

**TUGAS AKHIR**  
**PRARANCANGAN PABRIK METIL KLORIDA**  
**DARI ASAM KLORIDA DAN METHANOL**  
**DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**

**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan**  
**Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Kimia Fakultas Teknik**  
**Universitas Setia Budi Surakarta**



**Oleh:**

**Wilton Fedriyanto**  
**(25190334D)**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SETIA BUDI**  
**2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Tugas Akhir:

**PRARANCANGAN PABRIK METIL KLORIDA  
DARI ASAM KLORIDA DAN METANOL DENGAN  
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**

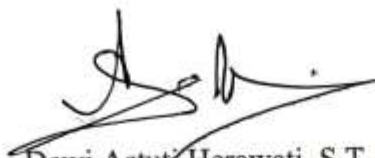
Oleh:

**WILTON FEDRIYANTO  
25190334D**

Surakarta, 17 Juli 2024

Menyetujui,

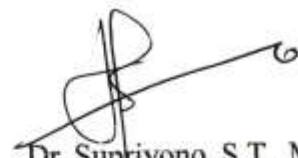
Pembimbing 1



Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng.

NIS. 01199601032053

Pembimbing 2



Dr. Supriyono, S.T., M.T.

NIS. 01199508011049

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
S1 Teknik Kimia



Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng.

NIS. 01199601032053

**LEMBAR PENGESAHAN**

Laporan Tugas Akhir:





**PRARANCANGAN PABRIK METIL KLORIDA  
DARI ASAM KLORIDA DAN METANOL DENGAN  
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**

Oleh:

**WILTON FEDRIYANTO**

**25190334D**

Telah Dipertahankan di Depan TimPenguji  
Pada Tanggal


Nama	Tanda Tangan
Penguji I : <u>Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng</u> NIS : 01201407261183	
Penguji II : Ir.Sumardiyono, M .T NIS : 01199403231041	
Penguji III : Dr. Supriyono, S.T., M.T. NIS : 01199508011049	
Penguji IV : Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng. NIS : 01199601032053	



Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Setia Budi  
  
Dr. Drs. Suseno, M.Si  
NIS.01199408011044

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
S1 Teknik Kimia



Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng  
NIS. 01199601032053

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari berhasilnya studi dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do'a kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan, sehingga pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Djoni Tarigan, MBA, selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Dr. Drs. Suseno, S.Si., M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang membantu dalam membimbing penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
5. Dr. Supriyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang membantu dalam membimbing penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
6. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji I dalam menguji laporan Tugas Akhir ini.
7. Ir.Sumardiyono, M.T selaku Dosen Penguji II dalam menguji laporan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Program Studi S1 Teknik Kimia angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
9. Calon Pasangan hidup saya yang selama 5 Tahun ini juga selalu

mendukung dan memberikan semangat dalam kuliah saya hingga selesai.

10. Keluarga yang telah memberikan dukungan dan do'a dan semua pihak yang turut serta mendukung dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul **PRARANCANGAN PABRIK KIMIA METIL KLORIDA DARI METHANOL DAN ASAM KLORIDA DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN** adalah benar merupakan hasil karya saya dengan arahan dari pembimbing tanpa ada upaya penjiplakan atau pemalsuan dan manipulasi data dari karya orang lain. Semua sumber data dan informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain yang telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Surakarta, 1 Oktober 2024



Wilton Fedriyanto

## KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yesus Kristus, karena atas izin, Berkat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta. Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis mengambil judul :  
“PRARANCANGAN PABRIK METIL KLORIDA DARI METHANOL DAN ASAM KLORIDA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN”

Penulis telah bekerja dengan keras untuk menyelesaikan laporan ini, namun penulis sadar bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu segala saran dan kritik dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati, serta penulis juga berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya bagi pembaca.

