

PRA RANCANGAN PABRIK KLOOROFORM  
KAPASITAS 9.500 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan  
Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

A. MUHAMMAD AL FAHREVI ARIF      431 20 001  
MUHAMMAD AINUR AFDAL            431 20 018

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2024

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Kloroform Kapasitas 9.500 Ton/Tahun** oleh A. Muhammad Al Fahrevi Arif NIM 431 20 001 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.



Makassar, 8 Oktober 2024

Telah Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Tri Hartono, LRSC., M.Chem.Eng  
NIP. 19631225 199202 1 001

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

Mengetahui

Koordinator Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



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

## DAFTAR ISI

	hal.
HALAMAN JUDUL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
SURAT PERNYATAAN .....	x
RINGKASAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	24
1.1 Latar Belakang .....	24
1.2 Kapasitas Rancangan .....	25
1.2.1 Kebutuhan Produk .....	25
1.2.2 Kapasitas Pabrik Kloroform Komersial .....	28
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	28
1.2.4 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	30
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	30
1.3.1 Sumber Bahan Baku .....	31
1.3.2 Sumber Tenaga Kerja .....	31
1.3.3 Utilitas Pabrik.....	32
1.3.4 Transportasi .....	32
1.3.5 Kebijakan Pemerintah.....	33
1.4 Tinjauan Pustaka .....	33

1.4.1	Proses Klorinasi Metana.....	34
1.4.1	Reduksi Karbon Tetraklorida.....	34
1.4.2	Klorinasi Fotokimia.....	34
1.4.3	Reaksi Aseton dan Kalsium Hipoklorit ( <i>Bleaching Liquor</i> ) .....	34
BAB II DESKRIPSI PROSES .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1	Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.1	Spesifikasi Bahan Baku dan Penunjang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.2	Spesifikasi Produk .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2	Konsep Proses .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1	Dasar Reaksi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.3	Tinjauan Termodinamika.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3	Langkah Proses .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.1	Tahap Persiapan Bahan Baku .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.2	Tahap Pembuatan Kloroform.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.3	Tahap Pemisahan Produk.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III NERACA MASSA .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1	<i>Mixing Tank</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2	Reaktor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3	Dekanter .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4	Destilasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5	Kondensor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6	Reboiler .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB IV NERACA PANAS .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Heater 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Heater 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Reaktor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Cooler.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Dekanter .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Heater 3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4.7 Destilasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.8 Kondensator .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V SPESIFIKASI ALAT .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Gudang Penyimpanan Kalsium Hipoklorit (GD-101) .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Screw Conveyor (CV-301) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3 Tangki Penyimpanan Aseton (TK-201) ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4 Tangki Penyimpanan Kloroform (TK-202) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5 Mixing Tank (MX-401).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.6 Dekanter (DK-601) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.7 Reaktor (RK-501).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.8 Menara Destilasi (MD-701) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.9 Pompa.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.10 Heater 1 (HE-421).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.11 Heater 2 (HE-431).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.12 Heater 3 (HE-441).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.13 Cooler (CL-551).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.14 Kondensator (CD-801).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.15 Tangki Penyimpanan Residu (TK-202)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB VI UTILITAS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1 Unit Penyediaan Steam .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2 Water Treatment Plant (WTP).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3 Waste Water Treatment Plant (WWTP) ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4 Unit Penyediaan Listrik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
7.1 Instrumentasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.2 Keselamatan Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI .....**Error! Bookmark not defined.**

8.1 Bentuk Perusahaan .....**Error! Bookmark not defined.**

8.2 Struktur Organisasi.....**Error! Bookmark not defined.**



BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN..... **Error! Bookmark not defined.**

9.1 Lokasi Pabrik .....**Error! Bookmark not defined.**

9.2 Tata Letak Pabrik .....**Error! Bookmark not defined.**

BAB X ANALISA EKONOMI.....**Error! Bookmark not defined.**

10.1 Neraca Ekonomi.....**Error! Bookmark not defined.**

10.2 Analisa Kelayakan Ekonomi.....**Error! Bookmark not defined.**

BAB XI KESIMPULAN ..... 37

DAFTAR PUSTAKA ..... 37



## DAFTAR LAMPIRAN

	hal.
<u>LAMPIRAN A NERACA MASSA</u> .....	A-1
<u>LAMPIRAN B NERACA PANAS</u> .....	B-17
<u>LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT</u> .....	C-42
<u>LAMPIRAN D UTILITAS</u> .....	D-160
<u>LAMPIRAN E ANALISIS EKONOMI</u> .....	E-220



