



**PRA-RANCANGAN PABRIK KLOOROFORM DARI ASETON DAN  
KALSIUM HIPOKLORIT DENGAN KAPASITAS 11.000 TON/TAHUN**

**Skripsi**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Kimia (S1)

Oleh :

**Yeremia Prasetya Nugroho**

**(191910401061)**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2023**



**PRA-RANCANGAN PABRIK KLOOROFORM DARI ASETON DAN  
KALSIUM HIPOKLORIT DENGAN KAPASITAS 11.000 TON/TAHUN**

**Skripsi**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Kimia (S1)

Oleh :

**Khusnul Khotimah (191910401051)**

**Yeremia Prasetya Nugroho (191910401061)**

**Agus Rahman (191910401069)**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2023**

**PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir dengan judul Pra-Rancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ari dan Ibu Maria beserta kakak dan keluarga saya yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, bimbingan, dan doanya dengan tulus secara terus-menerus;
2. Bapak Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. IPM. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, serta selaku dosen penguji utama;
3. Ibu Ir. Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Noven Pramitasari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang dengan segenap perhatian membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Ibu Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji 2 yang meluangkan waktunya untuk mengoreksi dan memberikan berbagai masukan terhadap tugas akhir ini;
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan wawasan yang sangat bermanfaat;
6. Teman seperjuangan: Agus Rahman dan Khusnul Khotimah, serta teman-teman Teknik Kimia UNEJ yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu;
7. Seseorang yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

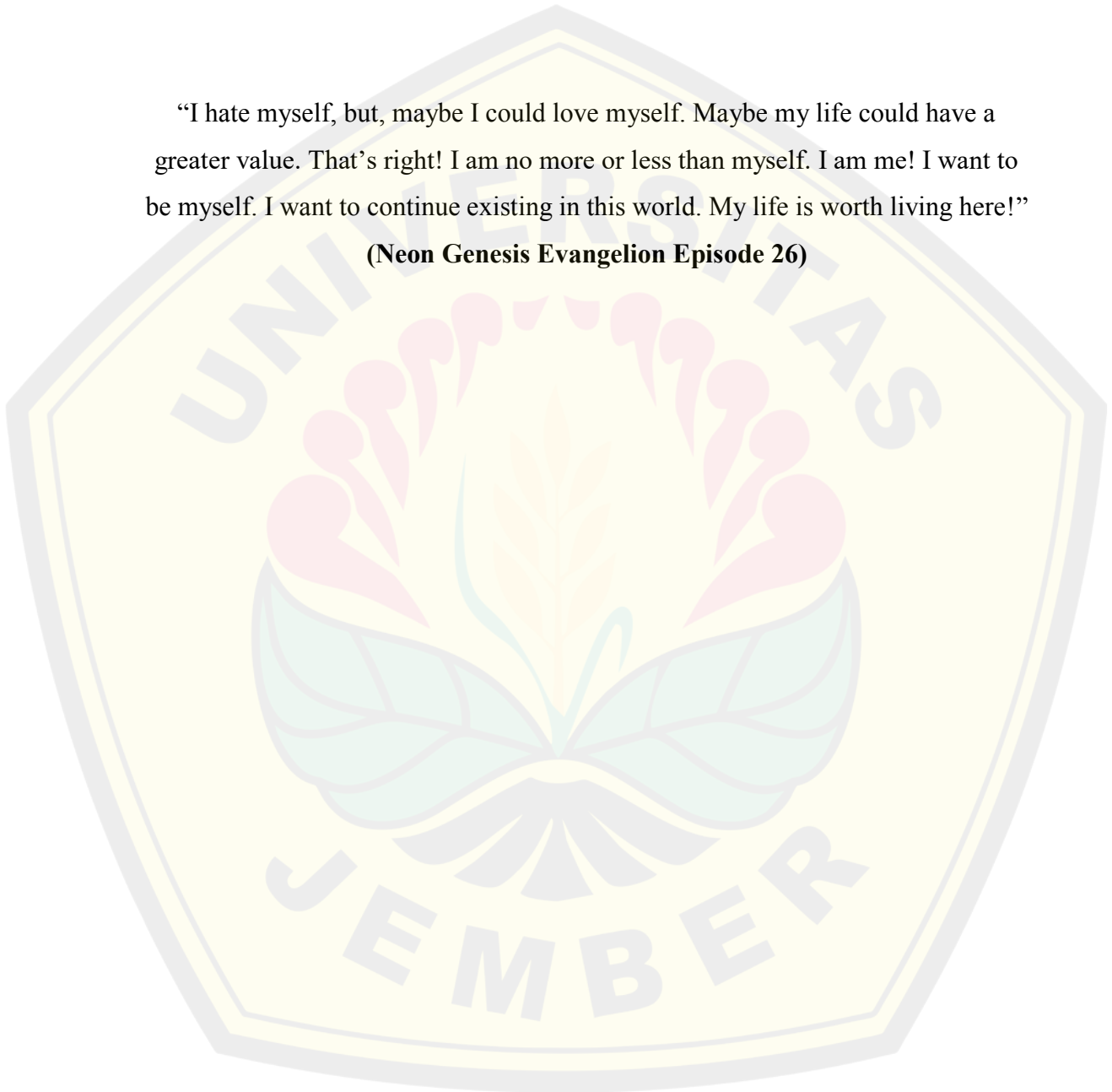
**MOTTO**

“Serahkanlah segala kekuatiranmu kepada-Nya, sebab Ia yang memelihara kamu.”

**(1 Petrus 5:7)**

“I hate myself, but, maybe I could love myself. Maybe my life could have a greater value. That’s right! I am no more or less than myself. I am me! I want to be myself. I want to continue existing in this world. My life is worth living here!”

**(Neon Genesis Evangelion Episode 26)**



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yeremia Prasetya Nugroho

NIM : 191910401061

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: "*Pra-Rancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, serta belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Oktober 2023

Yang menyatakan,



Yeremia Prasetya Nugroho

NIM. 191910401061

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi berjudul *Pra-Rancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 09 Oktober 2023  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Pembimbing**

**Tanda Tangan**

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir.Istiqomah Rahmawati S.Si., M.Si.

NRP : 760017101

()

2. Pembimbing Anggota

Nama : Noven Pramitasari, S.T., M.T.

NIP : 199211062019032017


()

**Penguji**

1. Penguji Utama

Nama : Ir.Boy Arief Fachri S.T., M.T., Ph.D

NIP : 197409011999031002

()

2. Penguji Anggota 1

Nama : Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si.

NIP : 199311022022032014

()

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Perancangan Pabrik Kimia dengan judul "Pra-Rancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun". Tentunya dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa karena limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Kedua orang tua beserta keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, bimbingan, dan doanya dengan tulus secara terus-menerus;
3. Bapak Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. IPM. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, serta selaku dosen penguji utama;
4. Ibu Ir. Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Noven Pramitasari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang dengan segenap perhatian membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
5. Ibu Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji 2 yang meluangkan waktunya untuk mengoreksi dan memberikan berbagai masukan terhadap tugas akhir ini;
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan wawasan yang sangat bermanfaat;
7. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Jember, 30 Oktober 2023

Penulis

## ABSTRACT

Indonesia is one of the developing countries that must prepare itself to face the era of free trade. The chemical industry is one of the industries that plays an important role in increasing the nation's progress in the trade sector. One chemical whose use is quite necessary in the chemical industry is chloroform. This chloroform plant made from calcium hypochlorite and acetone is designed with a capacity of 11.000 tons/year and an operating time of 330 days per year. The raw materials needed are 4769,29 kg/hour of calcium hypochlorite and 846,71 kg/hour of acetone. The production process is divided into three stages, namely preparation of raw materials, making chloroform, and product separation. The chloroform production process is carried out at CSTR at an operating temperature of 50°C with overall operating conditions running at a pressure of 1 atm. This factory will operate in Kramatwatu District, Serang Regency, Banten Province with an estimated start of operation in 2028. Based on the results of the economic analysis evaluation, it can be concluded that the establishment of a chloroform factory from acetone and calcium hypochlorite with a capacity of 11.000 tonnes/year is feasible with details of Annual Cash Flow (ACF) of 93,45%, payback period of 4 years, Pay Out Time (POT) of 1,208 years, Rate of Return (ROR) of 84,45%, and Break Even Point (BEP) of 48,02%.

*Keywords : Chloroform, Acetone, Calcium Hypochlorite, CSTR*



## RINGKASAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang harus mempersiapkan diri untuk menghadapi era perdagangan bebas. Industri kimia merupakan salah satu industri yang memegang peranan penting dalam meningkatkan kemajuan bangsa di sektor perdagangan. Salah satu bahan kimia yang penggunaannya cukup dibutuhkan dalam industri kimia adalah kloroform. Pabrik kloroform berbahan baku kalsium hipoklorit dan aseton ini dirancang dengan kapasitas 11.000 ton/tahun dan waktu operasi 330 hari per tahun. Bahan baku yang dibutuhkan yaitu kalsium hipoklorit sebanyak 4769,29 kg/jam dan aseton sebanyak 846,71 kg/jam. Proses produksi terbagi menjadi tiga tahapan, yaitu persiapan bahan baku, pembuatan kloroform, dan pemisahan produk. Proses produksi kloroform dilakukan pada RATB pada kondisi operasi suhu 50°C dengan keseluruhan kondisi operasi berjalan pada tekanan 1 atm. Pabrik ini akan beroperasi di Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang, Provinsi Banten dengan estimasi mulai beroperasi pada 2028. Berdasarkan hasil evaluasi analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik kloroform dari aseton dan kalsium hipoklorit dengan kapasitas 11.000 ton/tahun layak didirikan dengan rincian *Annual Cash Flow (ACF)* sebesar 93,45%, waktu pengembalian modal selama 4 tahun, *Pay Out Time (POT)* sebesar 1,208 tahun, *Rate of Return (ROR)* sebesar 84,45%, dan *Break Even Point (BEP)* sebesar 48,02%.

Kata Kunci : Kloroform, Aseton, Kalsium Hipoklorit, RATB

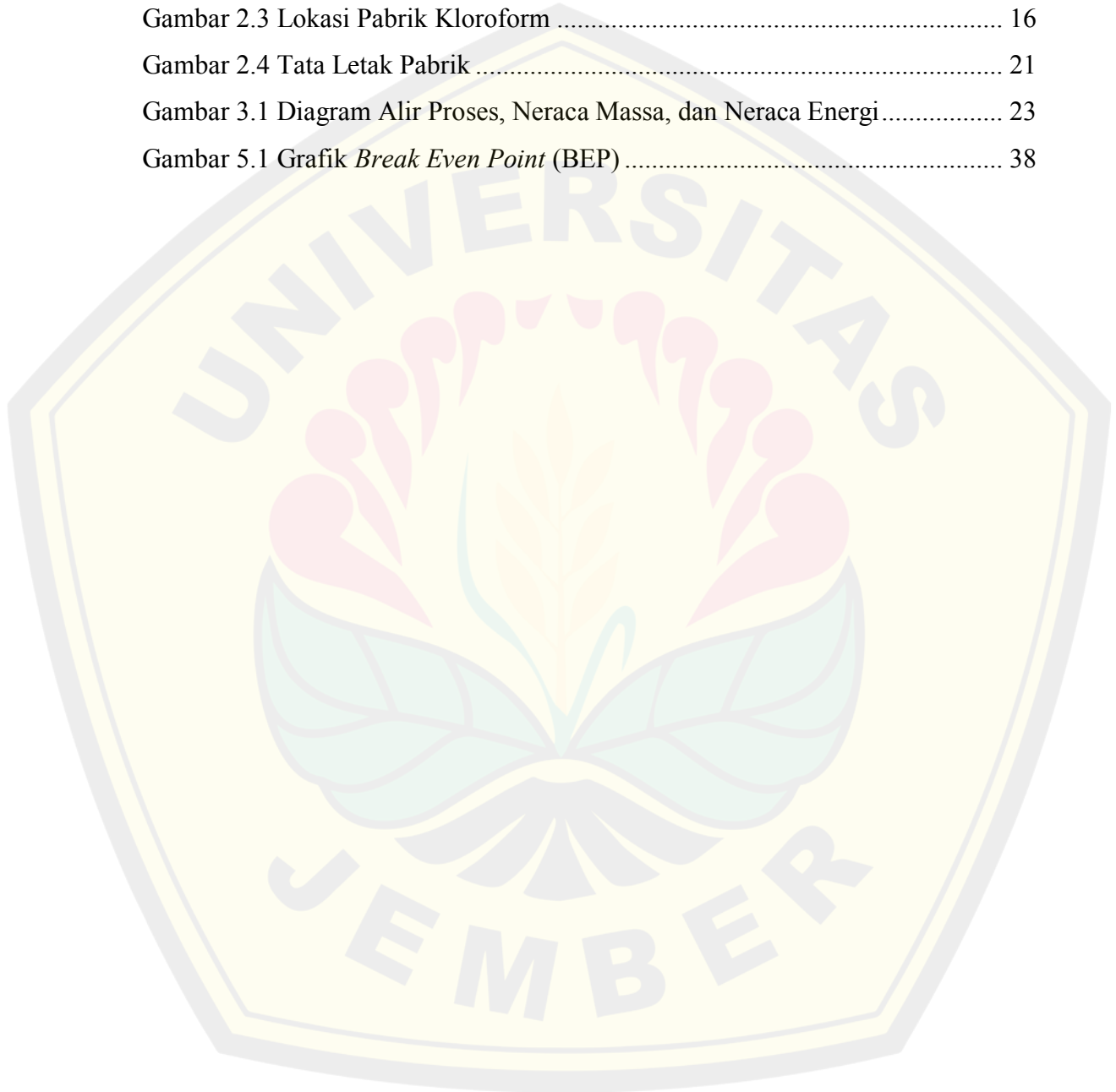
**DAFTAR ISI**

<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Sejarah dan Perkembangan.....	2
<b>BAB 2 PERENCANAAN PABRIK</b> .....	<b>4</b>
2.1 Pemilihan Kapasitas .....	4
2.2 Pemilihan Proses .....	6
2.2.1 Proses Klorinasi Metana .....	6
2.2.2 Kloronasi Fotokimia .....	7
2.2.3 Reduksi Karbon Tetraklorida.....	7
2.2.4 Reaksi antara Aseton dan <i>Bleaching Liquor</i> (Kalsium Hipoklorit).....	8
2.3 Uraian Proses.....	10
2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku .....	10
2.3.2 Tahap Pembuatan Kloroform.....	11
2.3.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian.....	11
2.4 Spesifikasi Bahan .....	13
2.4.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	13
2.4.2 Spesifikasi Produk .....	13
2.5 Pemilihan Lokasi dan Tata Letak .....	14
2.5.1 Lokasi Pabrik .....	14

