 2027 sesuai dengan Persamaan (1.1) dapat diperkirakan:

$$X_3 = X_0 (1+i)^n$$

$$X_3 = 13.562 (1+0,2889)^6$$

$$X_3 = 62.189,1204 \text{ ton/tahun}$$

d. Data Konsumsi Dalam Negeri

Data konsumsi dalam negeri HCl dalam beberapa tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut.

Tabel 1. 5 Data Konsumsi Dalam Negeri HCl

Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2016	56.753	-
2017	60.478	0,0656
2018	68.202	0,1277
2019	77.927	0,1426
2020	86.451	0,1094
2021	95.643	0,1063
Rata-rata	74.242,33	0,1103

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Rata-rata persen kenaikan konsumsi HCl sebesar 11,03% yang ditunjukkan pada Tabel 1.5 sehingga besarnya data konsumsi pada tahun 2027 sesuai dengan Persamaan (1.1) dapat diperkirakan:

$$X_4 = X_0 (1+i)^n$$

$$X_4 = 95.643 (1+0,1103)^6$$

$$X_4 = 179.211,9506 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi HCl di Indonesia pada tahun 2027 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *demand* (permintaan) dari HCl di Indonesia pada Persamaan (1.3).

$$\begin{aligned}
 \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\
 &= (62.189,1204 + 179.211,9506) \text{ ton/tahun} \\
 &= 241.401,0710 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

Berdasarkan proyeksi impor, produksi, ekspor dan konsumsi pada tahun 2027, maka peluang pasar untuk HCl dapat ditentukan dengan kapasitas produksi pada Persamaan (1.4).

$$\text{Peluang Kapasitas} = \text{Demand} - \text{Supply} \quad (1.4)$$

$$= (241.401,0710 - 86.169,3725) \text{ ton/tahun}$$

$$= 155.231,6985 \text{ ton/tahun}$$

Hasil perhitungan peluang kapasitas pabrik HCl yang akan didirikan pada tahun 2027 diperoleh sebesar 155.231,6985 ton/tahun. Namun, pada pra rancangan pabrik HCl ini ditetapkan kapasitas produksi sebesar $17.463,5661 = 17.500$ ton/tahun (11,25% dari peluang kapasitas pabrik pada tahun 2027). Penentuan kapasitas pabrik ini ditetapkan dengan beberapa pertimbangan antara lain:

1. Mengurangi jumlah impor HCl sehingga menghemat devisa negara.
2. Kapasitas minimal produksi HCl yang telah berdiri secara global sebesar 15.000 ton/tahun dan kapasitas maksimal sebesar 500.000 ton/tahun. Dengan demikian, pabrik dapat beroperasi dalam rentang kapasitas yang sangat lebar pada kisaran 15.000-500.000 ton/tahun. Selain itu, kapasitas yang ditetapkan juga tidak melebihi kapasitas produksi pabrik HCl yang telah berdiri di Indonesia, yaitu 82.000 ton/tahun.
3. Produk berlebih dapat diekspor untuk meningkatkan devisa negara.
4. Penetapan kapasitas tersebut masih menjamin pasokan bahan baku tersedia secara terus menerus karena penetapan kapasitas pabrik tidak terlalu besar sehingga tidak membutuhkan lebih banyak bahan baku.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh beberapa faktor pertimbangan yang akan memberikan kemudahan dalam pengoperasian

pabrik dan perencanaan di masa depan. Faktor-faktor umum yang dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik meliputi (Peters & Timmerhaus, 1991):

a. Ketersediaan bahan baku

Lokasi pabrik hendaknya terletak dekat dengan sumber bahan baku agar pengangkutan dapat berlangsung dengan lancar dan dapat mengurangi biaya produksi. Dalam hal ini bahan baku yang digunakan berasal dari produk lokal dalam negeri. Bahan baku yang digunakan diperoleh di daerah Karawang, Jawa Barat serta daerah Gresik dan sekitarnya, yaitu kalium klorida diperoleh dari PT Timuraya Tunggal dan asam sulfat diperoleh dari PT Petrokimia Gresik. Hal ini tentunya akan menjamin penyediaan bahan baku dan kontinuitasnya.