## DAFTAR TABEL

	hal.
Tabel 1.1 Data Impor Kloroform Indonesia .....	25
Tabel 1.2 Impor Kloroform dari Berbagai Negara .....	27
Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik Aseton dan Kalsium Hipoklorit di Indonesia .....	29
Tabel 1.4 Kapasitas Pabrik Kloroform Komersial .....	28
Tabel 1.5 Tingkat Penduduk yang Bekerja dan Pengangguran Banten 2023 .....	32
Tabel 1.6 Industri yang menggunakan kloroform .....	33
Tabel 1.7 Perbandingan Metode Pembuatan Kloroform .....	35
Tabel 1.8 Kelebihan dan Kekurang Setiap Metode .....	35
Tabel 3.1 Neraca massa komponen mixing tank .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Tabel 3.2 Neraca massa komponen Reaktor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.3 Neraca massa komponen dekanter .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.4 Neraca massa komponen destilasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.5 Neraca massa komponen kondensor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.6 Neraca massa komponen reboiler .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Tabel 4.1 Neraca Panas Total Heater</u>	
<u>1</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Tabel 4.2 Neraca Panas Total Heater 2</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Tabel 4. 3 Neraca Panas Total Reaktor</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Tabel 4.4 Neraca Panas Total Cooler</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Tabel 4.5 Neraca Panas Total Dekanter</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Tabel 4.6 Neraca Panas Total Heater 3.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.7 Neraca Panas Total Destilasi .....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.8 Neraca Panas Total

Kondensor.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.1 Spesifikasi Pompa .....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.1 Kebutuhan steam.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.2 Kebutuhan air industri kloroform.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.3 Air Limbah Domestik industri kloroform ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.4 Parameter air limbah domestik industri .**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.5 Kebutuhan listrik pada unit proses .....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.6 Kebutuhan listrik unit utilitas .....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.7 Kebutuhan listrik penerangan industri....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6.8 Total Kebutuhan Listrik.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 7. 1 Alat Pelindung Diri digunakan selama proses produksi kloroform  
.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 7.2 Sumber bahaya dari beberapa peralatan proses.... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 8.1 Pembagian jadwal regu karyawan.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 8.2 Kualifikasi Pendidikan Karyawan Berdasarkan Jabatan..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 8.3 Jumlah Karyawan dan Gaji  
.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 10.1 Direct cost pada industri kloroform .....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 10.2 Indirect cost pada pabrik kloroform .....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 10.3 Total Fixed Charges.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 10.4 Parameter Kelayakan Analisis

Ekonomi.....**Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR GAMBAR

	hal.
Gambar 1.1 Lokasi Pabrik Kloroform .....	31
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan .....	60
Gambar 9.1 Tata Letak Pabrik Kloroform .....	101
Gambar 9.2 Tata Letak Alat Proses .....	102
Gambar 10.1 Grafik Perhitungan Break Event Point.....	112



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : A. Muhammad Al Fahrevi Arif

NIM : 431 20 001

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Kloroform Kapasitas 9.500 Ton/Tahun merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

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

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

Makassar, 9 Oktober 2024



A.Muhammad Al Fahrevi Arif  
NIM : 431 20 001

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ainur Afdal

NIM : 431 20 018

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Kloroform Kapasitas 9.500 Ton/Tahun merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

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

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

Makassar, 9 Oktober 2024



Muhammad Ainur Afdal  
NIM : 431 20 018

## PRA RANCANGAN PABRIK KLOROFORM KAPASITAS 9.500 TON/TAHUN

### RINGKASAN

Pembangunan pabrik kloroform di Indonesia mempunyai prospek yang baik. Kloroform digunakan sebagai pelarut diberbagai proses industri seperti ketrans, karet dan peptisida. Penggunaan kloroform sebagai *raw material* dalam produksi zat *refrigerant* dan *polytetrafluoroethylene*. Indonesia masih mengadakan impor untuk memenehui kebutuhan kloroform, sementara ketersediaan bahan baku yang cukup memadai, sehingga perlu adanya kajian mengenai profibilitas pembangunan pabrik kloroform.

Pabrik ini dibangun di Kawasan Krakatau Industri Cilegon provinsi Banten dengan kapasitas 9.500 ton/tahun. Pembangunan direncanakan awal tahun 2025 dan beroperasi ditahun 2027. Proses yang digunalam dalam fabrikasi kloroform yaitu reaksi aseton dan kalsium hipoklorit, dengan konversi reaksi 87%. *Crude* kloroform yang dihasilkan setelah reaksi akan dimurnikan menggunakan destilasi. Perusahaan ini akan direncanakan berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT). Perusahaan ini dipimpin oleh seorang direktur dengan jumlah karyawan 156 orang.

Berdasarkan kajian analisa ekonomi diperoleh keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 194.663.020.105,9/tahun, dengan ROI sebesar 40,45%, BEP 42,14%, SDP 29,78% dan IRR 32,98. Waktu pengembalian modal 4,48 tahun. Analisa ekonomi menunjukan bahwa pabrik kloroform dengan kapasitas 9.500 ton/tahun layak (*feasible*) didirikan.