2.5.2 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	15
2.5.3 Tata Letak Pabrik.....	20
<b>BAB 3 NERACA MASSA DAN ENERGI.....</b>	<b>23</b>
<b>BAB 4 SPESIFIKASI ALAT .....</b>	<b>24</b>
4.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Kalsium Hipoklorit.....	24
4.2 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....	24
4.3 Spesifikasi Tangki Proses.....	25
4.4 Spesifikasi Pompa.....	26
4.5 Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> .....	27
4.6 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> .....	28
4.7 Spesifikasi Reaktor.....	29
4.8 Spesifikasi Dekanter.....	30
<b>BAB 5 EVALUASI EKONOMI.....</b>	<b>31</b>
5.1 <i>Total Capital Investment (TCI)</i> .....	31
5.2 <i>Total Production Cost (TPC)</i> .....	33
5.3 Keuntungan/ <i>Profit</i> .....	34
5.4 Lama Waktu Pengembalian Modal.....	35
5.5 <i>Rate of Return (ROR)</i> .....	37
5.6 <i>Break Even Point (BEP)</i> .....	37
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>39</b>
6.1 Kesimpulan.....	39
6.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>44</b>

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit.....	12
Gambar 2.2 Gambar Peta Provinsi Banten .....	15
Gambar 2.3 Lokasi Pabrik Kloroform .....	16
Gambar 2.4 Tata Letak Pabrik .....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses, Neraca Massa, dan Neraca Energi.....	23
Gambar 5.1 Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	38



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Impor Kloroform di Indonesia.....	4
Tabel 2.2 Data Konsumsi Kloroform di Asia Tenggara .....	5
Tabel 2.3 Perbandingan Proses Pembuatan Kloroform .....	9
Tabel 2.4 Spesifikasi Bahan Baku .....	13
Tabel 2.5 Spesifikasi Produk.....	13
Tabel 2.6 Data Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja, Tingkat Pengangguran Terbuka, dan Tingkat Kesempatan Kerja Provinsi Banten.....	18
Tabel 2.7 Jumlah Peserta Didik di Provinsi Banten.....	19
Tabel 4.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Kalsium Hipoklorit .....	24
Tabel 4.2 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> .....	24
Tabel 4.3 Spesifikasi Tangki Proses .....	25
Tabel 4.4 Spesifikasi Pompa.....	26
Tabel 4.5 Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> .....	27
Tabel 4.6 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> .....	28
Tabel 4.7 Spesifikasi Reaktor .....	29
Tabel 4.8 Spesifikasi Dekanter .....	30
Tabel 5.1 <i>Direct Cost</i> .....	32
Tabel 5.2 <i>Indirect Cost</i> .....	32
Tabel 5.3 <i>Total Capital Investment (TCI)</i> .....	33
Tabel 5.4 <i>Manufacturing Cost (MC)</i> .....	33
Tabel 5.5 <i>General Expenses (GE)</i> .....	34
Tabel 5.6 <i>Total Production Cost (TPC)</i> .....	34
Tabel 5.7 Kerangka Pengangsuran Pinjaman.....	36
Tabel 5.8 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi.....	38

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang harus mempersiapkan diri untuk menghadapi era perdagangan bebas. Berbagai upaya harus dilakukan agar Indonesia dapat bersaing dengan negara-negara lain di era perdagangan bebas ini. Industri kimia merupakan salah satu industri yang memegang peranan penting dalam meningkatkan kemajuan bangsa di sektor perdagangan. Namun, berbagai kebutuhan produk-produk kimia belum seluruhnya dapat dihasilkan sendiri yang mana sebagian masih diimpor dari berbagai negara. Indonesia pada beberapa tahun mendatang diharapkan mampu bersaing dengan produsen bahan kimia dari negara-negara maju untuk ikut berpartisipasi dalam proses produksi beberapa bahan kimia. Salah satu bahan kimia yang penggunaannya cukup dibutuhkan dalam industri kimia adalah kloroform.

Kloroform (*Trichloromethane*, *Methenyl Chloride*) merupakan senyawa berwujud cairan bening dan berbau khas dengan rumus kimia  $\text{CHCl}_3$ . Dalam beberapa industri kloroform sering digunakan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan tetrafluoroetilena (TFE) dan bahan baku utama pada proses pembuatan *Chlorofluorohydrocarbon* (CFC-22). Selain itu, kloroform dapat juga digunakan pada industri tekstil dan karet, serta sebagai pelarut non-polar (Mongan, 2023).

Kloroform sendiri merupakan bahan kimia yang permintaan dan pertumbuhannya terus meningkat dari waktu ke waktu belakangan ini. Pasar global untuk kloroform diperkirakan mencapai 7,3 Miliar USD pada tahun 2022 dan diprediksi akan selalu meningkat hingga tahun 2030 (GlobeNewswire, 2023). Kloroform pada saat ini hanya diproduksi oleh beberapa negara saja, di antaranya Amerika, Jerman, Perancis, Korea, dan beberapa negara lainnya. Indonesia sendiri saat ini hanya mampu mengimpor bahan tersebut dari negara lain dikarenakan di Indonesia hingga saat ini belum ada pabrik kloroform yang berdiri. Tercatat pada tahun 2022, Indonesia mengimpor kloroform sebesar 56,756 ton yang mana sebagian besar diimpor dari Jerman, Amerika, dan Jepang. (Badan Pusat Statistik, 2023). Adapun beberapa perusahaan di Indonesia yang diketahui memanfaatkan

kloroform dalam proses produksinya antara lain, PT. Herbacore dan PT. Pyridam Farma Tbk. yang bergerak di farmasi, PT. Cheil Jedang Indonesia yang bergerak di bidang bioproduk, PT. Pupuk Kujang Cikampek yang bergerak di bidang pertanian, dan perusahaan-perusahaan lainnya.

Pendirian pabrik kloroform dapat menguntungkan Indonesia pada sektor industri serta dapat membuka lapangan kerja baru dan mungkin pula akan mendatangkan devisa bagi negara melalui jalur ekspor ke beberapa negara lain. Selain dari keuntungan yang didapatkan, negara juga dapat memasarkan produk-produk yang berasal dari bahan baku kloroform dengan harga yang bersaing atau bahkan lebih murah dan dapat mengurangi ketergantungan negara terhadap impor kloroform untuk kedepannya, serta dapat melakukan diversifikasi produk yang bernilai ekonomi tinggi.

Dengan melihat potensi berdirinya pabrik kloroform dan dengan harapan mengurangi ketergantungan terhadap impor kloroform maka perlu dibangun pabrik kloroform di Indonesia. Dengan pendirian pabrik ini juga termasuk dalam mendukung visi & misi pemerintah dalam rangka era industrialisasi di Indonesia dan diharapkan dapat menyerap tenaga kerja sehingga dapat mengurangi angka pengangguran.

## 1.2 Sejarah dan Perkembangan

Kloroform merupakan senyawa dengan rumus molekul  $\text{CHCl}_3$ , dikenal juga dengan beberapa nama diantaranya *Trichloromethane*, *Methyl Trichloride*, *Formil Trichloride* dan *Trichloroform*. Penggunaan kloroform telah mengalami pasang surut sepanjang sejarah. Kloroform ditemukan dan disintesis pertama kali pada sekitar tahun 1831 oleh ilmuwan yaitu *Liebig* dengan cara mereaksikan suatu alkali dengan *chloral*. Kemudian dengan cepat perkembangan penggunaan kloroform di seluruh dunia sebagai anestesi dalam kebidanan, kedokteran gigi, dan pembedahan. Penggunaan kloroform sebagai cairan anestesi dimulai pada tahun 1847 silam (Josopandojo & Purnomo, 2020). Penggunaannya terus dilanjutkan sampai timbulnya suatu kekhawatiran untuk terus menggunakan kloroform pada tahun 1848. Namun baru pada awal abad 20, penggunaan kloroform mulai ditinggalkan,

dan mulailah pada tahun 1940 dilakukan riset untuk menemukan cara anestesi yang lebih aman dan murah untuk digunakan selama Perang Dunia. Terlepas dari kekhawatiran penggunaannya, kloroform masih digunakan di laboratorium untuk penelitian dan di beberapa proses industri namun tetap dengan pengawasan.

Kloroform dapat disintesis dengan cara mencampurkan etil alkohol atau etanol dengan kalsium hipoklorit. Etil alkohol dipanaskan dan dicampurkan dengan kalsium hipoklorit. Untuk mendapatkan kloroform, reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi, reaksi klorinasi, dan reaksi hidrolisis. Klor akan mengakibatkan oksidasi dan klorinasi sehingga terjadi trikloroasetaldehida, yaitu suatu zat basa yang ada dikapur. Klor terurai menjadi asam formiat (dalam bentuk garam kalsiumnya) dan kloroform. Selain memakai etil alkohol, aseton bisa digunakan untuk menggantikan etil alkohol. Reaksi yang terjadi adalah reaksi klorinasi dan hidrolisis. Reaksi ini akan menghasilkan kalsium asetat dan kloroform. Selain itu, sintesis kloroform dapat juga diproduksi melalui reaksi antara gas klorin dan gas metana. Dalam reaksi ini, masing-masing dari empat hidrogen dalam metana digantikan, satu demi satu, oleh atom klorin. Oleh karena itu, reaksi harus dikontrol dengan hati-hati untuk memastikan bahwa jumlah maksimum produk yang diinginkan diperoleh (dalam hal ini kloroform). Untuk proses ini, kloroform dapat dipisahkan menggunakan distilasi bertingkat (Suratinoyo, 2018).

Pada tahun 1850-an, kloroform diproduksi secara komersial. Di Inggris, sekitar 750.000 dosis per minggu diproduksi pada tahun 1895 dengan menggunakan prosedur *Liebig*, yang bertahan hingga tahun 1960-an. Kloroform bersama dengan diklorometana disiapkan secara eksklusif dan dalam skala besar melalui klorinasi metana. Kemudian semakin berkembang, kloroform dibuat dari alkohol atau aseton dengan kalsium hipoklorit, yang ditemukan oleh Soubeirain (Mongan, 2023). Beberapa negara juga mulai memproduksi kloroform, adapun produsen kloroform meliputi Dow Chemical Company, Freeport, Texas (60.750 ton/tahun), Vulcan Materials Company, Geismar, Louisiana (40.500 ton/tahun), dan Dow Chemical Company, Plaquemine, Louisiana (90.000 ton/tahun).



## BAB 2 PERENCANAAN PABRIK

### 2.1 Pemilihan Kapasitas

Kebutuhan suatu produk dalam suatu negara dapat dilihat dari nilai ekspor dan impor akan produk pada negara tersebut. Apabila nilai impor suatu produk dalam suatu negara lebih besar dibandingkan dengan nilai eksportnya maka dapat berdampak pada berkurangnya cadangan devisa negara karena harus mengeluarkan biaya impor lebih besar daripada keuntungan yang diperoleh dari transaksi eksportnya. Hal inilah yang disebut dengan defisit perdagangan (Sutrisno, 2013).

Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka negara harus membatasi komoditas impor dan meningkatkan komoditas ekspor. Salah satu tujuan perancangan pabrik kloroform ini adalah untuk mengurangi ketergantungan impor kloroform dari luar negeri dan membuka peluang dalam meningkatkan devisa negara melalui jalur ekspor. Kebutuhan kloroform di pasaran inilah yang menjadi salah satu acuan untuk menentukan kapasitas pabrik.