b. Tenaga kerja

Pada dasarnya di setiap lokasi memiliki potensi yang hampir sama, karena dimanapun ada lapangan pekerjaan akan selalu ada tenaga kerja yang mengisi. Ketersediaan tenaga kerja dapat memastikan kelancaran produksi dan menghindari kekosongan pekerjaan yang dapat mengganggu efisiensi produksi. Gresik merupakan kawasan yang dipilih dalam pendirian pabrik dan telah berdiri beberapa pabrik industri lainnya. Jumlah pencari kerja pada tahun 2023 di Kabupaten Gresik adalah 4.703 orang (BPS Kabupaten Gresik, 2024). Tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja dengan pendidikan minimal pendidikan menengah dan vokasi. Faktor pengalaman kerja juga menjadi pertimbangan dalam merekrut tenaga kerja untuk mendapatkan pekerja yang berkualitas.

c. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah keperluan tenaga listrik, air dan bahan bakar. Kebutuhan tenaga listrik akan diperoleh dari PLN setempat dan generator pembangkit listrik. Kebutuhan air diperoleh dari kawasan industri Gresik, yaitu *Java Integrated industrial and Ports Estate (JIPE)*. Sedangkan untuk kebutuhan bahan bakar diperoleh dari PT Pertamina terdekat dengan lokasi pabrik.

d. Distribusi dan Pemasaran

Distribusi dan pemasaran dari produk dapat dilakukan melalui Kota Surabaya dimana segala fasilitas telah tersedia karena kedudukan Surabaya sebagai ibu kota Provinsi Jawa Timur. Pemasaran berperan penting dalam proses penentuan lokasi pabrik karena lokasi pabrik yang dipilih akan memengaruhi strategi pemasaran. Lokasi yang strategis dapat memungkinkan suatu pabrik lebih mudah dalam mendapatkan konsumen potensial, mengurangi biaya distribusi dan memungkinkan efektivitas pemasaran produk. Distribusi dilakukan kepada beberapa konsumen, seperti industri pengolahan logam dengan kebutuhan 10.000 ton/tahun, industri pengolahan air dengan kebutuhan 1.000 ton/tahun, industri farmasi dengan kebutuhan 500 ton/tahun dan industri pengolahan makanan dengan kebutuhan 5.000 ton/tahun.

e. Keadaan iklim dan cuaca (lingkungan)

Di daerah pemilihan lokasi pabrik, yaitu Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik mengalami variasi iklim sepanjang tahun. Musim panas berlangsung selama 1,8 bulan dari 21 September sampai 14 November dengan suhu tertinggi harian rata-rata di atas 33 °C dan musim dingin berlangsung selama 2,8 bulan dari 25

Desember sampai 19 Maret dengan suhu tertinggi harian rata-rata di bawah 32 °C (*wheatherspark.com*, 2024).

f. Sarana transportasi

Transportasi memiliki peran penting dalam penentuan lokasi pabrik. Lokasi pabrik yang tepat dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya logistik dan memperluas jangkauan pasar. Lokasi pabrik yang dipilih harus dapat diakses oleh jaringan transportasi utama, seperti jalur darat, laut maupun udara. Gresik yang dikenal sebagai kawasan industri merupakan wilayah yang sarana transportasinya cukup memadai. Lokasi ini dekat dengan pelabuhan, jalan raya dan jalan tol yang memadai sehingga sangat mendukung pendistribusian produk, tidak hanya di dalam negeri tetapi di luar negeri juga dapat dijangkau. Fasilitas pengangkutan darat yang dilalui oleh kendaraan bermuatan dapat dipenuhi melalui jalan raya (Jl. Tol Surabaya-Gresik), fasilitas pengangkutan laut dapat dipenuhi melalui pelabuhan Java Integrated Industrial Port and Estate (JIPE) Manyar, Gresik. Sementara transportasi udara dapat dipenuhi melalui Bandara Juanda Surabaya.

g. Landasan hukum (perpajakan dan pembatasan hukum)