Kunci : kloroform, aseton, kalsium hipoklorit

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Industri kimia memiliki peran krusial dalam kemajuan Indonesia. Dalam menyongsong Pembangunan nasional, industri kimia menyumbang secara signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Namun Indonesia masih bergantung dari barang impor. Salah satu produk yang masih diimpor ialah kloroform. Padahal keberadaan *raw material* dari alam yang melimpah menjadi aspek strategis dalam mendirikan Industri kimia di Indonesia.

Kloroform mempunyai rumus kimia  $\text{CHCl}_3$ . Kloroform banyak digunakan dalam industri kimia sebagai pelarut dalam berbagai proses seperti kertas dan pulp, karet, farmasi dan pestisida (Bagchi & Behera, 2021). Selain itu, kloroform digunakan sebagai bahan baku utama dalam zat *refrigerant* pada industri elektronik dan produksi *polytetrafluoroethylene* (PTFE) pada industri polimer. Akibatnya, Indonesia mengimpor kloroform untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Indonesia salah satu negara yang mengandalkan impor seperti kloroform. Pada tahun 2022 indonesia mengimpor kloroform sebanyak 56,756 ton (Badan Pusat Statistik, 2023) untuk memenuhi kebutuhan kloroform dalam negeri. Dengan melihat kejadian ini, maka ada sebagian besar peluang untuk mendirikan pabrik kloroform di Indonesia. Pendirian pabrik juga akan mengurangi ketergantungan impor, membantu ekonomi negara, dan penyediaan lapangan pekerjaan.

Saat ini, Indonesia belum mempunyai pabrik kloroform (Rahman, dkk 2023). Profitabilitas pendirian pabrik kloroform di Indonesia sangat prospek. Melihat potensi bahan baku yang tersedia, pasar yang menjanjikan, dan penggunaan kloroform yang cukup banyak digunakan di Indonesia.

Oleh karena itu, prarancangan pabrik kloroform dari aseton dan kalsium hipoklorit sangat diperlukan, selain bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga tidak perlu mengimpor lagi dan bisa memenuhi permintaan impor dari berbagai negara.

## 1.2 Kapasitas Rancangan

Pendirian suatu pabrik bertujuan memenuhi kebutuhan pasar terhadap suatu produk. Hal tersebut berdampak terhadap eskalasi devisa negara, dan mereduksi ketergantungan impor dari negara lain. Penentuan kapasitas pabrik perlu mempertimbangkan beberapa faktor antara lain kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik komersial.

### 1.2.1 Kebutuhan Produk

Kebutuhan produk merupakan faktor krusial dalam penentuan kapasitas produksi suatu industri. Hal tersebut mengacu terhadap permintaan pasar terhadap produk. Selain itu, kebutuhan produk mempengaruhi keputusan strategis dalam mengatur jumlah output produksi. Kapasitas pabrik perlu mempertimbangkan kebutuhan produk baik di dalam negeri maupun luar negeri. Data impor kloroform di Indonesia dan beberapa negara dapat dilihat pada tabel 1.1 dan 1.2.

Tabel 1.1 Data Impor Kloroform Indonesia

Tahun	Data Impor	Kenaikan Impor (%)
2018	27,927	0
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>107,304</b>

<b>Rata-rata Pertumbuhan Pertahun</b>	26,826
<b>I</b>	0,26826

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Berdasarkan data pada Tabel 1.1 dapat diprediksi import kloroform di Indonesia tahun 2027 dengan menggunakan metode *Discounted* yang dapat dilihat pada Persamaan (1.1)

$$M_5 = P((1+i)^n) \quad (1.1)$$

Dimana:

P = Data besarnya impor pada tahun 2022

$M_5$  = Rata-rata kenaikan impor pertahun

n = Selisih tahun 2023 dan 2027

Menghitung nilai konsumsi dalam negeri tahun 2027

$$\begin{aligned} M_5 &= P((1+i)^n) \\ &= 56,756((1+0,26826)^5) \\ &= 186,231 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pabrik berdiri sehingga import diberhentikan, maka

$$M_1 = 0$$

Karena di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi, maka

$$M_2 = 0$$

$$M_4 = 0$$

Untuk menghitung kapasitas pabrik baru yang akan didirikan pada tahun 2027, maka dapat digunakan persamaan (1.2)

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5 \quad (1.2)$$

Dimana:  $M_1$  = Nilai impor (ton)

$M_2$  = Produksi pabrik dalam negeri (ton)

$M_3$  = kapasitas produksi pabrik baru (ton)

$M_4$  = Nilai ekspor (ton)

$M_5$  = Konsumsi dalam negeri (ton)

Sehingga kapasitas pabrik Kloroform yang akan didirikan pada tahun 2027 yaitu:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2)$$

$$M_3 = (0 + 186,231 \text{ ton}) - (0 + 0) \text{ ton}$$

$$M_3 = 186,231 \text{ ton/tahun} \times 1,5$$

$$M_3 = 279,347 \text{ ton/tahun}$$

$$M_3 = 280 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, perkiraan kapasitas pabrik kloroform di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri pada tahun 2027 yaitu 280 ton.