Tabel 2.1 Data Impor Kloroform di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Pertumbuhan Impor (%)
2018	27,927	
2019	50,913	82,307
2020	38,409	-24,560
2021	58,742	52,938
2022	56,756	-3,381
<b>Total</b>	<b>232,747</b>	<b>107,305</b>
<b>Rata-Rata</b>	<b>46,549</b>	<b>26,826</b>

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2023

Dari Tabel 2.1 diperoleh rata-rata pertumbuhan impor kloroform pada tahun 2018-2022 sebesar 26,826%. Pabrik kloroform direncanakan akan berdiri pada tahun 2028 dengan perkiraan impor kloroform pada tahun 2028 dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$m = P(1 + i)^n \quad (2.1)$$

dimana : m = Jumlah produk pada tahun 2028 (ton/tahun)

P = Data impor pada tahun 2022 (ton/tahun)

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

n = Selisih tahun

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh perkiraan impor kloroform pada tahun 2028 sebesar 236,193 ton, sehingga dapat ditetapkan bahwa kapasitas produksi pabrik kloroform ini pada tahun 2028 sebesar 236 ton atau dibulatkan menjadi 250 ton/tahun, tetapi perhitungan kapasitas tersebut terlalu kecil untuk membuka sebuah pabrik. Oleh karena itu, pabrik kloroform ini tidak hanya berfokus pada pemenuhan kebutuhan kloroform di dalam negeri saja, tetapi juga akan berfokus pada kebutuhan kloroform di luar negeri melalui kegiatan ekspor.

Tabel 2.2 Data Konsumsi Kloroform di Asia Tenggara

<b>Tahun</b>	<b>Konsumsi ASEAN (Ton)</b>	<b>Pertumbuhan Konsumsi (%)</b>
2011	162.080	
2012	157.138	-3,049
2013	150.492	-4,229
2014	136.899	-9,032
2015	125.918	-8,021
<b>Total</b>	<b>732.527</b>	<b>-24,332</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>146.505,4</b>	<b>-6,083</b>

Sumber : IndexBox, 2023

Dalam penentuan kapasitas pabrik selain melihat data pertumbuhan kebutuhan kloroform di Indonesia data konsumsi kloroform di Asia Tenggara sebagai acuan dalam proses penentuan kapasitas pabrik yang akan dibangun di Indonesia. Dari Tabel 2.3 diperoleh rata-rata pertumbuhan konsumsi kloroform di Asia Tenggara pada tahun 2011-2015 sebesar -6,083%. Untuk menentukan kebutuhan konsumsi kloroform Asia Tenggara pada tahun 2028 dapat dihitung dengan persamaan yang ada sebelumnya :

$$m = P(1 + i)^n \quad (2.2)$$

dimana : m = Jumlah produk pada tahun 2028 (ton/tahun)

P = Data konsumsi kloroform pada tahun 2015 (ton/tahun)

i = Rata-rata kenaikan konsumsi tiap tahun (%)

n = Selisih tahun

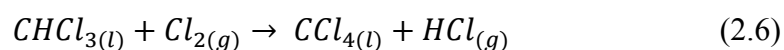
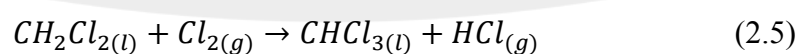
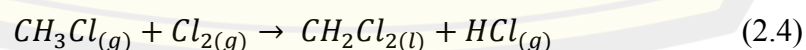
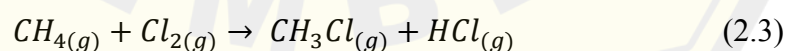
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh perkiraan kebutuhan kloroform di Asia Tenggara pada tahun 2028 sebesar 55.688 ton. Apabila diasumsikan bahwa produksi pabrik ini akan memenuhi 20% dari konsumsi di Asia Tenggara pada tahun 2028, maka kapasitas produksi pabrik sebesar 11.138 ton/tahun atau dibulatkan menjadi 11.000 ton/tahun dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan kloroform dalam dan luar negeri sehingga mengurangi ketergantungan impor kloroform dan dapat membuka kesempatan berdirinya lapangan pekerjaan yang baru untuk masyarakat serta meningkatkan devisa negara.

## 2.2 Pemilihan Proses

Secara umum proses pembuatan kloroform dapat diperoleh dengan empat cara, yaitu:

### 2.2.1 Proses Klorinasi Metana

Produksi kloroform dalam industri dapat dilakukan melalui klorinasi metana dengan bantuan katalis alumina. Bahan baku yang digunakan adalah metana dengan kemurnian tinggi. Adapun reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed bed* katalitik. Suhu reaksi adalah 350°C-400°C. Proses halogenasi metana menghasilkan beberapa macam *chlorinated product*, yaitu klorometana (CH<sub>3</sub>Cl), kloroform (CHCl<sub>3</sub>), diklorometana (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>). Selain itu terdapat reaksi samping klorinasi kloroform menjadi karbon tetraklorida (CCl<sub>4</sub>). Reaksi proses kloronasi metana sebagai berikut :



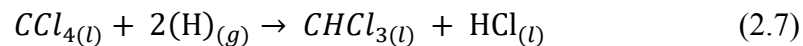
Metana dan klorin direaksikan dalam reaktor. Sekitar 65% metana dapat direaksikan dengan sempurna pada suhu operasi di reaktor 350-400°C dan tekanan 2 atm dengan waktu tinggal yang diinginkan. Berbagai komponen-komponen produk yang meninggalkan reaktor pertama adalah metil klorida, metilen diklorida, kloroform, dan karbon tetraklorida. Gas-gas buangan dari reaktor masih mengandung metana yang tidak bereaksi dan hidrogen klorida. Metana yang tidak bereaksi dan HCl dipisahkan dari klorometana dengan kolom pemisah. Gas yang keluar dari reaktor dan yang bereaksi dengan campuran klorometana kemudian didinginkan dalam kondensor. Campuran tersebut dipisahkan dalam HCl absorber untuk memisahkan *hydrogen chloride*. Karena reaksi yang berlangsung bersifat asam, maka gas dari absorber dimasukan ke dalam kolom netralizer dengan *caustic soda* atau sodium hidroksida sebagai bahan penetralisir. Setelah dinetralisir gas dikeringkan dengan asam sulfat. Kemudian setelah dikeringkan gas akan memasuki menara *stripper* untuk memisahkan metana yang dapat didaur ulang menuju reaktor (Batara & Prasetya, 2019). Selanjutnya gas dimurnikan dalam kolom destilasi untuk memisahkan komponen-komponen metana. Kemurnian produk yang didapatkan sebesar 15-30% (McKetta & Cunningham, 1992).

### 2.2.2 Kloronasi Fotokimia

Proses klorinasi dengan metode klorinasi fotokimia didasarkan pada reaksi klorinasi metana oleh aktivasi dari reaksi massa dengan radiasi sinar (Rahman & Akbar, 2018). Adapun pemisahan molekul klorin ( $\text{Cl}_2$ ) menjadi radikal Cl adalah dengan meradiasikan reaksi massa dengan sumber sinar yang mempunyai radiasi 3000-5000 Å. Bahan baku yang digunakan adalah metana dengan kemurnian tinggi. *Yield* proses ini adalah 90%. Reaktor yang digunakan adalah reaktor fotokimia (McKetta & Cunningham, 1992).

### 2.2.3 Reduksi Karbon Tetraklorida

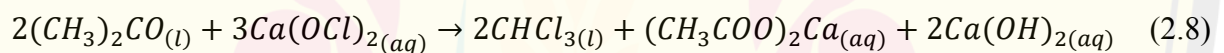
Fase cair karbon tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ ) direduksi dengan gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) akan menghasilkan kloroform dengan adanya katalis besi. Berikut merupakan reaksi karbon tetraklorida dengan hidrogen.



Reduksi teratas dari karbon tetraklorida dengan etil alkohol akan menghasilkan kloroform. Reaksi terjadi pada reaktor dengan suhu 200°C selama 25 jam akan menghasilkan kloroform dalam jumlah kecil dan etil klorida. Reaktor yang digunakan adalah *fluidized bed reaktor* (Yudha & Saddam, 2022). Proses reaksi dapat dilakukan secara *batch*, semi kontinyu, dan kontinyu. *Yield* yang dihasilkan dari proses reduksi karbon tetraklorida sebesar 70-80% (Rahman & Akbar, 2018).

#### 2.2.4 Reaksi antara Aseton dan *Bleaching Liquor* (Kalsium Hipoklorit)

Pada proses pembuatan kloroform dari aseton dan *bleaching liquor* ( $Ca(OCl)_2$ ) menghasilkan *crude* kloroform, dimana hasil reaksi keluaran reaktor dimurnikan menggunakan dekanter. Aseton bereaksi dengan kalsium hipoklorit pada kondisi eksotermis dan temperatur dijaga dengan koil pendingin. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Secara garis besar proses dari aseton dan kalsium hipoklorit dapat dijabarkan bahwa aseton perlahan-lahan dimasukkan ke dalam reaktor dan dicampur dengan kalsium hipoklorit yang ditambahkan air. Suhu akan meningkat dan dipertahankan 50°C saat pencampuran setelah semua aseton telah selesai ditambahkan. Konversi reaksi tersebut sebesar 87%, campuran kloroform, kalsium asetat ( $Ca(CH_3COO)_2$ ), kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ), kalsium hipoklorit ( $Ca(OCl)_2$ ), aseton, dan air hasil reaksi dialirkan ke dalam dekanter. Pada dekanter terjadi pemisahan pada suhu ruang 30°C antara campuran kloroform, kalsium asetat ( $Ca(CH_3COO)_2$ ), kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ), kalsium hipoklorit ( $Ca(OCl)_2$ ), aseton, dan air, pemisahan terjadi berdasarkan perbedaan kelarutannya. *Overflow* produk atas dari dekanter dialirkan menuju *waste water treatment* sedangkan *underflow* produk bawah dialirkan menuju tangki penyimpanan produk. Kemurnian produk yang dihasilkan sebesar 99% (McKetta & Cunningham, 1992).

Tabel 2.3 Perbandingan Proses Pembuatan Kloroform

Parameter	Klorinasi Metana	Klorinasi Fotokimia	Reduksi Karbon Tetraklorida	Aseton dan Bleaching Liquor
Bahan baku	Metana	Metana	Karbon Tetraklorida & Hidrogen	Aseton & Kalsium Hipoklorit
Harga bahan baku	Metana: US\$45,00 - US\$100,00 (Rp.670.275- Rp.1.489.500)/40L Katalis: US\$2/kg (Rp. 29.790)	Metana: US\$45,00 - US\$100,00 (Rp.670.275- Rp.1.489.500)/40L	Karbon tetraklorida: Rp.600.000/250 ml Hidrogen: Rp.190.000/6 m <sup>3</sup>	Aseton: Rp. 4.606.500/25 L Kalsium Hipoklorit Rp. 450.000/15 kg
Suhu	350-400 °C	250-500 °C	200°C	50 °C
Tekanan	2 atm	-	5-79 atm	1 atm
Katalis	Alumina	-	Besi	-
Konversi	65%	90%	70-80%	87%
Kemurnian	15-30%	44%	60%	99%
Reaktor	Reaktor <i>Fixed Bed</i> Katalitik	Reaktor Fotokimia	<i>Fluidized Bed</i> Reaktor	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Kelebihan	1. Tidak perlu adanya regenerasi katalis.	1. Impuritas klorometana yang dihasilkan lebih sedikit.	1. Proses reaksi dapat dilakukan secara <i>batch</i> , semi kontinyu, dan kontinyu	1. Reaksi cukup sederhana dengan suhu yang relatif rendah 2. Kemurnian produk tinggi 3. Harga bahan baku murah

Kekurangan	1. Diperlukan metana kemurnian tinggi	1. Tingginya biaya pembuatan dan perawatan reaktor	1. Reaksi berjalan lambat	1. Reaktor membutuhkan koil pendingin karena reaksi bersifat eksotermis
	2. Produk samping HCl yang banyak	2. Kapasitas reaktor rendah		
	3. Pengadaan dan perawatan reaktor membutuhkan biaya yang cukup mahal	3. Energi yang dibutuhkan besar		
	4. Sensitif dengan adanya impuritas			

Berdasarkan Tabel 2.4 di atas, pada prarancangan pabrik klorofom dapat dipilih proses pembuatan kloroform dari aseton dan kalsium hipoklorit (*bleaching liquor*) dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Suhu operasi yang dibutuhkan rendah (utilitas relatif rendah)
2. Kemurnian produk yang dihasilkan dari proses ini lebih tinggi yaitu 99%
3. Peralatan yang digunakan lebih sederhana dan efisien
4. Reaksi dijalankan dengan kondisi operasi yang mudah dicapai sehingga tidak memerlukan perlakuan yang rumit dan tidak membutuhkan energi yang besar (Bayu, 2013).