Landasan hukum penentuan lokasi pabrik bervariasi tergantung pada yurisdiksi dan negara tempat perusahaan beroperasi. Secara umum, penentuan lokasi pabrik harus memenuhi berbagai peraturan dan kebijakan yang berkaitan dengan berbagai aspek, termasuk perizinan, lingkungan, ketenagakerjaan dan zonasi. Menurut pasal 17 ayat 6 PP No. 17 Tahun 2021 menyatakan bahwa pengembangan sektor industri sangat menguntungkan. Wilayah Gresik

memiliki infrastruktur pendukung terintegrasi yang dapat mendorong perkembangan industri kimia sehingga dapat menarik investasi bernilai tinggi dan menciptakan lapangan kerja.

h. Pengolahan limbah

Pengeluaran limbah dari pabrik tidak akan menimbulkan risiko lingkungan karena bahan-bahan sisa proses produksi yang dibuang tidak mengandung zat-zat berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Hal ini dikarenakan air limbah dari pabrik telah direncanakan untuk diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air.

Berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi penentuan lokasi pabrik, maka pabrik yang direncanakan ini akan didirikan di daerah Manyar, Gresik, Jawa Timur. Daerah ini juga merupakan kawasan industri sehingga sangat potensial untuk didirikan pabrik baru didalamnya. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan praktis dan menguntungkan dari sudut pandang ekonomi dan teknis.



Gambar 1. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik
(Sumber: *Google Earth*, 2024)

1.4 Tinjauan Proses

Pembuatan HCl dapat dilakukan dengan 3 metode yang berbeda berdasarkan jenis bahan baku yang digunakan. Secara garis besar pembuatan asam klorida dapat dibedakan menjadi:

1.4.1 *Hydrochloric Acid* dari Garam NaCl dan *Sulfuric Acid* dengan Proses

Mannheim Furnace

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah garam NaCl dan *sulfuric acid*. Pertama-tama garam NaCl dan *sulfuric acid* sedikit berlebih dengan kadar 60 °Be diumpankan ke *furnace* yang dilengkapi dengan pengaduk jenis rake atau disebut *mannheim furnace*, dimana reaksi berjalan pada suhu 843 °C. Reaksi yang terjadi: (Keyes, 1975)

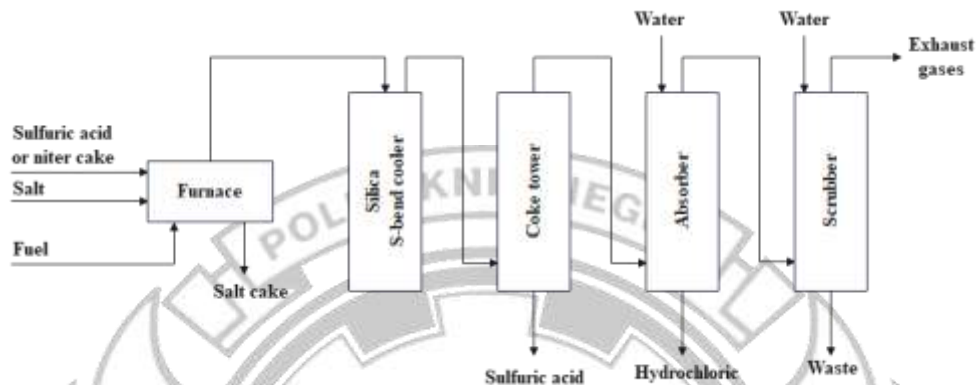


Produk atas furnace berupa gas *hydrogen chloride* kemudian diumpankan ke *silica S-bend cooler* untuk proses pendinginan, sedangkan produk bawah berupa endapan garam *sodium sulfate*.

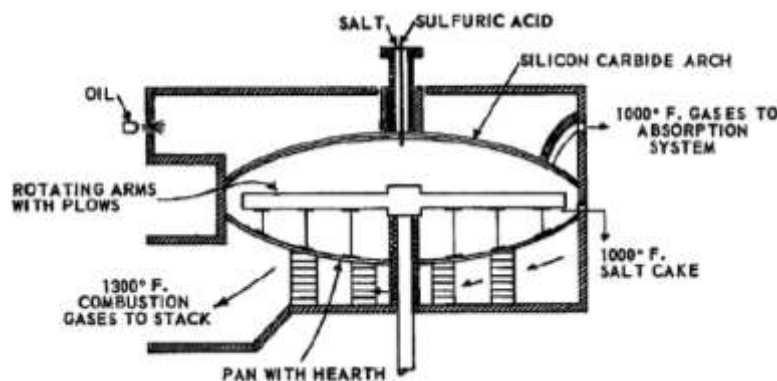
Gas *hydrogen chloride* dari furnace didinginkan pada *silica S-bend cooler* sampai suhu 350 °C. Gas kemudian dilewatkan ke *coke tower* untuk menghilangkan *sulfuric acid* yang terkandung dalam gas. Gas *hydrogen chloride* kemudian diserap dengan air proses melalui absorber sehingga didapatkan larutan *hydrochloric acid* 45,2%. Gas *hydrogen chloride* yang tidak terserap kemudian diolah pada scrubber sebelum dibuang ke udara bebas. *Yield* pada proses ini didapat 98%.