Tabel 1.2 Impor Kloroform dari Berbagai Negara

Tahun	Malaysia	Filipina	Singapura	Thailand	India	Total (Ton)	Sumber: UN Comtrade, 2023 Jika dilihat pada Tabel 1.2
2017	49,779	54,971	58,941	122,534	24.439,89	24.726,115	
2018	45,61	14,831	24,163	127,53	41.986,77	42.198,899	
2019	51,897	26,334	29,595	70,027	48.001,86	48.179,716	
2020	43,534	7,437	58,942	81,282	25.886,64	26.077,834	
2021	26,345	18,639	95,975	159,539	38.312,85	38.613,348	
Total						179.795,79	

mengindikasikan kebutuhan kloroform setiap tahunnya cukup banyak sehingga pabrik kloroform berpotensi didirikan dengan pasar yang luas di berbagai negara. Selain itu, pembangunan industri kloroform di Indonesia dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional.

### 1.2.2 Kapasitas Pabrik Kloroform Komersial

Penentuan kapasitas pabrik perlu mempertimbangkan keberadaan pabrik kloroform yang telah

Nama Perusahaan/ Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)	berdiri. Hal
Vulcan Materials Company (Louisiana, USA)	61.400	ini bertujuan
Shandong S-Sailing Chemical (China)	60.000	memberikan
Vulcan Geimar, La	27.200	gambaran
LCP, Moundsvile (West Virginia)	18.000	kapasitas
Hanlih Grup Inc., Moundsvile (West Virginia)	9.000	

pabrik yang layak dan menguntungkan karena hanya pabrik yang menguntungkan yang akan tetap berdiri. Selain itu, menjadi strategi yang cerdas untuk memastikan efisiensi dan efektivitas operasional. Adapun beberapa pabrik kloroform yang telah berdiri di beberapa negara beserta kapasitasnya dapat dilihat pada Tabel 1.4

Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik Kloroform Komersial

Sumber: Krik & Othmer, 1967

### 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi faktor krusial yang harus dipertimbangkan dalam merancang suatu pabrik dalam keberlanjutan suatu industri. Adapun bahan baku utama yang digunakan pada pabrik kloroform adalah aseton dan kalsium hipoklorit. Kebutuhan bahan baku dalam pembuatan kloroform dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (1.3) dan (1.4).

$$\text{Kapasitas Pabrik} = 9.500 \text{ Ton/Tahun}$$

$$= 1.083,6 \text{ kg/Jam}$$

$$\text{Mol Kloroform} = \frac{\text{Kapasitas Pabrik}}{\text{BM Kloroform}}$$

$$= \frac{1.083,6 \text{ kg/jam}}{119,50 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 9,068 \text{ kmol/jam}$$

### 1. Kebutuhan Bahan Baku Aseton

$$\text{Massa Aseton} = \frac{\text{Koeff Aseton}}{\text{Koeff Kloroform}} \times \text{BM Aseton} \times \text{mol Aseton} \quad (1.3)$$

$$= \frac{2}{2} \times 58,08 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 9,068 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

$$= 526,7 \text{ kg/jam}$$

$$= 4.613,8 \text{ Ton/ Tahun}$$

### 2. Kebutuhan Bahan Baku Kalsium Hipoklorit

$$\text{Massa Aseton} = \frac{\text{Koeff Hipoklorit}}{\text{Koeff Kloroform}} \times \text{BM Aseton} \times \text{mol Aseton} \quad (1.4)$$

$$= \frac{3}{2} \times 142,98 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 9,068 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

$$= 1.944,8 \text{ kg/jam}$$

$$= 17.036,4 \text{ Ton/ Tahun}$$

Adapun kapasitas pabrik aseton dan kalsium hipoklorit yang berdiri di Indonesia dapat dilihat pada

Tabel 1.3

Tabel 1.4 Kapasitas Pabrik Aseton dan Kalsium Hipoklorit di Indonesia

Nama Perusahaan/ Pabrik	Produk	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Soda Sumatra	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	Medan, Sumatera Utara	3.000
PT. Sulfindo Adiusaha	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	Bojanegara, Banten	12.000
PT. Tjiwi Kima	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	Mojokerto, Jawa Timur	7.200
PT. Asahimas Chemical	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	Cilegon, Banten	12.000
PT. Industri Soda Indonesia	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	Sidoarjo, Jawa Timur	4.500
PT. Metropolitan Phenol Pratama	Ca(OCl) <sub>2</sub>	Serang, Banten	25.000

#### **1.2.4 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Dari data data diatas maka diperoleh kesimpulan antara lain:

1. Data kapasitas pabrik kloroform komersial yang menguntungkan pada rentang kapasitas sekitar 9.000 – 61.400 ton/tahun.
2. Bahan baku diperoleh di dalam negeri
3. Kebutuhan kloroform dalam negeri masih bergantung dari impor.
4. Kebutuhan kloroform di negara lain cukup banyak dikarenakan kloroform menjadi salah satu bahan baku industri polimer dan pelarut untuk berbagai industri.
5. Produksi kloroform di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga tidak perlu impor dari negara lain dan sisanya sebagai peluang ekspor ke luar negeri.