Surakarta, Juli 2024



Wilton Fedriyanto

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG PENDIRIAN PABRIK.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan .....	4
1.2.1 Kebutuhan Impor dan Ekspor Metil klorida di Indonesia .....	4
1.3 Lokasi .....	5
1.3.1 Faktor Primer Penentu Lokasi Pabrik adalah.....	6
1.3.2 Faktor Sekunder Penentu Lokasi Pabrik adalah .....	8
1.4 MACAM MACAM PROSES.....	8
1.4.1 Proses Klorinasi Metana .....	8
1.4.2 Proses Hidroklorinasi Metana.....	9
1.5 Tinjauan Pustaka.....	10
1.5.1 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk.....	10
1.5.2 Proses Yang Dipilih Dalam Pembuatan.....	16
BAB II DESKRIPSI PROSES .....	22
2.1 Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk.....	22
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	22
2.1.2 Spesifikasi Bahan Pembantu.....	22
2.1.3 Spesifikasi Produk .....	23
BAB III DESKRIPSI PROSES .....	24
3.1 Diagram Alir Proses.....	24
3.2 Keterangan Proses.....	24
3.2.1 Penyiapan Bahan Baku .....	24
3.2.2 Proses Reaksi dalam Reaktor.....	25
3.2.3 Pemisahan dan Pemurnian Produk .....	25
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....	28
4.1 Neraca Massa.....	28
4.2 Neraca panas.....	30
BAB V SPESIFIKASI ALAT .....	36



5.1 Tangki penyimpanan Metanol .....	36
5.2 Tangki penyimpanan Asam klorida.....	36
5.3 Mixer.....	37
5.4 Vaporizer .....	38
5.5 Reaktor.....	39
5.6 Heater 1 .....	40
5.7 Heater 2.....	41
5.8 Cooler .....	42
5.9 Scrubber 1 .....	43
5.10 Scrubber 2.....	44
5.11 Tangki penyimpanan produk Metil klorida .....	45
5.12 Pompa 1 .....	46
5.13 Pompa 2 .....	47
5.14 Pompa 3 .....	47
5.15 Pompa 4 .....	48
5.16 Pompa 5 .....	49
5.17 Kompresor 1 .....	50
5.18 Kompresor 2 .....	50
<b>BAB VI UTILITAS .....</b>	<b>53</b>
6.1. Unit Pendukung Proses (Utilitas).....	53
6.1.1. Unit Penyediaan Air.....	54
6.1.2. Unit pengadaan steam.....	57
6.1.3. Unit pengadaan air pendingin .....	58
6.1.4. Unit pengadaan listrik.....	58
6.1.5. Unit pengadaan bahan bakar.....	64
6.1.6. Unit penyedia udara tekan .....	65
6.1.7. Unit Pengolahan Limbah .....	65
6.2. Laboratorium.....	65
6.2.1. Labortorium fisik .....	67
6.2.2. Labortorium analitik .....	67
6.2.3. Laboratorium penelitian dan pengembangan.....	68
6.3. Kesehatan dan keselamatan kerja .....	68
6.4. Alat – Alat Utilitas .....	69
6.4.1. Tangki Air Bersih .....	69
6.4.2. Tangki Penampung air perkantoran dan rumah tangga .....	70
6.4.3. Cooling tower .....	70
6.4.4. Tangki air pendingin.....	70
6.4.5. Kation Exchanger .....	71
6.4.6. Tangki Asam Sulfat .....	71
6.4.7 Anion Exchanger .....	71
6.4.8. Tangki NaOH.....	72
6.4.9. Deaerator.....	72