Proses ini memiliki beberapa keuntungan, diantaranya modal lebih rendah, bahan baku yang mudah didapatkan, produk yang dihasilkan mempunyai

konsentrasi yang tinggi, tahap pemurnian lebih sedikit serta tekanan reaktor pada suhu atmosfer. Kekurangan pada proses ini adalah reaktor lebih mudah korosi serta pemanasan pada *furnace* memerlukan energi yang signifikan (Uzair, et al., 2020)



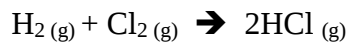
Gambar 1. 2 Pembuatan HCl dari Garam NaCl dengan Proses *Mannheim Furnace* (Sumber : Faith, et al., 1960)



Gambar 1. 3 *Mannheim Furnace* (Sumber: NAPCP, 1969)

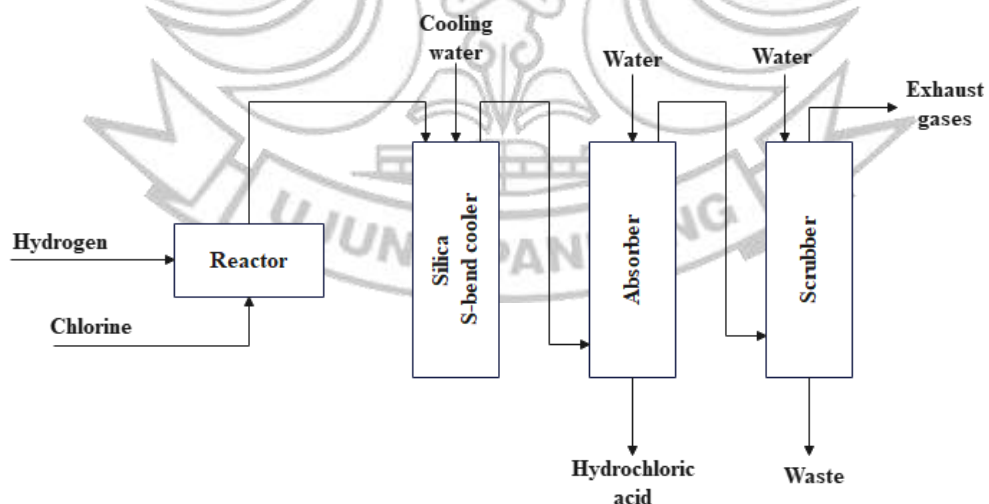
1.4.2 Hydrochloric Acid dari Chlorine dan hydrogen dengan Proses Combustion

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah gas *chlorine* dan gas *hydrogen*. Pertama-tama gas *chlorine* dibakar dengan gas *hydrogen* yang sedikit berlebih untuk menghasilkan *hydrogen chloride*. Gas *hydrogen chloride* yang terbentuk kemudian didinginkan pada *silica S-bend cooler*. Reaksi yang terjadi yaitu: (Keyes, 1975)

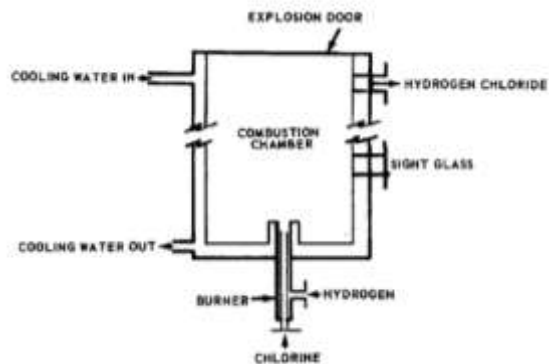


Gas *hydrogen chloride* didinginkan dan diserap dengan air proses pada *silica S-bend cooler*, sehingga menghasilkan larutan *hydrochloric acid* 22 °Be (36%). Gas *hydrogen chloride* yang tidak terserap kemudian diserap dengan air proses pada kolom absorber sehingga didapat larutan *hydrochloric acid* 18 °Be (28%). Gas *hydrogen chloride* yang tidak terserap kemudian diolah pada scrubber sebelum dibuang ke udara bebas. *Yield* pada proses ini didapat 90-99% (Faith, et al., 1960).