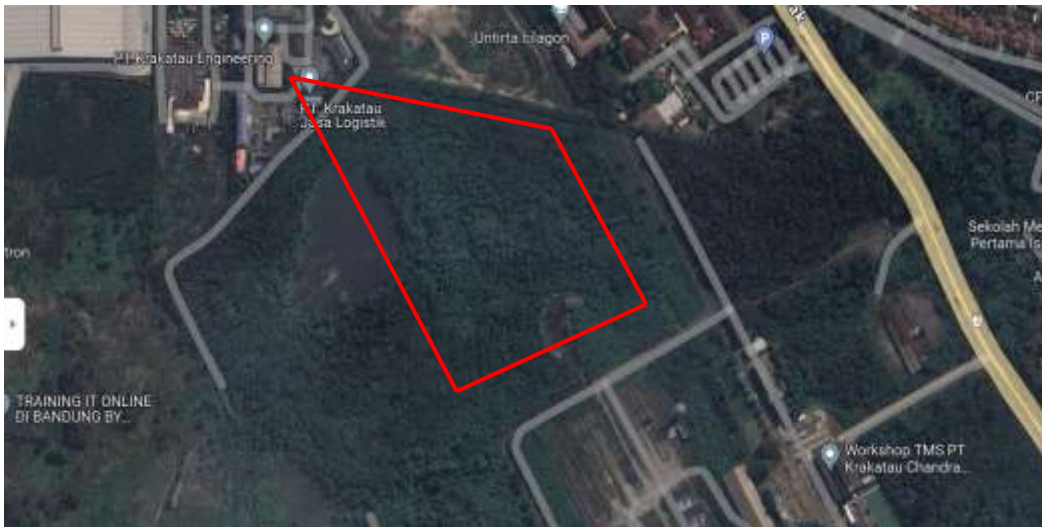
Dari beberapa faktor di atas, dipilih kapasitas rancangan produksi pabrik kloroform pada tahun 2027 sebesar 9.500 ton/tahun dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan kloroform dalam negeri sehingga tidak perlu mengimpor dari negara lain.
2. Dapat mengekspor kloroform ke berbagai negara sehingga akan menguntungkan perusahaan dan bisa menambah devisa negara.
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat.

#### **1.3 Penentuan Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik perlu dipertimbangkan untuk keberlangsungan operasi pabrik yang akan didirikan. Penentuan lokasi pabrik, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan seperti sumber bahan baku, sumber tenaga kerja, utilitas pabrik, dan transportasi. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, lokasi yang paling optimal untuk didirikannya pabrik kloroform dari aseton dan

kalsium hipoklorit adalah Kecamatan Purwakarta, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Lokasi Pabrik Kloroform

Provinsi Banten menjadi salah satu provinsi yang memiliki banyak Kawasan industri, Salah satunya PT. Krakatau Industri Cilegon yang merupakan Kawasan industri kimia dan fabrikasi terbesar di provinsi Banten. Pabrik kloroform direncanakan akan berdiri di dalam Kawasan Industri Cilegon Banten.

### 1.3.1 Sumber Bahan Baku

Bahan baku aseton diperoleh dari PT. Metropolitan Phenol Pratama Serang Banten dengan kapasitas 25.000 ton/tahun. Sedangkan kalsium hipoklorit dari PT. Asahimas Chemical Cilegon Provinsi Banten dengan 12.000 ton/tahun dan PT. Sulfindo Adiusaha Bojonegara Banten kapasitas 12.00 ton/tahun.

### 1.3.2 Sumber Tenaga Kerja

Kawasan industri merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Sebagian besar dari tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau

menengah. Dapat dilihat pada tabel 1.5 penduduk yang bekerja dan pengangguran berdasarkan tingkat pendidikan provinsi Banten.

Tabel 1. 5 Tingkat Penduduk yang Bekerja dan Pengangguran Provinsi Banten 2023

Tingkat Pendidikan	Bekerja	Pengangguran	Angkatan Kerja
Sekolah Dasar (SD)	2.432	9.187	492.003
Sekolah Menengah Pertama (SMP)	11.655	17.775	325.739
Sekolah Menengah Atas (SMA)	29.758	75.942	732.371
Diploma IV/ Sarjana	114.54	11.530	350.526
Total	55.299	114.434	1.900.639

Sumber : BPS Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas) Provinsi Banten, 2023

### 1.3.3 Utilitas Pabrik

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting sebagai penunjang pada proses produksi dalam suatu pabrik industri kimia. Penunjang tersebut seperti ketersediaan air, energi, bahan bakar dan *steam*. Kebutuhan air industri direncanakan akan disuplai dari PT. Krakatau Tirta Industri Cilegon Banten. Kebutuhan energi, bahan bakar dan steam diperoleh dari PT. Krakatau Energi Cilegon Banten.