6.4.10. Tangki penampung air umpan boiler.....	72
6.4.11. Boiler .....	73
6.4.12. Blower .....	73
<b>BAB VII .....</b>	<b>74</b>
7.1. Bentuk Perusahaan.....	74
7.1.1. Visi Perusahaan.....	76
7.1.2. Misi Perusahaan.....	77
7.1.3. Kebijakan Perusahaan.....	77
7.2. Struktur Organisasi .....	77
7.2.1. Pemegang Saham.....	79
7.2.2. Dewan Komisaris.....	80
7.2.3. Direktur.....	80
7.2.4. Kepala Bagian.....	80
7.2.5. Karyawan.....	81
7.3. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	83
7.3.1. Sistem Kepegawaian.....	83
7.3.2. Sistem Gaji.....	84
7.3.3. Pembagian jam kerja.....	86
7.4. Kesejahteraan Karyawan .....	87
7.5. Manajemen Produksi .....	90
7.5.1. Perencanaan Produksi .....	90
7.5.2. Pengendalian Proses .....	91
7.5.3. Tata letak (lay out) Pabrik.....	92
7.6. Tata Letak Peralatan .....	96
<b>BAB VIII EVALUASI EKONOMI .....</b>	<b>101</b>
8.1. Perhitungan Biaya.....	102
8.1.1 Investasi Modal (Capital Investment) .....	102
8.1.2 Biaya Produksi (Manufacturing Cost). .....	102
8.1.3 Semua Biaya Lainnya (General Expenses) .....	102
8.1.4 Analisis Kemungkinan.....	102
8.2. Total Fixed Capital Invesment.....	104
8.3. Working Capital.....	104
8.4. Manufacturing Cost .....	104
8.5. General Expenses.....	105
8.6. Analisis Ekonomi.....	105
8.6.1. Return On Invesment .....	106
8.6.2. Pay Out Time (POT) .....	107
8.6.3. Break Event Point (BEP) .....	107
8.6.4. Shut Down Point (SDP) .....	108
8.6.5. Discounted Cash Flow (DCF) .....	110
<b>BAB IX KESIMPULAN .....</b>	<b>111</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>112</b>

LAMPIRAN A .....	114
LAMPIRAN B PERANCANGAN ALAT PROSES DAN UTILITAS .....	132
LAMPIRAN C EVALUASI EKONOMI .....	149

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 data pasar dan pengguna Metil Klorida di dunia .....	3
Gambar 1. 2 Grafik Data Impor Metil Klorida Di Indonesia .....	4
Gambar 1. 3 Lokasi pendirian Pabrik metil klorida .....	6
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	26
Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif .....	27
Gambar 7. 1 Struktur Organisasi .....	89
Gambar 7. 2 Denah Pabrik .....	95
Gambar 7. 3 Lay out Alat proses dan Utilitas .....	98
Gambar 8. 1 BEP dan SDP .....	109

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 kegunaan Metil Klorida.....	2
Tabel 1. 2 Data Impor Metil Klorida di Indonesia (www.bps.go.id).....	4
Tabel 1. 3 Data Ekspor Metil Klorida Indonesia.....	5
Tabel 1. 4 Perbandingan Pemilihan Proses .....	16
Tabel 1. 5 Data Panas Pembentukan dan Energi Gibbs .....	20
Tabel 4. 1 Neraca massa disekitar mixer-01 .....	29
Tabel 4. 2 Neraca massa disekitar Reaktor-01 .....	29
Tabel 4. 3 Neraca massa disekitar Scrubber-01 .....	29
Tabel 4. 4 Neraca massa disekitar Scrubber-02 .....	30
Tabel 4. 5 Kapasitas Panas Fase Cair .....	31
Tabel 4. 6 Kapasitas Panas Fase Gas.....	31
Tabel 4. 7 Neraca panas disekitar Vaporizer-01 .....	32
Tabel 4. 8 Neraca panas disekitar Reaktor-01 .....	32
Tabel 4. 9 Neraca panas disekitar Heater-01 .....	33
Tabel 4. 10 Neraca panas disekitar Heater-02.....	33
Tabel 4. 11 Neraca panas disekitar Cooler-01.....	34
Tabel 4. 12 Neraca panas disekitar Scrubber-01 .....	34
Tabel 4. 13 Neraca panas disekitar Scrubber-02 .....	35
Tabel 4. 14 Neraca panas disekitar Cooler-02 .....	35
Tabel 6. 1 Kebutuhan daya listrik untuk keperluan alat proses.....	59
Tabel 6. 2 Kebutuhan daya listrik untuk keperluan utilitas.....	60
Tabel 6. 3 Kebutuhan daya listrik untuk AC.....	61
Tabel 6. 4 Kebutuhan daya listrik untuk penerangan .....	62
Tabel 7. 1 Gaji karyawan .....	85
Tabel 7. 2 Pembagaian shift karyawan.....	87