## 2.3 Uraian Proses

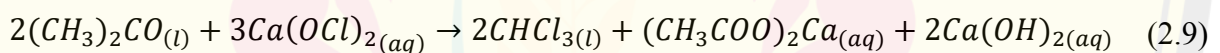
### 2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan kloroform terdiri dari *bleaching powder* (kalsium hipoklorit) dan aseton. Kalsium hipoklorit bentuk padatan disimpan dalam gudang penyimpanan (F-111) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, dan aseton dalam bentuk cairan disimpan dalam tangki penyimpanan (F-113) pada suhu 30°C tekanan 1 atm. Kalsium hipoklorit diangkut dengan menggunakan *screw conveyor* (J-112) untuk diumpankan ke *mixing tank* (M-110). Pada *mixing tank* (M-110) kalsium hipoklorit dicampurkan dengan air yang berasal dari pipa yang dialirkan dari unit utilitas

menjadi larutan kalsium hipoklorit, proses pencampuran dilakukan pada suhu 30°C tekanan 1 atm secara kontinu. Larutan kalsium hipoklorit keluaran dari *mixing tank* (M-110) dialirkan menggunakan pompa melewati *heater* 1 (E-122) hingga suhu 50°C lalu masuk ke reaktor (R-120). Aseton yang berada dalam tangki penyimpanan (F-123) juga dialirkan menggunakan pompa melewati *heater* (E-125) hingga suhu 50°C lalu masuk ke reaktor (R-120).

### 2.3.2 Tahap Pembuatan Kloroform

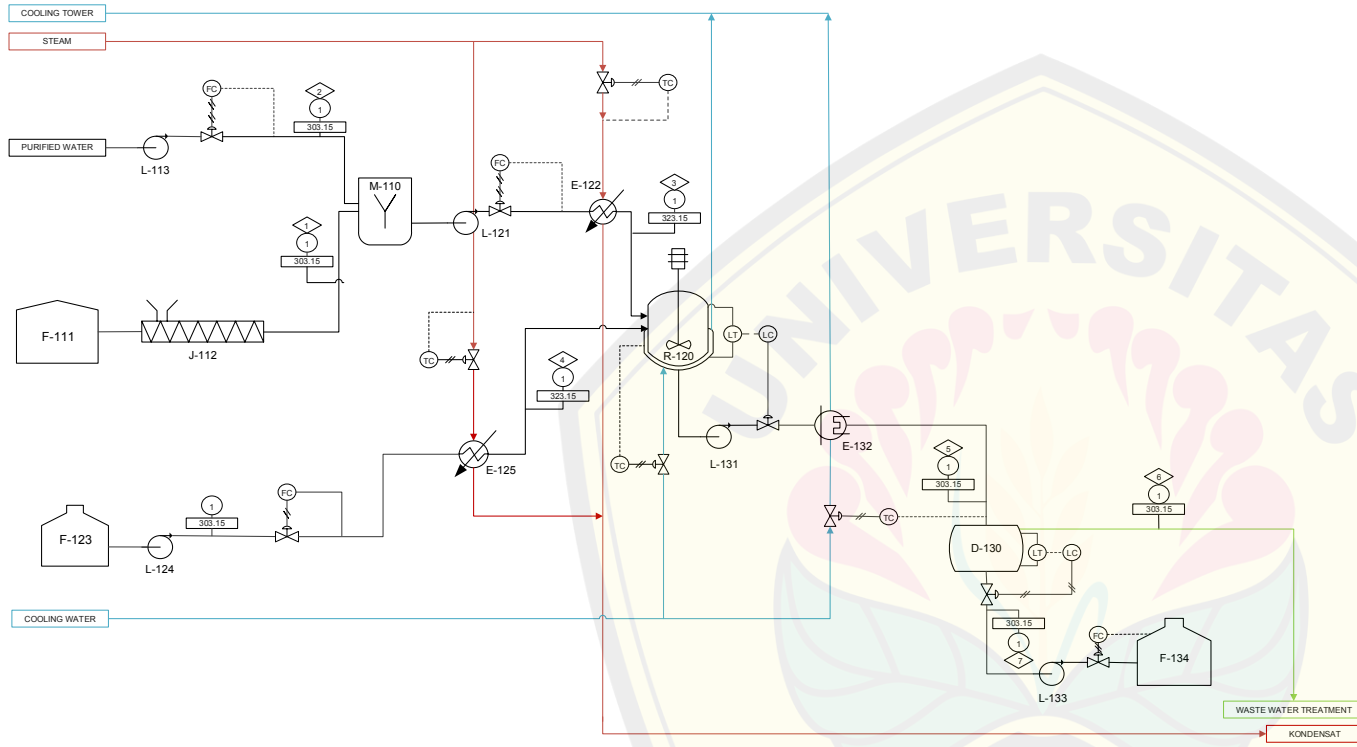
Aseton dan kalsium hipoklorit direaksikan di reaktor alir tangki berpengaduk (R-120) pada suhu 50°C dan tekanan 1 atm. Pengadukan dalam reaktor dimaksudkan agar reaksi berlangsung secara sempurna. Reaksi berlangsung pada fase cair-cair. Reaksi ini bersifat eksotermis sehingga digunakan koil pendingin untuk menjaga suhu tetap pada kondisi 50°C. Reaksi aseton dengan kalsium hipoklorit membentuk hasil produk kloroform dan hasil samping berupa kalsium asetat dan kalsium hidroksida. Reaksi yang terjadi pada pembuatan kloroform sebagai berikut :



### 2.3.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Hasil keluaran dari reaktor (R-120) berupa aseton sisa, kalsium hipoklorit sisa, kloroform, kalsium asetat, kalsium hidroksida, air, dan natrium klorida yang merupakan *impurities* dari bahan baku. Campuran tersebut kemudian dialirkan melewati pendingin (E-131) sehingga suhunya dari 50°C menjadi 30°C, lalu menuju dekanter (D-130) untuk dilakukan pemisahan produk. Dalam dekanter (D-130) terjadi pemisahan dua fasa cairan berdasarkan kelarutannya, antara produk samping yang terdiri dari aseton sisa, kalsium hipoklorit sisa, kalsium asetat, kalsium hidroksida, air, dan natrium klorida yang merupakan fase ringan dengan produk utama yaitu kloroform yang merupakan fase berat. Cairan produk atas dari dekanter (D-130) yang merupakan fase ringan dialirkan ke unit pengolahan limbah, sedangkan produk bawah dari dekanter berupa kloroform dengan kemurnian 99% kemudian dimasukkan ke tangki produk (F-134).





Kode Alat	Nama Alat
M-110	Mixer
F-111	Gudang Penyimpanan Kalsium Hipoklorit
J-112	Screw Conveyor
L-113	Pompa 1
R-120	Reaktor
L-121	Pompa 2
E-122	Heater 1
F-123	Tangki Penyimpanan Aseton
L-124	Pompa 3
E-125	Heater 2
D-130	Dekanter
L-131	Pompa 4
E-132	Cooler
L-133	Pompa 5
F-134	Tangki Penyimpanan Kloroform

Simbol	Alat
○	Tekanan Arus
□	Suhu
◇	Nomor Arus
—	Arus Utama
- - - -	Indikator Elektrik
≠	Udara Tekan
⊗	Control Valve
FC	Flow Control
TC	Temperature Control
LC	Level Control
LT	Level Measurement

Komponen	Aliran						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Ca(OCl) <sub>2</sub>	✓		✓		✓	✓	
NaCl	✓		✓		✓	✓	
H <sub>2</sub> O	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				✓	✓	✓	
Ca(OH) <sub>2</sub>					✓	✓	
Ca(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>					✓	✓	
CHCl <sub>3</sub>					✓	✓	✓



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2023

---

Pembimbing :  
**Ir. Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si.**  
**Noven Pramitasari S.T., M. T**

---

**PROCESS FLOW DIAGRAM**  
**PRA-RANCANGAN PABRIK KLOROFORM DARI ASETON DAN**  
**KALSIMUM HIPOKLORIT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

---

Oleh :

<b>Khusnul Khotimah</b>	<b>191910401051</b>
<b>Yeremia Prasetya Nugroho</b>	<b>191910401061</b>
<b>Agus Rahman</b>	<b>191910401069</b>

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit

## 2.4 Spesifikasi Bahan

### 2.4.1 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2.4 Spesifikasi Bahan Baku

No.	Spesifikasi	Aseton	Kalsium Hipoklorit	Air
1.	Rumus kimia	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	Ca(OCl) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
2.	BM	58,08 g/mol	142,98 g/mol	18,02 g/mol
3.	Bentuk	Cair	Padat	Cair
4.	Warna	Tidak berwarna	Putih	Tidak berwarna
5.	Bau	Manis	Aroma klorin yang kuat	Tidak berbau
6.	pH	5-6	10,4 – 10,8	7
7.	Titik leleh	-94,9 °C	100 °C	0°C
8.	Titik didih	56,53 °C	175 °C	100°C
9.	Densitas	0,78 gr/mL (30 °C)	2,34 gr/cm <sup>3</sup> (30 °C)	1,02 gr/cm <sup>3</sup> (30 °C)
10.	Viskositas	0,295 cPs (30 °C)	-	0,815 cPs (30 °C)
11.	Kelarutan dalam air 30°C (gr/100 gr)	100	21,40	-
12.	Harga	Rp. 4.606.500/25 L	Rp. 450.000/15 kg	Rp. 3.000/liter
13.	Keterangan	Bahan baku utama	Bahan baku utama	Bahan baku pendukung

### 2.4.2 Spesifikasi Produk

Tabel 2.5 Spesifikasi Produk

No.	Spesifikasi	Kloroform	Kalsium Asetat	Kalsium Hidroksida
1.	Rumus kimia	(CHCl <sub>3</sub> )	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> CaO <sub>4</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>
2.	BM	119,50 g/mol	158,17 g/mol	74,09 g/mol
3.	Bentuk	Cair	Padat	Padat
4.	Warna	Tidak berwarna	Putih	Tidak berwarna
5.	Bau	Manis	-	Tidak berbau

6.	pH	-	6-9	12,5
7.	Titik leleh	-63,5 °C	160 °C	580 °C
8..	Titik didih	61,2 °C	117,1 °C	2850 °C
9.	Densitas	1,47 gr/cm <sup>3</sup> (30 °C)	1,49 gr/cm <sup>3</sup> (30 °C)	2,23 gr/cm <sup>3</sup> (30 °C)
10.	Viskositas	0,515 cPs (30 °C)	-	-
	Kelarutan			
11.	dalam air 30°C (gr/100 gr)	0,79	34,08	24,30
12.	Harga	824,5 USD/25 L	-	-
13.	Keterangan	Produk utama	Produk samping	Produk samping

## 2.5 Pemilihan Lokasi dan Tata Letak

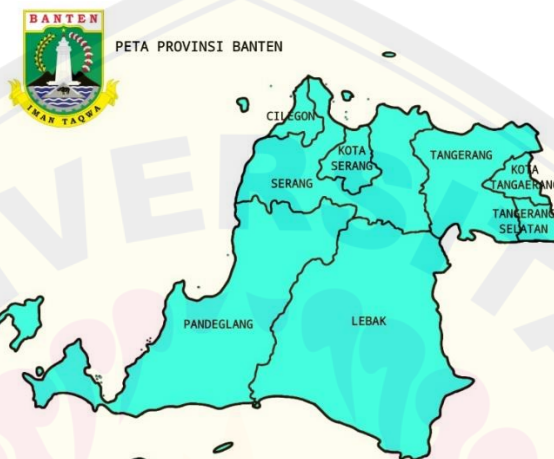
### 2.5.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu yang paling penting untuk kelangsungan operasi suatu pabrik yang akan didirikan. Lokasi pabrik sangat berpengaruh untuk suatu industri baik terhadap faktor produksi maupun distribusi serta kemungkinan pengembangan di masa yang akan datang. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal, ketersediaan bahan baku, serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (M. Peters et al., 2004).

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka pembuatan pabrik kloroform dari aseton dan kalsium hipoklorit ini direncanakan berlokasi di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Banten adalah sebuah provinsi di Pulau Jawa, Indonesia. Provinsi ini merupakan provinsi yang letaknya paling Barat di Pulau Jawa. Banten memiliki wilayah laut yang menjadi salah satu jalur laut strategis yaitu Selat Sunda. Dengan menggunakan kapal-kapal berukuran besar, Selat Sunda menjadi jalur penghubung antara Australia dan Selandia Baru dengan kawasan Asia Tenggara, khususnya Thailand, Malaysia, dan Singapura. Selain itu, wilayah laut Banten adalah jalur penghubung antara Jawa dan Sumatra (BPS Provinsi Banten, 2023).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Banten tahun 2022, penduduk Provinsi Banten berjumlah 12.251.985 jiwa, dengan kepadatan penduduk 1.310

jiwa/km<sup>2</sup>. Banten secara geografis dan pemerintahan berperan sebagai zona penyangga bagi Jakarta. Secara ekonomi wilayah Banten memiliki banyak industri. Wilayah Provinsi Banten juga memiliki beberapa pelabuhan laut yang dikembangkan sebagai antisipasi untuk menampung kelebihan kapasitas dari pelabuhan laut di Jakarta dan ditujukan untuk menjadi pelabuhan alternatif selain Singapura.