Beberapa keuntungan dari proses ini, yaitu efisiensi tinggi dalam menghasilkan produk, penanganan limbah lebih mudah serta relatif sederhana dalam desain dan operasi. Kekurangan pada proses ini adalah biaya kapital yang tinggi, membutuhkan suplai energi listrik yang besar, produksi produk yang dihasilkan tergantung dari kemurnian gas klorin, suhu operasi yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan polutan berupa nitrogen oksida serta tekanan reaktor lebih tinggi daripada tekanan atmosfer (Uzair, et al., 2020).



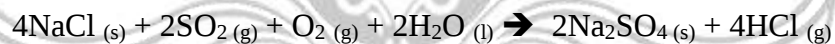
Gambar 1. 4 Pembuatan HCl dari *Chlorine* dan *Hydrogen* dengan Proses *Combustion* (Sumber: Faith, et al., 1960)



Gambar 1. 5 *Burner Combustion Chamber* (Sumber: NAPCP, 1969)

1.4.3 *Hydrochloric Acid* dari Garam NaCl dengan Proses *Hargreaves*

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah garam NaCl dari danau *Salt Lake* di Louisiana, Amerika Serikat. Pertama-tama campuran gas sulfur dioksida dan udara serta air dilewatkan pada briket garam NaCl pada beberapa reaktor vertikal. Reaksi yang terjadi, yaitu: (Keyes, 1975)



Reaksi berjalan pada suhu 427 °C sampai 538 °C, dimana produk bawah reaktor berupa garam sodium sulfat sedangkan produk atas berupa gas *hydrogen chloride* kemudian didinginkan dan diserap seperti pada proses *combustion*. *Yield* pada proses ini didapat 90-99% (Faith, et al., 1960).

Beberapa keuntungan dari proses ini, yaitu dapat menggunakan bahan baku dengan mutu yang lebih rendah (garam dapur), memiliki efisiensi yang tinggi dalam menghasilkan produk serta menggunakan bahan bakar alternatif seperti hidrogen yang lebih bersih dari pada bahan bakar fosil. Kekurangannya adalah membutuhkan desain khusus untuk menyimpan bahan baku, harga bahan baku SO₂ lebih mahal serta reaksi SO₂ dan O₂ dalam fasa gas lebih rumit dalam perencanaan dan kontrol prosesnya (Hikmah, 2024).

Tabel 1. 6 Perbandingan Proses Pembuatan HCl

Pembatas	Nama Proses		
	<i>Mannheim</i>	<i>Combustion</i>	<i>Hargreaves</i>
Bahan baku	NaCl/KCl dan H ₂ SO ₄	Klorin dan Hidrogen	NaCl, sulfur dioksida dan air
Pengendalian bahan baku utama	Umum	Umum	Khusus (briquett garam)
Reaktor	<i>Mannheim Furnace</i>	<i>Burner Chamber</i>	<i>Vertical Kiln Series</i>
Suhu reaksi	843 °C	900 °C	427-538 °C
Tekanan	1 atm	4 atm	1 atm
Peralatan	5 unit	4 unit	7 unit
Yields	98%	90%-99%	90%-99%

Sumber: Faith, et al., 1960

Pembuatan HCl memiliki proses yang berbeda-beda. Uraian dari ketiga jenis proses diatas menunjukkan setiap proses memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pemilihan ini didasarkan pada faktor-faktor seperti skala produksi, ketersediaan bahan baku, persyaratan lingkungan dan faktor ekonomi. Dari perbandingan ketiga proses pada Tabel 1.6, maka dipilih proses *mannheim* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku KCl memiliki titik leleh yang lebih kecil daripada jenis garam lainnya, sehingga energi panas yang dibutuhkan lebih kecil. Selain itu, mudah didapat sehingga dapat menghemat biaya produksi.
2. Reaktor *Mannheim Furnace* dengan bahan konstruksi batu *brick* sehingga tahan panas dan korosi. Reaktor juga lebih sederhana sehingga investasi lebih ekonomis.