Tabel 7. 3 Luas tanah dan Bangunan pabrik .....	94
Tabel 8. 1 Total Fixed Capital Invesment .....	104
Tabel 8. 2 Total Working Capital.....	105
Tabel 8. 3 Total Manufactruing Cost .....	107
Tabel 8. 4 Total General Expenses.....	108
Tabel 8. 5 Fixed Cost.....	110
Tabel 8. 6 Variabel Cost.....	111
Tabel 8. 7 Regulated Cost .....	111

## INTISARI

*Pabrik Methyl Chloride dari Methanol dan Hydrogenchloride dengan kapasitas 5.000 ton/tahun akan didirikan di Cilegon, Banten dengan luas tanah 1 hektar. Bahan baku berupa Methanol yang diperoleh dari PT. KALTIM METHANOL, Bontang dan bahan baku berupa Asam Klorida/ Hydrogen Chloride yang diperoleh dari PT. Assahimas, Cilegon dan bahan pembantu (katalis) berupa Alumina gel. Pabrik dirancang beroperasi secara kontinyu selama 330 hari efektif, 24 jam per hari, dan membutuhkan karyawan sebanyak 97 orang.*

*Pada kondisi **Start Up**, Campuran metanol dan HCl keluaran Mixer -01 diumpangkan ke dalam Vaporizer-01 (VP-01) untuk diuapkan dan dinaikkan suhunya hingga 300°C kemudian dinaikkan tekanannya menjadi 3 atm menggunakan kompresor dan diumpangkan menuju Reactor-01 (R-01). Pada kondisi **Steady State**, Campuran metanol dan HCl keluaran Mixer -01 diumpangkan menuju inlet shell Reactor-01 (R-01) untuk digunakan sebagai pendingin sehingga suhunya naik menjadi 97°C dan berfase gas. Kemudian diumpangkan menuju Heater-01 (HE-01) sehingga suhunya naik menjadi 227°C dengan menggunakan pendingin produk keluaran R-01. Setelah itu, diumpangkan menuju Heater-02 (HE-02) untuk dinaikkan suhunya menjadi 300°C dan dinaikkan tekanannya menjadi 3 atm menggunakan kompresor, kemudian diumpangkan menuju reaktor (R-01) yang dimana pada rekasinya dibantu dengan katalis alumina gel. Hasil produk yang berupa gas dari reaktor digunakan sebagai pemanas pada Heater-1 sehingga suhu gas akan menurun. Kemudian didinginkan menggunakan Cooler-01 sebelum masuk ke dalam Scrubber-01 (SCB-01) untuk dipisahkan antara produk (metil klorida) dengan impuritasnya (HCl, metanol, air) dengan kemurnian 91% pada kondisi operasi suhu 35°C. Hasil bawah SCB-01 berupa HCl, metanol, air, dan sedikit metil klorida selanjutnya diproses pada Unit Penganganan Limbah (UPL). Sedangkan hasil atas SCB-01 yang berupa metil klorida, HCl, metanol, dan sedikit air selanjutnya diumpangkan menuju Scrubber-02 (SCB-02) untuk dipisahkan lagi antara produk (metil klorida) dengan impuritasnya (HCl, metanol, air) dengan kemurnian 99% pada kondisi operasi suhu 35°C dan . Hasil bawah Scrubber-02 berupa HCl, metanol, air, dan sedikit metil klorida selanjutnya diproses pada Unit Penanganan Limbah (UPL), Sedangkan hasil atas Scrubber-02 yang berupa metil klorida, dan sedikit impuritasnya (HCl, metanol, dan air). kemudian diumpangkan menuju Tangki penyimpanan adiabatis dan bertekanan (T-03), serta dinaikkan tekanannya menjadi 11 atm menggunakan kompresor, lalu setelah keluar kompresor suhunya diturunkan menjadi 26°C menggunakan Cooler 2 serta pemasangan alat Condensor sehingga mencegah penguapan metil klorida saat penyimpanan dalam fase cair .*

*Unit utilitas menyediakan kebutuhan air keseluruhan sebanyak 5.381,485358 kg/jam yang diperoleh dari PT. Krakatau Tirta Industri, Cilegon. Kebutuhan listrik dipenuhi dengan cara membeli dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebesar 181,18 kW sebagai cadangan digunakan generator sebesar 250 kW dengan bahan bakar Dexlite sebesar 7819,971 L/tahun*