Gambar 2.2 Gambar Peta Provinsi Banten

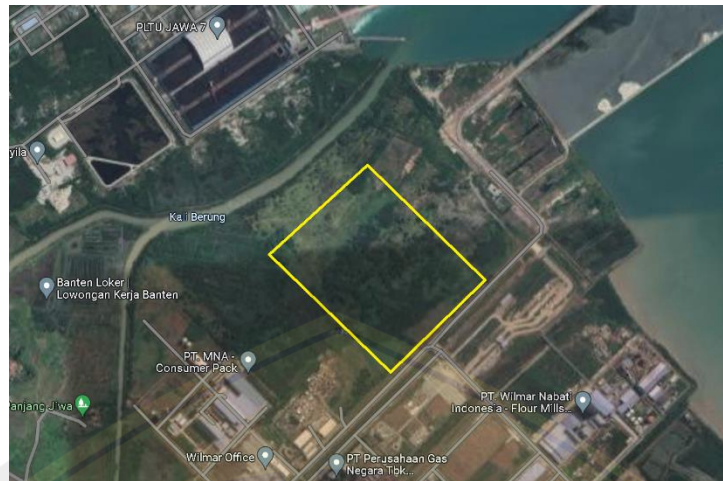
Sumber : Wikipedia

Berikut adalah kondisi wilayah provinsi Banten menurut data dari Badan Pusat Statistik Banten tahun 2022 :

- Luas wilayah = 9.352,77 km<sup>2</sup>
- Kelembaban udara rata-rata = 82,06%
- Suhu udara rata-rata = 27,58°C
- Curah hujan rata-rata = 236,2 mm<sup>3</sup>

### 2.5.2 Pemilihan Lokasi Pabrik

Terdapat beberapa faktor yang mendukung kesuksesan sebuah pabrik yang didirikan. Salah satu faktor terpenting yakni adalah penentuan lokasi geografis dari sebuah pabrik. Lokasi pabrik kloroform akan dibangun di Kabupaten Serang, Provinsi Banten seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lokasi Pabrik Kloroform

Lokasi pabrik kloroform yang direncanakan berlokasi pada Kabupaten Serang, tepatnya di area industri yang terletak di Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Hal ini tentunya memiliki beberapa alasan. Dasar utama pemilihan lokasi pabrik antara lain sebagai berikut :

- Bahan Baku

Lokasi pabrik harus berdekatan dengan lokasi sumber bahan baku. Hal ini dikarenakan jarak antara tempat produksi dan lokasi pengambilan bahan baku dapat mempengaruhi kemampuan bersaing dari produk-produk yang dibuat, kontinuitas produksi dari suatu pabrik, dan keuntungan dengan jarak lokasi yang dekat dengan bahan baku yaitu salah satunya dapat menghemat biaya transportasi pabrik itu sendiri. Bahan baku pembuatan kloroform adalah aseton dan kalsium hipoklorit. Aseton dapat diperoleh dari PT. Smartlab Indonesia di Serpong, sedangkan kalsium hipoklorit dapat diperoleh dari PT. AJS Chemindo dan PT. Gael Vada Indonesia di Tangerang. Dengan demikian, semua bahan baku yang akan digunakan untuk proses produksi pabrik kloroform tersedia di dalam negeri tanpa harus melakukan impor serta jarak antara lokasi pendirian pabrik dan kedua daerah pengiriman bahan baku tersebut merupakan jarak yang relatif dekat untuk transportasi bahan baku sehingga tidak akan mengganggu proses produksi.

- Utilitas

Utilitas merupakan salah satu unit yang penting dalam menunjang keberlangsungan suatu proses produksi di pabrik. Utilitas yang diperlukan meliputi kebutuhan air sebagai air proses, air sanitasi, dan air umpan *heat exchanger* yang dapat dipenuhi menggunakan sumber air sungai, kebutuhan bahan bakar untuk produksi, dan kebutuhan energi listrik. Untuk memenuhi kebutuhan air, sumber air yang digunakan berasal dari air Kali Berung yang dekat dengan lokasi pendirian pabrik yang terlebih dahulu diproses di unit pengolahan air agar layak digunakan untuk air proses dan sanitasi, kebutuhan bahan bakar yang digunakan dipasok langsung dari PT. SHA Solo yang merupakan salah satu distributor solar industri yang terdapat di Kabupaten Serang, dan kebutuhan energi listrik pabrik dapat dipasok dari PLTU Jawa 7 yang merupakan salah satu PLTU terbesar di Indonesia dengan total kapasitas sebesar  $2 \times 1.050$  Megawatt (MW).

- Transportasi dan Pemasaran Produk

Sarana transportasi yang baik dapat menunjang keberhasilan suatu pabrik kimia. Sarana transportasi yang dimaksud adalah jalan yang nyaman untuk pekerja, transportasi bahan-bahan dan peralatan yang efisien, serta pengiriman secara cepat dan ekonomis. Untuk mempermudah lalu lintas pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dan pemasarannya, pabrik yang dirancang direncanakan akan didirikan di Kab. Serang, Banten. Wilayah Kab. Serang, Banten terletak pada lokasi yang strategis sehingga sarana dan prasarana mudah untuk dijangkau seperti jalan raya dan pelabuhan. Lokasi pabrik berdekatan dengan Jalan Tol Merak akan mempermudah pengadaan bahan baku dan distribusi produk melalui jalur darat. Selain itu, di Provinsi Banten juga memiliki bandara yaitu Bandara Soekarno-Hatta yang terletak di Kota Tangerang yang merupakan bandara yang memiliki standar internasional. Sedangkan untuk pemasaran produk di luar pulau Jawa maupun ke luar negeri dapat dilakukan dengan transportasi laut yang mana telah tersedia Pelabuhan Merak dan Pelabuhan Banten yang terletak di kota Cilegon yang didukung fasilitas yang memadai, sehingga diharapkan aktivitas transportasi akan

kebutuhan pabrik dapat berjalan dengan baik dan pengiriman barang ke luar maupun ke dalam pabrik tidak mengalami kesulitan.

Selain dari transportasi, pemasaran juga menjadi salah satu aspek terkait yang perlu di pertimbangkan. Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin untuk kelangsungan pabrik. Dengan akses darat, udara, dan laut yang tidak terlalu sulit, menjadi kemudahan bagi distribusi produk baik di dalam negeri ataupun luar negeri. Di Indonesia sendiri, terdapat beberapa perusahaan yang diketahui memanfaatkan kloroform dalam produksi mereka antara lain, PT. Herbacore dan PT. Pyridam Farma Tbk. yang bergerak di farmasi, PT. Cheil Jedang Indonesia yang bergerak di bidang bioproduk, PT. Pupuk Kujang Cikampek yang bergerak di bidang pertanian, dan perusahaan-perusahaan lainnya. Kawasan yang berdekatan dengan jalan tol dan pelabuhan dapat memudahkan dalam pemasaran ke luar dan dalam Pulau Jawa maupun ke luar negeri.

- Tenaga Kerja

Tabel 2.6 Data Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja, Tingkat Pengangguran Terbuka, dan Tingkat Kesempatan Kerja Provinsi Banten

<b>Tahun</b>	<b>Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (%)</b>	<b>Tingkat Pengangguran Terbuka (%)</b>
2019	63,83	8,11
2020	64,48	10.64
2021	63,79	8,98

Sumber : BPS Provinsi Banten, 2023

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Tenaga kerja akan bertugas menjadi operator, pengawas, administrasi, dan lain sebagainya. Penduduk usia kerja merupakan semua orang yang berumur 15 tahun ke atas. Pada tahun 2021, tercatat Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Provinsi Banten sebesar 8,98% dengan jumlah pengangguran sebanyak 562 ribu orang yang menunjukkan bahwa tenaga kerja di Provinsi Banten masih tersedia. Tingkat

Pengangguran Terbuka (TPT) sendiri mengindikasikan jumlah pengangguran terhadap jumlah angkatan kerja dalam suatu wilayah.

Tabel 2.7 Jumlah Peserta Didik di Provinsi Banten

Jenjang Pendidikan	2020	2021	2022
Sekolah Dasar (SD)	1.178.647	977.900	1.163.083
Sekolah Menengah Pertama (SMP)	420.193	292.578	430.305
Sekolah Menengah Atas (SMA)	190.817	137.611	207.891
Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)	254.707	168.136	246.844
Mahasiswa	1.308.214	1.359.845	1.382.989

Sumber : Badan Pusat Statistik Banten dan Dapodik Kemdikbud

Masyarakat yang dapat bekerja di pabrik kloroform minimal telah menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Atas atau sederajat dengan usia minimal 18 tahun dan maksimal 55 tahun. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu tenaga kerja yang berpendidikan tingkat SMA/sederajat untuk buruh pabrik maupun operator, Diploma sebagai teknisi, Sarjana sebagai kepala teknisi maupun manajer dan struktural kepengurusan perusahaan. Melihat data yang ditunjukkan tabel di atas, diharapkan pembangunan pabrik kloroform akan menyediakan lapangan pekerjaan yang lebih banyak untuk masyarakat sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar.

- Hukum yang Berlaku

Insentif yang didapat pemerintah atas keuntungan yang diperoleh dari suatu industri dapat disebut juga dengan perpajakan. Kejaminan infrastruktur negara melalui pajak sangat penting dikarenakan dapat memberikan kemudahan dalam mobilisasi bahan baku maupun produk kepada konsumen. Di samping itu juga ada hukum yang berlaku di daerah tersebut yang merupakan suatu peraturan yang harus dipatuhi oleh perusahaan ataupun instansi yang berkaitan. Hukum yang berlaku juga secara langsung dapat berpengaruh ke pabrik seperti kapasitas, bahan baku yang dipakai, dan limbah yang dihasilkan. Landasan hukum yang mengatur tentang rencana pembangunan kawasan industri di Kab. Serang, Provinsi Banten tertuang dalam Peraturan Daerah Provinsi Banten No. 5 Tahun 2020 tentang rencana



pembangunan industri Provinsi Banten tahun 2020-2040 dan Peraturan Daerah Kabupaten Serang No. 10 Tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah Kabupaten Serang tahun 2011-2031.

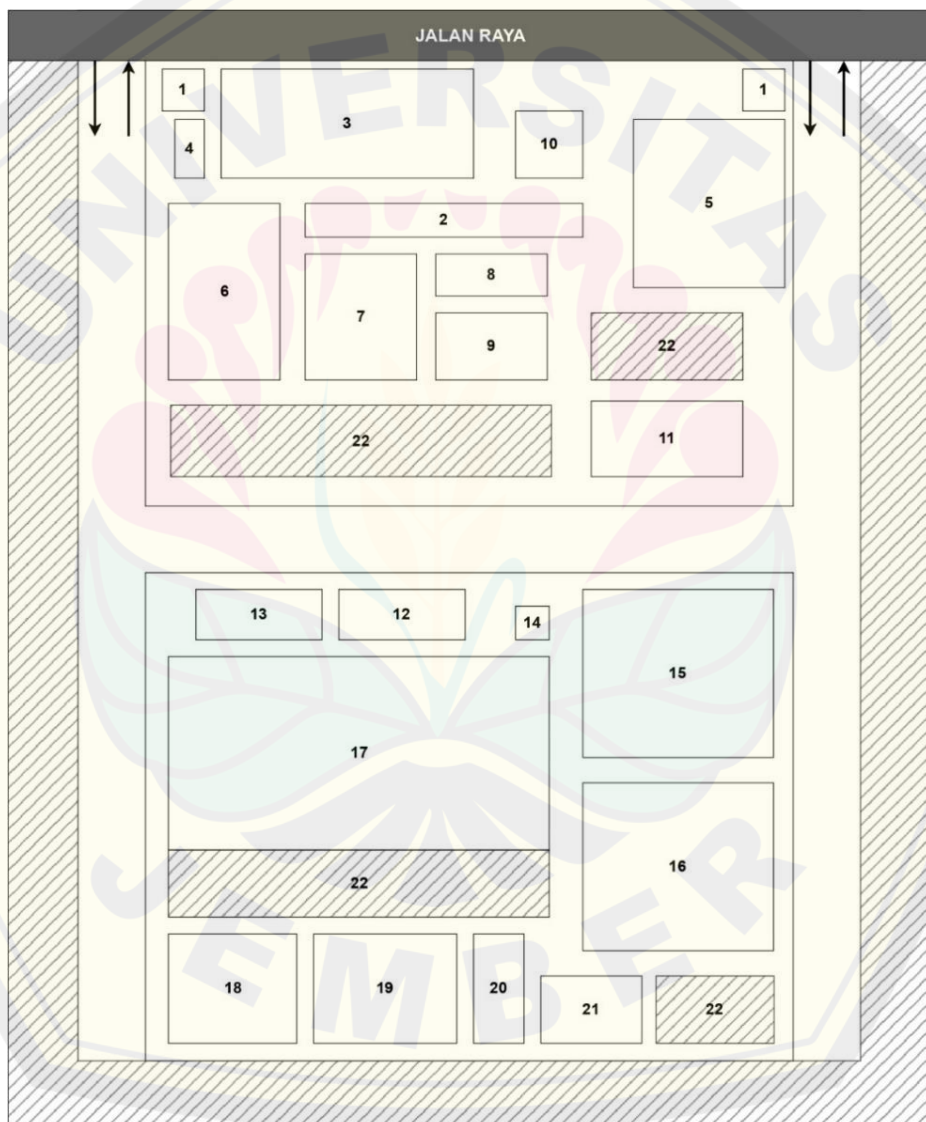
### 2.5.3 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik harus dipikirkan dan dipersiapkan untuk meningkatkan keselamatan, keamanan dan kenyamanan dalam segala aspek. Secara umum tujuan perencanaan tata letak pabrik adalah untuk mendapatkan kombinasi yang optimal antara fasilitas-fasilitas produksi. Dengan adanya kombinasi yang optimal ini diharapkan proses produksi akan berjalan lancar dan para karyawan juga akan selalu merasa senang dengan pekerjaannya. Tata letak pabrik mencakup keseluruhan bagian yang ada di pabrik yang terdiri atas tempat perkantoran, peralatan proses, penyimpanan bahan baku, unit pendukung proses, fasilitas kegiatan internal dan eksternal, dan sebagainya. Tata letak pabrik yang disusun dengan baik akan menghemat penggunaan lahan, mengurangi waktu tunggu, menghindari antrian, serta memperlancar distribusi bahan dan pergerakan tenaga kerja selama proses produksi, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas tenaga kerja. Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan), dan lahan alternatif (*areal handling*) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (M. Peters et al., 2004) :

1. Urutan proses produksi.
2. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/pelebaran lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
3. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
6. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.

7. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
8. Masalah pembuangan limbah cair.
9. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Tata letak pabrik kloroform dari aseton dan kalsium hipoklorit yang telah direncanakan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



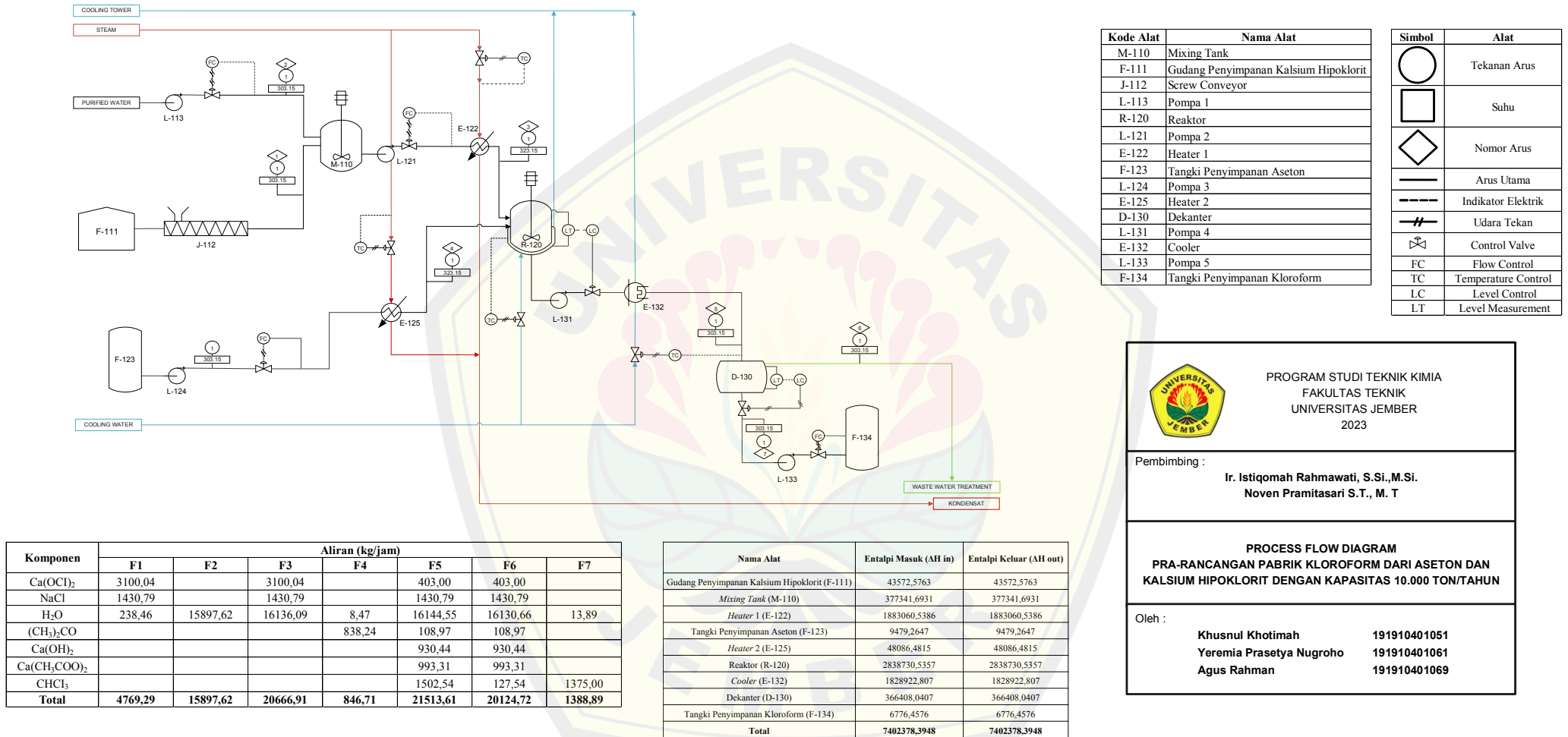
Gambar 2.4 Tata Letak Pabrik

Keterangan :

- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. Pos Jaga               | 12. <i>Control Room</i>         |
| 2. Taman                  | 13. Kantor Produksi dan Proses  |
| 3. Tempat Parkir Karyawan | 14. Unit Pemadam Kebakaran      |
| 4. Tempat Parkir Tamu     | 15. Area Penyimpanan Produk     |
| 5. Tempat Parkir Truk     | 16. Area Penyimpanan Bahan Baku |
| 6. Kantor Utama           | 17. Area Produksi               |
| 7. Laboratorium           | 18. Unit Pengolahan Limbah      |
| 8. Klinik                 | 19. Utilitas                    |
| 9. Kantin                 | 20. Bengkel                     |
| 10. Masjid                | 21. Gudang Peralatan            |
| 11. Gedung Serbaguna      | 22. Area Perluasan              |



# DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses, Neraca Massa, dan Neraca Energi

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2023

---

Pembimbing :  
**Ir. Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si.**  
**Noven Pramisatari S.T., M.T**

---

**PROCESS FLOW DIAGRAM  
PRA-RANCANGAN PABRIK KLOROFORM DARI ASETON DAN  
KALSIMUM HIPOKLORIT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

---

Oleh :  
**Khusnul Khotimah**                      **191910401051**  
**Yeremia Prasetya Nugroho**        **191910401061**  
**Agus Rahman**                         **191910401069**

## BAB 4 SPESIFIKASI ALAT

### 4.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Kalsium Hipoklorit

Tabel 4.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Kalsium Hipoklorit

Spesifikasi	F-111
Fungsi :	Tempat menyimpan kalsium hipoklorit 65% untuk sementara waktu sebelum diproses
Bentuk :	Bangunan persegi dan tutup prisma segiempat
Waktu penyimpanan :	7 hari
Bahan Konstruksi :	Beton
Suhu :	30°C
Tekanan :	1 atm
Panjang Gudang :	13,5 m
Lebar Gudang :	9 m
Tinggi Gudang :	5 m
Volume Gudang :	607,5 m <sup>3</sup>

### 4.2 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Tabel 4.2 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Spesifikasi	J-112
Fungsi :	Mengangkut kalsium hipoklorit menuju <i>mixing tank</i> (M-110)
Tipe :	<i>Standard Sectional Flight Screw</i>
Suhu :	30°C
Tekanan :	1 atm
Kapasitas :	10 ton/jam
<i>Screw diameter</i> :	10 in
<i>Diameter of pipe</i> :	2,5 in
<i>Diameter of shaft</i> :	2 in
<i>Hanger center</i> :	10 ft

Panjang	:	15 ft
Kecepatan	:	55 rpm
Daya motor	:	0,85 HP
Harga	:	5189,80 USD

### 4.3 Spesifikasi Tangki Proses

Tabel 4.3 Spesifikasi Tangki Proses

Spesifikasi	F-123	F-134
Fungsi	Tempat penyimpanan bahan baku aseton 99% untuk sementara waktu sebelum diproses	Tempat penyimpanan produk kloroform 99%
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 212 Grade A</i>	<i>Carbon Steel SA 212 Grade A</i>
Tipe	Tangki silinder vertikal dengan tutup <i>toriconical dished head</i> dan alas flat	Tangki silinder vertikal dengan tutup <i>toriconical dished head</i> dan alas flat
Waktu Penyimpanan	30 hari	30 hari
Jumlah	1 buah	1 buah
Suhu	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Volume Tangki	35951,573 ft <sup>3</sup>	30156,92888 ft <sup>3</sup>
<i>Inside Diameter</i>	360 in	540 in
<i>Outside Diameter</i>	361,25 in	541,5 in
Tinggi	681,41 in	373,37079 in
Tebal <i>Shell</i>	0,625 in	0,75 in
Tebal Tutup	0,625 in	0,75 in
Jumlah <i>Course</i>	8	3
Harga	224026,386 USD	199930,884 USD

## 4.4 Spesifikasi Pompa

Tabel 4.4 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	L-113	L-121	L-124
Fungsi	Memompa air masuk ke dalam <i>mixing tank</i> (M-110)	Memompa keluaran <i>mixing tank</i> (M-110) masuk ke dalam reaktor (R-120)	Memompa aseton dari tangki penyimpanan aseton (F-123) ke <i>heater 2</i> (E-125)
Bahan Konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Type	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Temperatur	30°C	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Kapasitas Laju Volumetrik	15897,62 kg/jam 15,5421 m <sup>3</sup> /jam	20666,91 kg/jam 17,7620 m <sup>3</sup> /jam	846,71 kg/jam 1,0833 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi Pipa	3 in sch. 40	3,5 in sch. 40	1 in sch. 40
Jenis <i>Impeller</i>	<i>Mixed Flow Impeller</i>	<i>Mixed Flow Impeller</i>	<i>Radial Vane Impeller</i>
Daya Pompa	0,5 HP	0,5 HP	0,5 HP
Harga	13221,634 USD	14457,301 USD	7166,867 USD
Spesifikasi	L-131	L-133	
Fungsi	Memompa produk dari reaktor (R-120) ke dekanter (D-130)	Memompa produk dari dekanter (D-130) ke tangki penyimpanan kloroform (F-134)	

Bahan	: <i>Commersial steel</i>	<i>Commersial steel</i>
Konstruksi		
Tipe	: Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Temperatur	: 50°C	30°C
Tekanan	: 1 atm	1 atm
Kapasitas	: 21513,61 kg/jam	1388,89 kg/jam
Laju		
Volumetrik	: 19,188 m <sup>3</sup> /jam	0,9488 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi		
Pipa	: 3,5 in sch. 40	1 in sch. 40
Jenis	: <i>Francis Screw</i>	<i>Francis Screw</i>
Impeller	: <i>Field</i>	<i>Field</i>
Daya	: 1 HP	0,5 HP
Pompa		
Harga	: 14457,301 USD	7166,867 USD

#### 4.5 Spesifikasi *Mixing Tank*

Tabel 4.5 Spesifikasi *Mixing Tank*

Spesifikasi	M-110
Fungsi	: Tempat melarutkan bubuk kalsium hipoklorit 65% menjadi larutan kalsium hipoklorit 15%
Bahan Konstruksi	: <i>High Alloy Steel SA-240 Grade S</i>
Tipe	: Silinder vertikal dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 166,945 ft <sup>3</sup>
<i>Inside Diameter</i>	: 71,625 in
<i>Outside Diameter</i>	: 72 in
Tinggi	: 92,328 in
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in



Tebal Tutup	:	0,25 in
Jenis Pengaduk	:	6 pitched-blade (45°) turbine
Jumlah Pengaduk	:	1
Motor pengaduk	:	1,5 HP
Harga	:	443604,371 USD

#### 4.6 Spesifikasi *Heat Exchanger*

Tabel 4.6 Spesifikasi *Heat Exchanger*

Spesifikasi	E-122	E-125	E-132
Fungsi	: Memanaskan larutan kalsium hipoklorit dari suhu 30°C menjadi 50°C menuju ke reaktor (R-120)	: Memanaskan aseton dari suhu 30°C menjadi 50°C menuju ke reaktor (R-120)	: Mendinginkan keluaran dari reaktor (R-120) dari suhu 50°C menjadi 30°C menuju dekanter (D-130)
Bahan konstruksi	: <i>High Alloy Steel SA-240 Grade S</i>	: <i>High Alloy Steel SA-240 Grade S</i>	: <i>High Alloy Steel SA-240 Grade S</i>
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Total Area Perpindahan Panas	: 65,76 ft <sup>2</sup>	: 2,337 ft <sup>2</sup>	: 508,81 ft <sup>2</sup>
Δt LMTD	: 143,25°F	: 143,25°F	: 260,78 K
ID Annulus	: 3,068 in	: 2,067 in	-
OD Annulus	: 3,5 in	: 2,38 in	-
Pressure Drop Annulus	: 0,0685 psi	: 9,0364E-05psi	-
ID Shell	: -	-	: 19,25 in
OD Tube	: -	-	: 0,75 in