3. Dihasilkannya produk samping berupa kalium sulfat yang biasanya digunakan dalam bidang agrikultural, yakni sebagai bahan pembuatan pupuk.
4. Instalasi peralatan lebih sederhana sehingga investasi lebih ekonomis.
5. Konversi yang dihasilkan dapat mencapai 98%.



BAB XI

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan pra rancangan pabrik *hydrochloric acid* kapasitas 17.500 ton/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kapasitas rancangan pabrik *hydrochloric acid* direncanakan 17.500 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun.
2. Bentuk hukum perusahaan direncanakan Perseroan Terbatas (PT) yang didirikan di Manyarejo, Kec. Manyar, Kab. Gresik, Jawa Timur.
3. Struktur organisasi menggunakan metode *line and staff* dengan jumlah karyawan 140 orang.
4. Aspek ekonomi

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pra rancangan pabrik *hydrochloric acid* layak didirikan dengan data sebagai berikut:

Return on Investment (ROI) = 15,90%

Pay Out Time (POT) = 4,02 tahun (4 tahun 8 hari)

Break Event Point (BEP) = 49,07%

Interest Rate of Return (IRR) = 25,47%

DAFTAR PUSTAKA

- Alprianti, 2021. *Pra Rancangan Pabrik Hydrochloric Acid dari Sulfuric Acid dan Sodium Chloride Kapasitas 70.000 Ton/Tahun*. (Skripsi). Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa, Makassar.
- Aries, R.S. & Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc Graw Hill Book Co. Inc, New York.
- Badan Pusat Statistik, 2024. *Data Impor dan Konsumsi Nasional*. (Online). <https://www.bps.go.id/id>. Diakses pada 15 November 2024.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik, 2024. *Jumlah Pencari Kerja Menurut Jenis Kelamin (Jiwa)*. (Online). <https://gresikkab.bps.go.id/indicator/6/216/1/jumlah-pencari-kerja-menurut-jenis-kelamin.html>. Diakses pada tanggal 18 Juli 2024.
- Badger's W.L. & Banchero, J.T., 1955. *Introduction to Chemical Engineering*, Int ed, Mc Graw-Hill Book Company Inc., N.Y.
- Bhatt, B. I. & Tharoke, S. B., 2010. *Stoichiometry*. 5th ed. New Delhi: Mc Graw Hill.
- Brownell, L. & E.Young. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons Inc., N.Y.
- Brown, George Grager, 1950. *Unit Operations*. John Wiley & Sons: New Delhi.
- Coulson & Richardson's, 1978. *Chemical Engineering Design*. 4th ed. Elsevier Butterworth-Heineman.
- Darmastuti, I. et al., 2022. *Organisasi dan Manajemen*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Faith, W.L, Keyes, D.B & Clark, R.L, 1960. *Industrial Chemical*. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Faith, W.L, Keyes, D.B & Clark, R.L, 1975. *Industrial Chemical*. John Wiley and Sons, London.
- Geankoplis, Christie J., 1978. *Transport Processes and Unit Operations*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- Girsang, 2024. *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan HCl dengan Proses Mannheim dari Bahan Baku KCl dan H₂SO₄ dengan kapasitas 35.000 Ton/Tahun*. (Skripsi). Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara
- Google Earth, 2024. *Peta Lokasi Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur*. (Online), <https://earth.google.com/web/>. Diakses pada tanggal 18 Juli 2024.
- Hikmah, 2024. *Pra Rancangan Pabrik Hydrochloric Acid (HCl) Proses Mannheim Furnace Kapasitas 45.000 Ton/ Tahun*. Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ung Pandang, Makassar.