*Hasil evaluasi secara ekonomi memerlukan Fixed Capital Investment (FCI) sebesar Rp 90.257.799.965,32 serta Working Capital (WC) sebesar Rp 29.070.100.037,60. lalu keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 52.310.398.742,39 dan sesudah pajak Rp 40.802.111.019,06 Return on Investment (ROI) sebelum pajak 58 % dan sesudah pajak 45% sedangkan Pay Out Time (POT) sebelum pajak 1,5 tahun dan sesudah pajak 1,8 tahun. Break Even Point (BEP) sebesar 29 % dan Shut Down Point (SDP) sebesar 15 % dengan Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) 4,16 % serta masuk dalam kategori pabrik high risk. Dengan demikian ditinjau dari segi teknis dan ekonomi, pabrik Methyl Chloride dari Methanol dan Hydrogen Chloride layak didirikan dengan pertimbangan lebih lanjut.*

*Kata Kunci : Hidroklorinasi, Hydrogen Chloride, Methanol , Methyl Chloride, Reaktor Fix Bed Multitube.*

---

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG PENDIRIAN PABRIK

Negara yang berkembang saat ini salah satunya negara Indonesia, dengan meningkatnya permintaan bahan kimia di pabrik industri kimia Indonesia. Impor bahan kimia saat ini meningkat, karena pabrik kimia yang didirikan sangat sedikit, sehingga mempengaruhi jumlah impor bahan. Beberapa bahan kimia yang didirikan pabrik kimia, bahan kimia dalam bentuk metil klorida belum ada pabrik yang didirikan untuk saat ini.

Metil klorida dengan nama lain klorometan, senyawa metil klorida yang berbentuk gas, tidak ada warna dan tidak memiliki bau, dengan tekanan 1 atm, metil klorida memiliki titik leleh  $-97,7^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $23,73^{\circ}\text{C}$ , dan dengan bobot molekul sebesar 50,49 gr (Kirk Donald and Othmer, 1997).

Du, As, dan Peligot tahun 1835 merupakan nama-nama yang memiliki peran pertama kali dalam produksi metil klorida murni, cara yang digunakan dengan cara memanaskan “*Wood Spirit*” yaitu *crude methyl alcohol* direaksikan dengan mencampurkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan *common salt*. Eropa, abad 19 dibuatnya metil klorida dalam skala kecil sebagai keperluan refrigerant dan karet sintesis. Amerika Serikat mulai memproduksi metil klorida dalam skala besar di tahun 1920, metil klorida diproduksi lagi dalam skala lebih besar di Kerajaan Inggris tahun 1943 pada saat digunakan sebagai bahan intermediate industri silicon dan refrigerant flourinasi, kemudian pada perang dunia ke-2 diproduksi dalam skala lebih besar lagi hingga mencapai  $3,6.108 - 4,5.108$  kg/tahun.

Tahun 1979 sampai 1988, setiap tahunnya memiliki pertumbuhan dengan rata-rata sebesar 1,7% metil klorida. Pertumbuhan saat ini mencapai 1,2% per tahunnya tahun 1993, dengan permintaan sebanyak 264.000 ton.