### 1.3.4 Transportasi

Transportasi menjadi elemen krusial dalam operasional industri karena mempengaruhi berbagai aspek seperti efisiensi hingga biaya produksi. Infrastruktur transportasi di Provinsi Banten sudah memadai. Proses pengadaan bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan secara darat maupun laut. Pelabuhan ekspor dan impor provinsi banten yaitu Pelabuhan Cigading, Tanjung Leneng, dan erak (Badan Pusat Statistik Provinsi Banten, 2022). Dapat dilihat pada tabel 1.6 beberapa industri yang membutuhkan klorofrom di sekitar daerah Banten.

Tabel 1.6 Industri yang menggunakan kloroform

Nama Perusahaan	Komoditi	Lokasi
PT. Chandra Asri Petrochemical	Polimer	Cilegon
PT. Global Polimer Indonesia	Polimer	Serang Banten
PT. Styrimdo Mono Indonesia	Styrene Monomer	Serang Banten
PT. Cover Chemical Corporation	Polimer	Gerogol, Cilegon
PT. Wilka Kurnia	Pestisida	Ragunana, Jaksel
PT. Pupuk Kujang	Pupuk	Cikampek
PT. Agrokimia Asia	Pestisida	Bekasi, Jawa Barat
CV. Meori Agro	Pestisida	Bogor, Jawa Barat
PT. Standard Toyo Polymer	Polimer	Gerogol, Cilegon

### 1.3.5 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah provinsi Banten telah mendukung hirilisasi industri. Provinsi banten memiliki berbagai kebijakan untuk mendukung pengembangan dan operasional suatu industri. Salah satunya ialah mendukung Pembangunan Kawasan industri. Hal tersebut diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi Banten No. 5 Tahun 2020 Mengenai Kawasan Industri Banten. Kebijakan-kebijakan tersebut bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan industri, menarik investasi, dan meningkatkan daya saing ekonomi.

### 1.4 Tinjauan Pustaka

Menurut Chofifah & Hati, 2023 terdapat empat proses yang dapat digunakan dalam pembuatan kloroform yaitu proses klorinasi metana, reduksi karbon tetraklorida, klorinisasi fotokimia dan rekasi aseton dan kalsium hipoklorit.

### 1.4.1 Proses Klorinasi Metana

Pembuatan kloroform dari klorinasi metana membentuknya reaksi radikal bebas dan dapat ditambahkan katalis berupa alumina didalam reaksinya. Suhu reaksi yang dibutuhkan pada metode ini adalah 400°C-500°C (Speight, 2002). Pada metode ini juga menghasilkan beberapa jenis *chlorinated* berupa klorometana (CH<sub>3</sub>Cl), kloroform (CHCl<sub>3</sub>), dan diklorometana (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>). Reaksi pada metode ini menggunakan *fixed bed* sebagai reaktornya. Berikut reaksi yang terjadi:



### 1.4.1 Reduksi Karbon Tetraklorida

Kloroform juga dapat diperoleh dalam skala besar dengan menggunakan reduksi Sebagian karbon tetraklorida menggunakan serbuk besi dan air. Fase cair karbon tetraklorida (CCl<sub>4</sub>) direduksi dengan gas hydrogen (H<sub>2</sub>) yang mana akan menghasilkan kloroform. Reaktor yang digunakan adalah *fluidized bed* dengan suhu 250°C - 400°C (Faith & Keyes, 1959). Pada metode ini, reaksi yang terjadi dapat secara *batch*, semi kontinyu, dan *kontinyu*. Berikut reaksi yang terjadi:



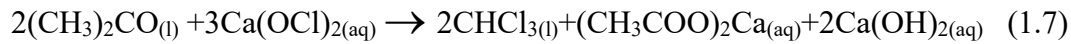
### 1.4.2 Klorinasi Fotokimia

Metode klorinasi fotokimia didasarkan pada reaksi klorinasi metana oleh aktivasi dari reaksi massa dengan radiasi sinar. Pemisahan molekul Cl<sub>2</sub> menjadi Cl adalah dengan meradiasikan reaksi massa dengan sumber sinar yang memiliki radiasi 3000-5000 Å. Pada metode ini menggunakan metana dengan kemurnian yang tinggi (Faith & Keyes, 1959).