<i>Pressure Drop</i>	:	-	-	4,94 psi
<i>Shell</i>	:	-	-	
<i>Pressure Drop</i>	:	-	-	2,47 psi
<i>Tube</i>	:	-	-	
ID Pipe	:	2,067 in	1,38 in	-
OD Pipe	:	2,38 in	1,66 in	-
<i>Pressure Drop</i>	:	5,99 psi	0,00708 psi	-
<i>Pipe</i>	:			
Harga	:	3583,434 USD	988,533 USD	81801,140 USD

#### 4.7 Spesifikasi Reaktor

Tabel 4.7 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi	R-120
Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi antara aseton dan kalsium hipoklorit untuk menghasilkan kloroform
Bahan Konstruksi	: <i>High Alloy Steel SA-240 Grade S</i>
Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Suhu	: 50°C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 4,49 m <sup>3</sup>
Diameter	: 1,57 m
Tinggi	: 3,18 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Tebal Tutup	: 0,25 in
Jenis Pengaduk	: <i>Six-blade turbine with disk</i>
Motor pengaduk	: 7,5 HP
Panjang koil	: 35,69 m
Jumlah lilitan	: 10
Harga	: 121836,744 USD

#### 4.8 Spesifikasi Dekanter

Tabel 4.8 Spesifikasi Dekanter

Spesifikasi	D-130
Fungsi :	Memisahkan kloroform dengan senyawa yang terlarut dalam air
Bahan Konstruksi :	<i>High Alloy Steel SA-240 Grade S</i>
Tipe :	Horizontal Dekanter
Suhu :	30°C
Tekanan :	1 atm
Jumlah :	1 buah
<i>Space Time</i> :	5 menit
Kapasitas :	1,8862 m <sup>3</sup>
Diameter :	1,2097 m
Panjang :	2,942 m
Tebal <i>Shell</i> :	0,1875 in
Tebal Tutup :	0,1875 in
Harga :	226621,286 USD

## BAB 5 EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi pada pabrik kloroform dilakukan untuk mengetahui kelayakan berdirinya pabrik ini dan keuntungan yang akan diperoleh. Terdapat beberapa parameter untuk mengetahui kelayakan berdirinya pabrik ini yang akan dibahas lebih lanjut pada bab 8 ini. Dasar perhitungan yang digunakan pada analisis ekonomi ini adalah :

Kapasitas produksi	= 1388,89 kg/jam
	= 11000 ton/tahun
<u>Kebutuhan Bahan Baku</u>	
Kalsium Hipoklorit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) 65%	= 4769,29 kg/jam
Aseton ( $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ ) 99%	= 846,71 kg/jam
Waktu operasi	= 330 (dalam setahun)
Tahun konstruksi	= 2026
Tahun pengadaan alat	= 2027
Tahun beroperasi	= 2028
Nilai tukar rupiah	= 15.324 (23 Agustus 2023)
Suku bunga	= 8,8%
Indeks harga 2014	= 656,656 (Appendiks D)
Indeks harga 2027	= 811,408 (Appendiks D)

### 5.1 Total Capital Investment (TCI)

*Total Capital Investment* (TCI) merupakan suatu investasi atau modal yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan pendirian pabrik sampai pabrik tersebut beroperasi. TCI terdiri dari *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI). FCI merupakan dana yang dikeluarkan untuk mendirikan pabrik dan diambil dari biaya langsung (*Direct Cost*) dan biaya tidak langsung (*Indirect Cost*), sementara WCI adalah dana yang dikeluarkan dalam pengoperasian pabrik hingga menghasilkan produk. Perhitungan FCI dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.1 *Direct Cost*

No.	Nama Biaya	Formula	Biaya (US\$)
<b>A. Equipment, Instalation and Investment</b>			
1.	<i>Purchased Equipment Cost</i> (PEC)	(Appendiks D)	1.364.053
2.	Biaya pengiriman barang dengan kapal	15% PEC	204.608
3.	Pajak pembelian alat	7% PEC	95.484
4.	Pengantaran alat ke pabrik	5% PEC	68.203
5.	Instalasi, insulasi, dan pengecatan	25% PEC	341.013
6.	Instrumentasi dan control	6% PEC	81.843
7.	Instalasi pipa	10% PEC	136.405
8.	Instalasi kelistrikan	10% PEC	136.405
<b>B.</b>	<b>Bangunan</b>	-	6.177.278,08
<b>C.</b>	<b>Peningkatan Fasilitas Pelayanan dan Pekarangan</b>	40% PEC	545.621
<b>D.</b>	<b>Tanah</b>	-	3.064.126
<b>Total Direct Cost</b>			<b>12.215.039</b>

Tabel 5.2 *Indirect Cost*

No.	Nama Biaya	Formula	Biaya (US\$)
1.	<i>Engineering and Supervision</i>	5% DC	610.752
2.	Biaya Konstruksi	6% DC	732.902
3.	Biaya tidak terduga	5% FCI	713.615
<b>Total Indirect Cost</b>			<b>2.057.270</b>

Apabila sudah diketahui *Total Direct Cost* dan *Indirect Cost*, maka dapat ditentukan nilai FCI dan WCI lalu dapat di ketahui nilai dari TCI seperti yang disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 *Total Capital Investment (TCI)*

No.	Nama Biaya	Formula	Biaya (US\$)
1.	<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	DC + IC	14.272.308,33
2.	<i>Working Capital Investmen (WCI)</i>	10 % TCI	1.585.812
<b><i>Total Capital Investment (TCI)</i></b>			<b>15.858.120,37</b>

## 5.2 Total Production Cost (TPC)

*Total Production Cost (TPC)* adalah sejumlah dana yang dikeluarkan untuk kegiatan pabrik. *Manufacturing Cost* atau biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan produk serta *General Expenses* atau biaya administrasi, riset, distribusi, dll merupakan bagian dari TPC. Perhitungan TPC dapat di lihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6.

Tabel 5.4 *Manufacturing Cost (MC)*

No.	Nama Biaya	Formula	Biaya (US\$)
1.	Bahan baku dan Bahan Bakar		161.608.889
2.	Gaji Karyawan		1.105.830
3.	Biaya Supervisi	10% Gaji	110.583
4.	Utilitas	10% TPC	20.422.455
5.	<i>Maintenance and Repair</i>	2% FCI	285.446
6.	Laboratorium	10% Gaji	110.583
7.	<i>Patents and Royalties</i>	2% TPC	4.084.491
<b>A.</b>	<b><i>Direct Production Cost (DPC)</i></b>		<b>187.728.278</b>
1.	Depresiasi	10% FCI	1.427.231
2.	Pajak lokal	1% FCI	142.723
3.	Asuransi	1% FCI	142.723
<b>B.</b>	<b><i>Fixed Charges</i></b>		<b>1.712.677</b>
<b>C.</b>	<b><i>Plant Overhead Cost (POC)</i></b>	<b>50% (Gaji + Supervisi + Maintenance)</b>	<b>253.306</b>
<b><i>Total Manufacturing Cost (MR)</i></b>			<b>189.694.261</b>

Tabel 5.5 *General Expenses (GE)*

No.	Nama Biaya	Formula	Biaya (US\$)
1.	Biaya administrasi	(15% Gaji + Supervisi + <i>Maintenance</i> )	75.992
2.	Biaya distribusi dan <i>marketing</i>	2% TPC	4.084.491
3.	Penelitian dan Pengembangan	5% TPC	10.211.228
4.	<i>Financing</i>	1% TCI	158.581
<b>Total General Expenses (GE)</b>			<b>14.530.292</b>

Apabila sudah diketahui harga dari *Manufacturing Cost* dan *General Expenses*-nya, maka *Total Production Cost* (TPC) dapat diketahui seperti yang disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 *Total Production Cost (TPC)*

No.	Nama Biaya	Formula	Biaya (US\$)
1.	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		189.694.261
2.	<i>General Expenses (GE)</i>		14.530.292
<b>Total Production Cost (TPC)</b>		<b>MC + GE</b>	<b>204.224.553</b>

### 5.3 Keuntungan/*Profit*

Tujuan dari pendirian suatu pabrik salah satunya adalah keuntungan, dimana terdapat kelebihan pendapatan yang diperoleh dari pabrik dari modal awal yang dikeluarkan. Sehingga dalam hal ini diperlukan perhitungan *Annual Cash Flow* (ACF) yang sesuai dengan Appendiks D adalah sebagai berikut :

Total Penjualan (SP)	=	\$222.081.694
<i>Total Production Cost</i> (TPC)	=	\$204.224.553
<i>Net Profit Before Tax</i> (NPBT)	=	SP - TPC
	=	\$17.857.141
<i>Income Tax</i> (25% NPBT)	=	\$4.464.285
<i>Net Profit After Tax</i> (NPAT)	=	NPBT – <i>Income Tax</i>
	=	\$13.392.856
Depresiasi (10% FCI)	=	\$1.427.231

$$\begin{aligned}
 \text{Annual Cash Flow} &= \text{NPAT} + \text{Depresiasi} \\
 &= \$14.820.086 \\
 \% \text{ Annual Cash Flow} &= \frac{\text{ACF}}{\text{TCI}} \times 100\% \\
 &= 93,45\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, keuntungan yang diperoleh setelah di potong pajak oleh pabrik sebesar \$13.392.856. Total penghasilan yang diperoleh setiap tahunnya sebesar \$14.820.086 dan persentase ACF yang diperoleh adalah 93,45%. Parameter kelayakan berdirinya suatu pabrik adalah persentase ACF yang diperoleh lebih besar dari suku bunga yang telah ditetapkan, dimana pada pabrik kloroform ini persentase ACF-nya yaitu 93,45% lebih besar dari suku bunganya yaitu 8,8%, sehingga dari segi ACF, pabrik ini telah layak untuk didirikan.

#### 5.4 Lama Waktu Pengembalian Modal

Modal yang sudah dipinjam ke bank, harus dikembalikan oleh pabrik selama jangka waktu yang sudah ditetapkan, yaitu 4 tahun. Modal yang dikembalikan haruslah beserta dengan bunganya. Dalam pengembalian modal ini, pabrik akan melakukan pengangsuran dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Total Capital Investment (TCI)} &= 15.858.120 \\
 \text{Annual Cash Flow (ACF)} &= 14.820.086 \\
 \text{Suku Bunga (b)} &= 8,8\% \quad (\text{www.bi.go.id}) \\
 \text{Salvage value (Vs)} &= 0 \\
 \text{Umur Pabrik (n)} &= \frac{\text{FCI} - \text{Vs}}{\text{D}} \\
 &= 10 \text{ tahun} \\
 \text{Pinjaman} &= \text{TCI} \\
 \text{Tahun angsuran (N)} &= 4
 \end{aligned}$$

#### Besaran Angsuran (A)

$$A = \text{TCI} \frac{b(1+b)^N}{(1+b)^N - 1}$$



$$= 4.873.434$$

Berdasarkan perhitungan, dapat ditentukan kerangka pengangsuran pinjaman seperti yang disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Kerangka Pengangsuran Pinjaman

Tahun ke-	Pinjaman (US\$)	Bunga (US\$)	Total Pinjaman (US\$)	Angsuran (US\$)	Sisa Pinjaman (US\$)
0	15.858.120	-	15.858.120	-	15.858.120
1	15.858.120	1.395.515	17.253.635	4.873.434	12.380.201
2	12.380.201	1.089.458	13.469.659	4.873.434	8.596.225
3	8.596.225	756.468	9.352.693	4.873.434	4.479.259
4	4.479.259	394.175	4.873.434	4.873.434	0
<b>Total</b>		<b>3.635.615</b>		<b>19.493.735</b>	

Menurut (M. Peters et al., 2004), waktu pengembalian modal selama 4 tahun berarti durasi pengembalian kurang dari setengah umur pabrik yaitu 5 tahun, sehingga pabrik layak didirikan.

Perhitungan *Pay Out Time* (POT) selanjutnya akan dilakukan guna mengetahui berapa lama jangka waktu yang dibutuhkan untuk melunasi total pinjaman dan bunganya. Perhitungan POT didapat dari buku “Plant Design and Economic for Chemical Engineers”, Peters hal 310, dengan persamaan :

$$\text{POT} = \frac{\text{FCI} + \sum \text{bunga}}{\text{ACF}}$$

$$= 1,208$$

Nilai parameter kelayakan pabrik yang selanjutnya adalah ketika nilai *Pay Out Time* (POT) lebih kecil dari setengah umur pabrik, maka pabrik tersebut layak didirikan. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai POT pabrik adalah 1,208 tahun, dimana hasil tersebut lebih kecil dari setengah umur pabrik yaitu 5 tahun, sehingga berdasarkan nilai POT, pabrik kloroform layak untuk didirikan.