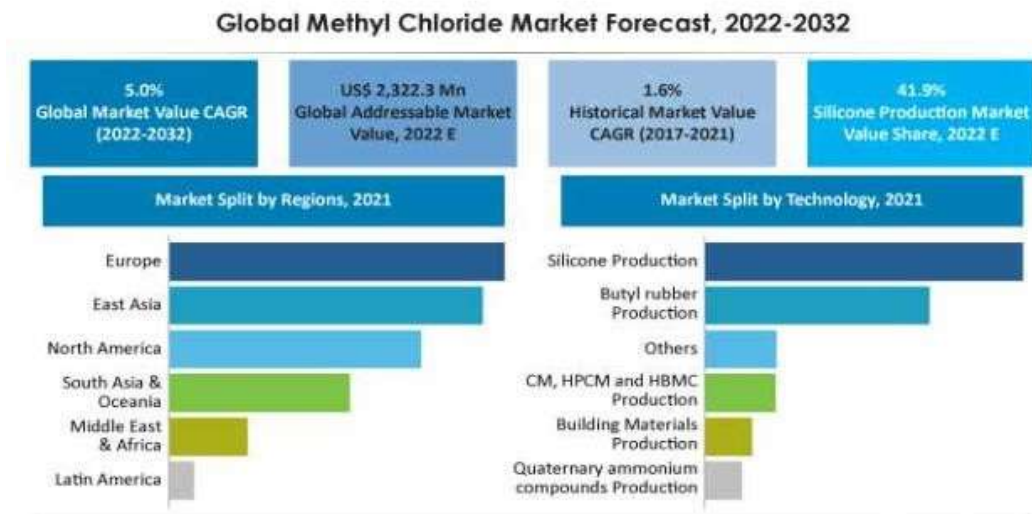
**Tabel 1. 1 kegunaan Metil Klorida**

No	Tahun			
	Industri	1970	1974	1989
1.	Silikon	38%	50%	74%
2.	Tetramethyllead	38%	30%	-
3.	Buthyl Rubber	5%	5%	2%
4.	Pertanian	-	-	7%
5.	Methyl Selulosa	-	-	6%
6.	Gua ternary amin	-	-	5%
7.	Lain-lain	19%	15%	24%

Sumber :(Kirk Donald and Othmer, 1997)

USA menghasilkan Methyl Chloride sebanyak 92% pembuatan lanjutan bahan metil klorosilane, penggunaannya sebagai feedstock. Metil klorosilane produksi paling besar untuk penggunaan fluida silikon, sebagai bahan pembantu yaitu agent antifoaming, agent pelepasan, dan pelumas ringan. Penggunaan lainnya Methyl Chloride yaitu sebagai bahan kimia pada produksi kosmetik, auto polishes, pelitur furniture, dan lapisan kertas. Metil klorosilane penggunaan lain sebagai produksi fluida silikon, elastomer, dan resin (Oxchem, 2014)

Di seluruh dunia, permintaan metil klorida meningkat, terutama untuk pembuatan silikon. China adalah produsen silikon terbesar, dengan kapasitas produksi 64% dari total produksi silikon dunia, diikuti oleh Rusia, dengan kapasitas produksi 600.000 ton/tahun, produsen silikon terbesar kedua, diikuti oleh Amerika Serikat, dengan produksi kapasitas 320.000 ton/tahun. Yang memang membutuhkannya. Chloromethane adalah bahan baku pembuatannya. Selain itu, metil klorida juga merupakan bahan baku pembuatan karet butil, dan sekitar 28,8% metil klorida dunia digunakan dalam industri karet butil. Di bawah ini adalah data pasar global dan penggunaan Methyl Chloride.



**Gambar 1. 1 data pasar dan pengguna Metil Klorida di dunia (Www.factmr.com, n.d.)**

Pabrik metil klorida belum ada, dengan adanya kebutuhan di Indonesia sangat besar maka dibutuhkan metil klorida dengan cara mengimpor dari negara lain terutama (dari USA dan negara Eropa). Metil klorida dilakukan pembangunan dengan tujuan:

1. Terpenuhi metil klorida di Indonesia.
2. Indonesia memberikan kesempatan bagi masyarakatnya sebagai salah satu pengekspor metil klorida ke berbagai negara.
3. Metil klorida akan mengalami perkembangan menjadi bentuk bahan lain dan bertambahnya industri-industri baru yang memproduksi metil klorida, sehingga perekonomian dinegara akan meningkat
4. Terbukanya lapangan kerja baru dan metil klorida akan menjadi bahan baku utama di pabrik-pabrik baru.
5. Dua bahan baku utama metanol dan HCL merupakan pabrik bahan baku yang mendukung pendirian pabrik dalam proses pembuatan metil klorida.
6. Peningkatan di Indonesia dari tahun ke tahun, kebutuhan metil klorida semakin meningkat dengan bersamanya industri pabrik yang berkembang.