- Himmelblau, D.M., 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 5th ed. Prentice-Hall International, Singapore.
- JIIPE, 2025. *Kawasan Industri JIIPE Menjadi Contoh Pengolahan Air Yang Baik*. (Online). <https://www.jiipe.com/id/home/blogDetail/id/39>. Diakses pada tanggal 06 Maret 2025.
- Kementerian Perindustrian RI, 2022. *Kemenperin Fokus Substitusi Impor di Sektor Industri Kimia*. (Online). <https://kemenperin.go.id/artikel/23073/Kemenperin-Fokus-Substitusi-Impor-di-Sektor-Industri-Kimia>. Diakses pada tanggal 04 Juli 2024.
- Kementerian Perindustrian, 2024. *Daftar Investasi Barang/ Jasa Produksi Dalam Negeri*. (Online) <https://tkdn.kemenperin.go.id/>. Diakses pada tanggal 01 September 2024.
- Kern, D.Q., 1965. *Process Heat Transfer*. Int ed. Mc Graw-Hill Book Company Inc., N.Y.
- Kevin, 2021. *Pra Desain Pabrik Asam Klorida dari Elektrolisis Garam Industri*. *Jurnal Teknik ITS*. 10(02).
- Lamb J.C., 1985. *Water Quality and Its Control*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Mc Cabe, W.L., 1956. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 5th ed. Mc Graw-Hill Book Company Inc., Tokyo.
- Murad, 2023. *Pra Rencana Pabrik Asam Klorida dari Natrium Klorida dan Asam Sulfat Dengan Proses Mannheim Furnace*. (Skripsi). Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- National Air Pollution Control Programme (NAPCP), 1969. *Atmospheric Emission From Hydrochloric Acid Manufacturing Processes*, North California: United States Environmental Protection Agency.
- OECD.WORLD, 2022. *Hydrochloric Acid*. (Online), <https://oec.world/en/profile/hs/hydrochloric-acid?yearSelector1=2022&yearSelector2=2016&yearSelector5=2017>. Diakses pada tanggal 07 Juli 2024.
- Perry, Chilton, 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7^{ed}, Mc Graw-Hill Book Company Inc., New York.
- Perry, Chilton, 1984. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6^{ed}, Mc Graw-Hill Book Company Inc., Singapore.
- Petter, M.S & Timmerhaus, K.D., 1959. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*. 4th ed. New York: Mc Graw-Hill Book Company Inc.
- Petter, M.S & Timmerhaus, K.D., 2002. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*. 5th ed. New York: Mc Graw-Hill Book Company Inc.

- PT Petrokimia Gresik, 2024. *Kapasitas Produksi*. (Online). <https://petrokimia-gresik.com/page/kapasitas-produksi>. Diakses pada tanggal 12 November 2024.
- PT Timurraya Tunggal, 2024. *Produk Kimia PT Timurraya Tunggal*. (Online). <https://www.timuraya.com/>. Diakses pada tanggal 09 Oktober 2024.
- Reports and Data, 2023. *Top 10 Hydrochloric Acid Companies in the World*. URL: <https://www.reportsanddata.com/blog/top-hydrochloric-acid-companies-in-the-world>. Diakses pada tanggal 29 Agustus 2024.
- Smith, J.M, Van Ness, H.C and M.M Abbot, 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics*. 6th edition, New York: Mc Graw Hill Company.
- Treybal, R.E. 1980. *Mass Transfer Operations*. 3rd ed. Singapore: Mc Graw-Hill Book Company.
- Ulrich, G.D., 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, N.Y.
- Uzair, Q. et al., 2020. *Design Project Production of 95k Metric Tonnes of Hydrochloric Acid per Year*, Malaysia: Universitas Teknologi MARA Shah Alam.
- Van Winkle, M. 1967. *Distillation*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Wesley W.E., 1989. *Industrial Water Pollution Control*. 2th ed. Singapore: Mc Graw-Hill Book Company.
- Wheatherspark.com, 2024. *Iklim dan Cuaca Rata-Rata Sepanjang Tahun di Gresik*. (Online), https://id.weatherspark.com/y/124650/Cuaca-Rata-rata-pada-bulan-in-Gresik-Indonesia-Sepanjang-Tahun#google_vignette. Diakses pada tanggal 18 Juli 2024.
- Yaws, C.L., 1999. *Thermodynamics and Physical Data*, New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Yaws, C.L., 2014. *Chemical Properties*, New York: Mc. Graw-Hill Book Co.