### 1.4.3 Reaksi Aseton dan Kalsium Hipoklorit (*Bleaching Liquor*)

Reaksi antara larutan aseton dan kalsium hipoklorit menghasilkan *crude* kloroform. Suhu reaksi dipertahankan pada 43,4-56,7°C dengan tekanan 1 atm dan terjadi secara eksotermis. Hasil

reaksi dipisahkan dengan dekanter dan dimurnikan menggunakan destilasi. Adapun reaksinya dapat dilihat pada Persamaan 1.7



Reaktor yang digunakan yaitu reaktor alir tangka berpengaduk. Konversi reaksi tersebut adalah 87% (Carlisle, 1933). Kemurnian produk yang dihasilkan yaitu sebesar 99% (McKetta & Cunningham, 1992).

Berdasarkan keempat metode dalam pembuatan kloroform dapat dilihat perbandingan metode pada Tabel 1.7 dan 1.8.

Tabel 1.7 Perbandingan Metode Pembuatan Kloroform

Parameter	Klorinasi Metana	Reduksi Karbon Tetraklorida	Klorinasi Fotokimia	Reaksi Aseton dan Kalsium Hipoklorit
Bahan Baku	Metana	Karbon Tetraklorida & Hidrogen	Metana	Aseton & Kalsium Hipoklorit
Suhu	400°C-500°C	250°C-400°C	250°C-500°C	43,4-56,7°C
Tekanan	2 atm	5-79 atm	-	1 atm
Konversi	65%	70%-80%	90%	87%
Katalis	Alumina	Besi	-	-
Kemurnian	15%-30%	60%	44%	99%

Tabel 1.8 Kelebihan dan Kekurang Setiap Metode

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Klorinasi Metana	Tidak adanya regenerasi katalis	Metana dengan kemurnian tinggi.

		Produk samping berupa HCl yang banyak.
		Sensitif dengan adanya impuritas.
Reduksi Karbon Tetraklorida	Proses reaksi dilakukan secara <i>batch</i> , semi kontinyu, dan kontinyu	Reaksi berjalan lambat
Klorinasi Fotokimia	Impuritas klorometana lebih sedikit.	Tingginya biaya pembuatan dan perawatan reactor serta energi.
		Kapasitas reaktor rendah.
Reaksi Aseton dan Kalsium Hipoklorit	Reaksi cukup sederhana dengan suhu yang rendah. Kemurnian produk tinggi.	Reaktor membutuhkan koil pendingin karena reaksi bersifat eksotermis.

Berdasarkan Tabel 1.7 dan 1.8 dapat diketahui metode yang paling efisien untuk digunakan dalam pembuatan kloroform, yaitu metode reaksi aseton dengan kalsium hipoklorit dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Suhu operasi yang diperlukan terbilang cukup rendah sehingga akan menghemat energi yang digunakan.
2. Tidak diperlukannya penambahan katalis pada reaksi sehingga menghemat biaya.
3. Kemurnian yang diperoleh sangat tinggi dibanding metode yang lain.
4. Reaktor maupun peralatan yang lain yang digunakan cukup sederhana.
5. Reaksi yang terjadi terbilang mudah untuk dicapai dan tidak memerlukan perlakuan rumit sehingga energi yang digunakan tidak besar.

## BAB XI KESIMPULAN

Hasil analisa perhitungan pada Pra Rancangan Pabrik Kloroform dari Aseton dan Kalsium Hipoklorit dengan Kapasitas 9.500 Ton/Tahun diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

### 1. Aspek proses

Proses produksi kloroform menggunakan metode reaksi aseton dan kalsium hipoklorit lebih ekonomis dibandingkan dengan proses yang lainnya karena tekanan dan suhu operasi rendah sehingga biaya operasional lebih murah untuk produksi besar berskala pabrik.

### 2. Aspek lokasi

Lokasi yang dipakai dalam pembangunan pabrik ini cukup strategis karena akses bahan baku yang mudah untuk dijangkau dan letaknya berada pada ibu kota provinsi yang dapat memudahkan pemasaran, serta sistem transportasi yang mendukung.

### 3. Aspek ekonomi

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pra rancangan pabrik kloroform dengan kapasitas 9.500 ton/tahun layak didirikan dengan data sebagai berikut:

Return of Invesment = 40,45%

Pay Out Time = 4,48 tahun

Break Event Point = 42,14%

Interest Rate of Return = 32,98%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. F., El Ali, B. M., & Speight, J. G. (2005). *Handbook of industrial chemistry*. McGraw-Hill Companies, New York.
- Apriano, M. D. R., Karnoto, K., & Sinuraya, E. W. (2021). Analisis ekonomi pada perencanaan pembangkit listrik tenaga surya digedung rumah sakit medika dramaga bogor. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(3), 399-404.
- Badan Pusat Statistik (2023). *Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas) Provinsi Banten 2023*. Keadaan Angkatan Kerja Provinsi Banten 2023.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Data Ekspor Impor Kloroform di Indonesia*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Diambil 23 Mei 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/exim>
- Bagchi, S., & Behera, M. (2021). *Methanogenesis suppression and increased power generation in microbial fuel cell during treatment of chloroform containing wastewater*. *Process Safety and Environmental Protection*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.009>
- Bernstein, J. A. (2002). Material safety data sheets: are they reliable in identifying human hazards. *Journal of allergy and clinical immunology*, 110(1), 35-38.
- Brown G. Goerge., 1956, *Unit Operation* 6 rd, Wiley & Sons; USA
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design", Wiley Eastern, Ltd., New Delhi
- Carlisle, P. J. (1933). *Manufacture Of Chloroform* (United States Paten Office US195354)
- Chofifah, Z. N., & Hati, J. M. (2023). Prarancangan Pabrik Kloroform Menggunakan Aseton dan Kalsium Hipoklorit dengan Kapasitas 36.000 Ton/Tahun.
- Coulson, J.M and Richardson, J.F., 2005. *Chemical Engineering*, Vol. 6, Pergamon Internasional Library, New York
- Faith, W., Keyes, D. & Clark, R., (1959). *Industrial Chemical. 5th ed.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Geankoplis, Christie J. 1993, *Transport Processes and Unit Operation* 3rd edition. Prentice Hall: New Jersey.
- Indonesia, R., & Indonesia, P. R. (1970). Undang Undang No. 1 Tahun 1970 Tentang: Keselamatan Kerja. *Sekretariat Negara: Jakarta*.
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill International Book Company Inc., New York

- Kirk, R. E., Othmer, D. F., & Mark, H. F. (1967). *Encyclopedia of Chemical Technology: Editorial Board: Herman F. Mark, Chairman, John J. McKetta, Jr.[and] Donald F. Othmer* (Vol. 14). Interscience publishers.
- Lazen, A., & National Research Council Washington Dc Committee On Toxicology. (1984). *Emergency And Continuous Exposure Limits For Selected Airborne Contaminants. Volume 1*. NTIS, SPRINGFIELD, VA(USA). 1984.
- Lestari, P. S., Amin, M., & Limatahu, N. A. (2021). Analisis Kadar Anion F-, Cl-, NO<sub>3</sub>-, Dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Menggunakan Kromatografi Ion Untuk Mengetahui Kualitas Air Sumur Di Desa Sidangoli Gam. *Jurnal Pendidikan Kimia Unkhair (JPKU)*, 1(1).
- McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P., 1993, "Unit Operation of Chemical Engineering", McGraw-Hill Book, Co., United States of America
- McKetta, J. J., & Cunningham, W. (1992). *Encyclopedia of Chem. Proc. & Design*, 14, 276-291.
- National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 6093208, Calcium Hydroxide. Diakses 20 Mei 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-Hydroxide>.
- Newton, R. D., & Aries, R. S. (1951). Preliminary Estimation of Operating Costs. *Industrial & Engineering Chemistry*, 43(10), 2304-2306.
- Perry R.H. and Green, D.W., 1997. Perry's Chemical Engineering Handbook, 7th ed., McGrawHill Book Company, New York
- Perry, C., (1999). *Perry's Chemical Engineer's Handbook. 7th ed.* New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Petter.M.S. and Timmerhaus. E.D., 1991, Plant Design and Economic for Chemical Engineering 3 rd ed., McGraw-Hill Book Company, New York
- Sari, N. (2011). Ekonomi Teknik. *Surabaya: Yayasan Humaniora.*
- Sinnot, R. K. (1993). *Coulson and Richardson's Chemical Engineering.*
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (1949). *Introduction to chemical engineering thermodynamics.* Singapore: McGraw-Hill.
- Speight, J. G. (2002). *Chemical and process design handbook.* McGraw-Hill.
- Spengler, J. (1974). Was 1922-1972 a Golden Age in the History of Economics. *Journal of Economic Issues*, 8(3), 525-553.
- Thoriq, M. N. A., & Ni'am, A. C. (2023, November). Evaluasi Kinerja Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Proses Lumpur Aktif Pada PT. X. In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan.

Tuhuloula, A. (2006). Studi Kasus: Pelunakkan Air Menggunakan Penukar Kation Amberlite IR–120. *INFO-TEKNIK*, 7(2), 97-102.

Ulrich, D. Geal., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic. Jhon Willey and Sons Inc: New York

UN Comtrade. (2023). UN Comtrade. Diambil 23 Maret 2024, dari <https://comtradeplus.un.org/>

Undang-Undang Republik Indonesia No. 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan

Walas, S.M., 1990, “Chemical Process Equipment: Selection and Design”, ButterworthHeinemann, Oxford.

Yaws, C. L., (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: Mc Graw Hill Book Companies, Inc

Yuliani, H. R. (2014). *E-Learning Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Deepublish.

Yuliani, H. R. (2019). *Neraca Massa dan Neraca Panas*. Deepublish.