### 5.5 Rate of Return (ROR)

*Rate of Return* atau laju pengembalian modal merupakan tingkat pengembalian yang menghitung *profit* atau kerugian bersih dari pabrik dalam jangka waktu tertentu. ROR dapat dihitung melalui metode perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{ROR} &= \frac{\text{NPAT}}{\text{TCI}} \times 100\% \\ &= 84,45\% \end{aligned}$$

Parameter kelayakan pabrik ditinjau dari ROR adalah apabila nilai ROR lebih besar dari suku bunga, maka pabrik layak untuk didirikan. Nilai ROR pada perhitungan adalah 84,45% yang mana lebih besar dari suku bunga bank yaitu 8,8%. Sehingga ditinjau dari nilai ROR, pabrik kloroform layak untuk didirikan.

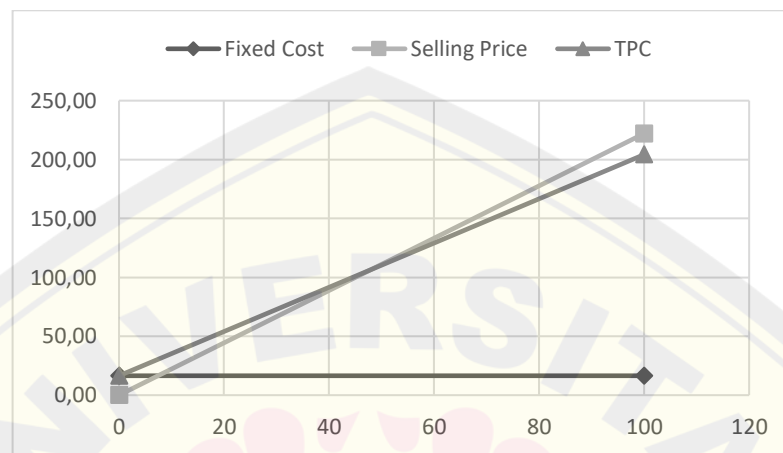
### 5.6 Break Even Point (BEP)

*Break Even Point* (BEP) atau titik impas adalah kondisi dimana pendapatan sama dengan biaya operasi. Dalam menghitung BEP, komponen yang dibutuhkan adalah *Fixed Cost*, *Selling Price*, dan *Direct Production Cost*. Perhitungan *Break Even Point* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Fixed Cost} &= \text{Fixed Charge} + \text{Plant Overhead Cost} + \text{General Expenses} \\ &= 16.496.275 \quad \text{US \$} \\ &= 17 \quad \text{Juta US\$} \\ \text{Selling Price} &= 222.081.694 \\ &= 222 \quad \text{Juta US\$} \\ \text{Direct Production Cost} &= 187.728.278 \\ &= 188 \quad \text{Juta US\$} \\ \text{Total Production Cost} &= 204.224.553 \\ &= 204 \quad \text{Juta US\$} \\ \text{BEP} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Selling Price} - \text{Direct Production Cost}} \times 100\% \\ &= 48,02\% \end{aligned}$$

Parameter selanjutnya untuk kelayakan pendirian pabrik ditinjau dari nilai BEP yang diperoleh. Berdasarkan Kusnarjo (2010) nilai BEP yang umum pada pabrik kimia berkisar 40% - 50% dari kapasitas produksi. Sehingga berdasarkan

perhitungan yang dilakukan, nilai BEP dari pabrik kloroform bernilai 48,02%, yang artinya memenuhi persyaratan. Gambar 5.1 menunjukkan grafik dari *Break Even Point* yang menampilkan nilai dari *Fixed Cost*, SP, dan DPC. Terdapat perpotongan antara SP dan TPC yang merupakan titik dari BEP.



Gambar 5.1 Grafik *Break Even Point* (BEP)

Dari beberapa parameter yang telah dihitung, kesimpulan dari evaluasi ekonomi dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi

No.	Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan	Kesimpulan
1.	<i>Annual Cash Flow</i> (ACF) Waktu	93,45%	Lebih besar dari bunga bank (8,8%)	Pabrik layak didirikan
2.	pengembalian modal	4 tahun	Lebih kecil dari setengah umur pabrik (5 tahun)	Pabrik layak didirikan
3.	<i>Rate of Return</i> (ROR)	84,45%	Lebih besar dari bunga bank (8,8%)	Pabrik layak didirikan
4.	<i>Pay Out Time</i> (POT)	1,208 tahun	Lebih kecil dari setengah umur pabrik (5 tahun)	Pabrik layak didirikan
5.	<i>Break Even Point</i> (BEP)	48,02%	Dalam rentang 40% - 50%	Pabrik layak didirikan

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian proses dan hasil perhitungan Pra-rancangan pabrik kloroform dari aseton dan kalsium hipoklorit, dapat disimpulkan sebagaimana berikut :

- Kapasitas pabrik kloroform adalah 11.000 Ton/Tahun
- Pembangunan pabrik kloroform ini direncanakan berdiri di Provinsi Banten tepatnya Kabupaten Serang dan mulai beroperasi pada tahun 2028
- Pabrik beroperasi secara kontinu 24 jam selama 330 hari/tahun dengan kebutuhan tenaga kerja untuk menjalankan operasi pabrik sebanyak 158 orang
- Penanganan limbah dan air bersih dilakukan pada unit utilitas untuk menunjang kinerja pabrik dan karyawan
- Analisa ekonomi dalam beberapa parameter mendapatkan hasil parameter *Annual Cash Flow* (ACF) sebesar 93,45%, waktu pengembalian modal selama 4 tahun, *Pay Out Time* (POT) sebesar 1,208 tahun, *Rate of Return* (ROR) sebesar 84,45%, dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 48,02%

Dari hasil uraian di atas, ditinjau dari segi teknis, ekonomis, dan lingkungan, dapat disimpulkan bahwa pabrik kloroform dari aseton dan kalsium hipoklorit ini layak didirikan.

### 6.2 Saran

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit layak untuk dilanjutkan ke tahap perancangan. Adapun saran yang dapat diberikan dalam perancangan pabrik kloroform ini yaitu :

1. Pabrik kloroform dapat direalisasikan sebagai saran untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang.
2. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Ekspor dan Impor*. <https://www.bps.go.id/exim/>
- Batara, B., & Prasetya, D. A. (2019). *Pra Rancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun*. Universitas Islam Indonesia.
- Bayu, A. F. (2013). *Prarancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kaporit kapasitas 30.000 Ton/Tahun*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- BPS Provinsi Banten. (2023). *Badan Pusat Statistik Provinsi Banten*. <https://banten.bps.go.id/>
- Brown, G. G. (1950). *Unit Operation*. CBS.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). Process Equipment Design. In *Advances in Applied Science Research*. John Willey & Sons Inc. <https://books.google.com/books?id=QtQWiZSkBzMC&pgis=1>
- Darmayanti, E. (2018). Perlindungan Hukum Terhadap Pelaksanaan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Perusahaan. *JCH (Jurnal Cendekia Hukum)*, 3(2), 283. <https://doi.org/10.33760/jch.v3i2.21>
- Geankoplis, C. J. (1993). Transport Processes and Unit Operations Third Edition. In *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations)* (3rd Editio). Prentice-Hall International, Inc.
- GlobeNewswire. (2023). *Global Chloroform Strategic Market Analysis Report 2022-2023 & 2030: Chloroform Finds Wider Use as an Intermediate in Manufacture of Fluorocarbons & Refrigerants*. <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/2/17/2610878/28124/en/Global-Chloroform-Strategic-Market-Analysis-Report-2022-2023-2030-Chloroform-Finds-Wider-Use-as-an-Intermediate-in-Manufacture-of-Fluorocarbons-Refrigerants.html>
- IndexBox. (2023). *Chloroform (Trichloromethane) - World*. <https://app.indexbox.io/table/290313/0/>
- Josopandojo, B., & Purnomo, A. (2020). Studi Kemampuan Instalasi Pengolahan Air. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2).

- Kern, D. Q. (1950). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Kiely, G. (1997). *Environmental Engineering*. Irwin McGraw-Hill.
- Kusnarjo. (2010). *Ekonomi Teknik*. ITS Press.
- McKetta, J. J., & Cunningham, W. A. (1992). *Encyclopedia of Chemical Processing and Design Vol. 40*. Marcel Decker Inc.
- Mongan, B. A. (2023). *Prarancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Bleaching Liquor dengan Kapasitas 155 Ton/Tahun*. Universitas Bosowa.
- Moniaga, F., & Rompis, V. S. (2019). Analisa Sistem Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (Smk3) Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Hazard Identification and Risk Assessment. *Jurnal Ilmiah Realtech*, 15(2), 65–73. <https://doi.org/10.52159/realtech.v15i2.86>
- Muhammad, I., & Susilowati, I. H. (2021). Analisa Manajemen Risiko K3 Dalam Industri Manufaktur Di Indonesia: Literature Review. *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(1), 335–343. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v5i1.1635>
- Muljawan, A. (2019). Struktur Organisasi Perguruan Tinggi Yang Sehat Dan Efisien. *Jurnal Tahdzibi*, 4(2), 67–76. <https://doi.org/10.24853/tahdzibi.4.2.67-76>
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1997). Perry's Chemical Engineers' Handbook Seventh Edition. In *Society* (7th Edition, Vol. 27). McGraw-Hill. <http://www.ketab.ir/DataBase/BookPdf/88320019.pdf>
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). Plant Design and Economic's for Chemical Engineers. In *Plant design and economics for chemical engineers* (4th ed.). McGraw-Hill Book Co.
- Peters, M., Timmerhaus, K., & West, R. (2004). *Plant Design and Economic's for Chemical Engineering's* (5th ed.). Mc GrawHill Book Co. Ltd.
- Prananingtyas, P. (2019). Buku Ajar Hukum Perusahaan. In *Buku Ajar Hukum Perusahaan*. Yoga Pratama. <https://doi.org/10.21070/978-623-464-061-8>
- PubChem. (2023a). *Material Safety Data Sheet Calcium Acetate*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-acetate>
- PubChem. (2023b). *Material Safety Data Sheet Calcium Hydroxide*.

- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-hydroxide>  
PubChem. (2023c). *Material Safety Data Sheet Calcium Hypochlorite*.  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/calcium-hypochlorite>
- Rahman, F., & Akbar, F. S. (2018). *Pra Rancangan Pabrik Chloroform dari Acetone dan Sodium Hypochlorite Kapasitas Produksi 10.000 Ton/Tahun*. Universitas Islam Indonesia.
- Rohman, A. (2017). *Dasar Dasar Manajemen*. Inteligencia Media.  
[https://repository.widyatama.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/6350/Bab 2.pdf?sequence=11](https://repository.widyatama.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/6350/Bab%202.pdf?sequence=11)
- Sari, L. M. (2010). Upaya Pencegahan dan Penanggulangan Potensi Bahaya Kebakaran di area outer tube casting pt. Kayaba Indonesia, Bekasi Jawa Barat. *Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta*.  
<http://eprints.uns.ac.id/9632/%5Cnhttp://eprints.uns.ac.id/9632/1/157372408201009521.pdf>
- Sinaga, N. A. (2018). Hal-Hal Pokok Pendirian Perseroan Terbatas Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Hukum Dirgantara*, 8(2). <https://doi.org/10.35968/jh.v8i2.253>
- Sinnott, R. K. (2005). *Chemical Engineering Design* (4th Editio). Elsevier Butterworth-Heinemann.
- SmartLab. (2021a). *Material Safety Data Sheet Acetone*.  
[https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS\\_ACETONE\\_\(INDO\).pdf](https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS_ACETONE_(INDO).pdf)
- SmartLab. (2021b). *Material Safety Data Sheet Aquadest*.  
[https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS\\_AQUADEST\\_\(INDO\).pdf](https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS_AQUADEST_(INDO).pdf)
- SmartLab. (2021c). *Material Safety Data Sheet Chloroform*.  
[https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS\\_CHLOROFORM\\_\(INDO\).pdf](https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS_CHLOROFORM_(INDO).pdf)
- Suratinoyo, Y. (2018). *Laporan Praktikum Kimia Organik Sintesis*.
- Sutrisno. (2013). Masalah dan Strategi Mengatasi Defisit Neraca Perdagangan Indonesia. *Jurnal Ekonomi*, 21(3), 268–277.
- Vilbrandt, F. C., & Dryden, C. E. (1959). *Chemical Engineering Plant Design*, 4th edition. In *McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd, Tokyo*.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment; Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1109/WCCAIS.2014.6916547>

Wijaya, C., & Rifa'i, M. (2016). Dasar Dasar Manajemen Mengoptimalkan Pengelolaan Organisasi Secara Efektif dan Efisien. In *Perdana*. <http://repository.uinsu.ac.id/2836/>

Wikipedia. (2023). *Banten*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Banten>

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

Yudha, S. D., & Saddam, B. (2022). *Prarancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit Hapasitas 40.000*. Universitas Islam Indonesia.





LAMPIRAN