## 1.2 Kapasitas Rancangan

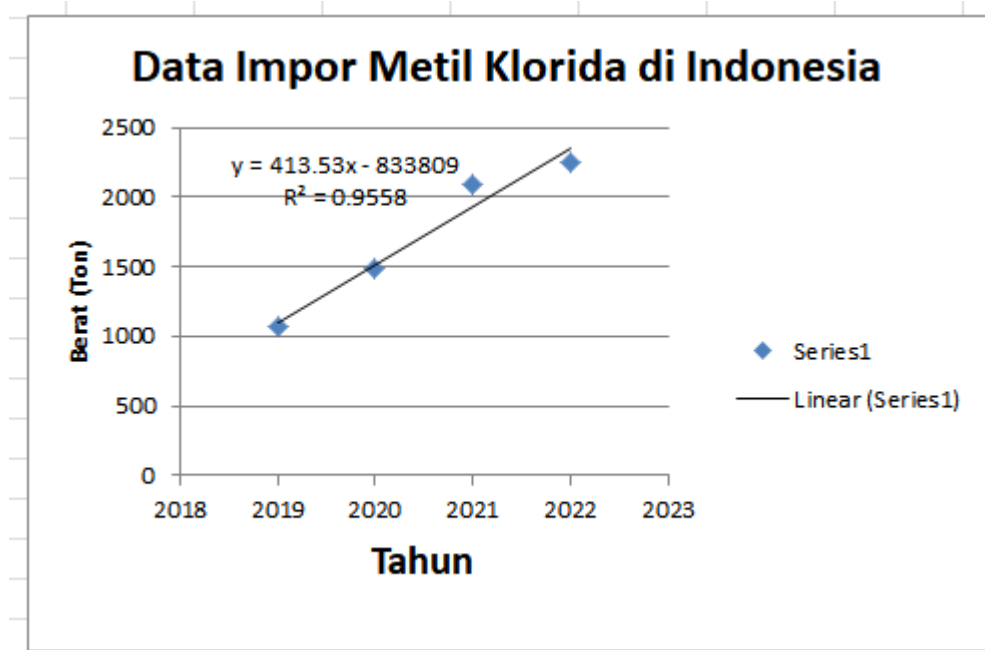
### 1.2.1 Kebutuhan Impor dan Ekspor Metil klorida di Indonesia

Menurut situs Badan Pusat Statistik (BPS), tingkat permintaan metil klorida di Indonesia cenderung meningkat dari tahun 2019 hingga 2023, meskipun pada tahun 2019 menurun. Data impor metil klorida Indonesia ditunjukkan pada Tabel 1.1.

**Tabel 1. 2 Data Impor Metil Klorida di Indonesia (www.bps.go.id)**

Tahun	Berat (ton)
2019	1077,789
2020	1486,874
2021	2095,408
2022	2243,475

Sumber :(bps.co.id, 2023)



**Gambar 1. 2 Grafik Data Impor Metil Klorida Di Indonesia**

Persamaan yang diperoleh  $y = 413.53x - 833809$  dimana  $x$  menunjukkan tahun impor dan  $y$  menunjukkan kapasitas impor dalam ton/tahun. Maka dengan menggunakan persamaan tersebut Pada data gambar 1.1 dihitung dengan menggunakan regresi linier dapat diprediksikan konsumsi metil klorida pada tahun 2028 sebagai tahun produksi sebesar 4829,84 ton/Tahun. Sehingga di lihat dari kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat, maka perencanaan pendirian pabrik metil klorida bisa dirancang dengan kapasitas yaitu **5000 Ton/Tahun** pada tahun **2028..**

Selain itu, pada data ekspor metil klorida menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia ditunjukkan pada Tabel 1.3

**Tabel 1. 3 Data Ekspor Metil Klorida Indonesia**

<b>Tahun</b>	<b>Berat (kg)</b>
2018	4.260
2019	9.760
2020	551
2022	50

Sumber : (bps.co.id, 2023)

Data Ekspor diatas dapat dilihat bahwa hasil Ekspor metil klorida di Indonesia masih cukup sedikit bahkan dari tahun 2018 hingga 2022 semakin menurun, hal ini dikarenakan belum adanya pabrik atau industri kimia yang memproduksi metil klorida di Indonesia untuk mampu meningkatkan hasil ekspor

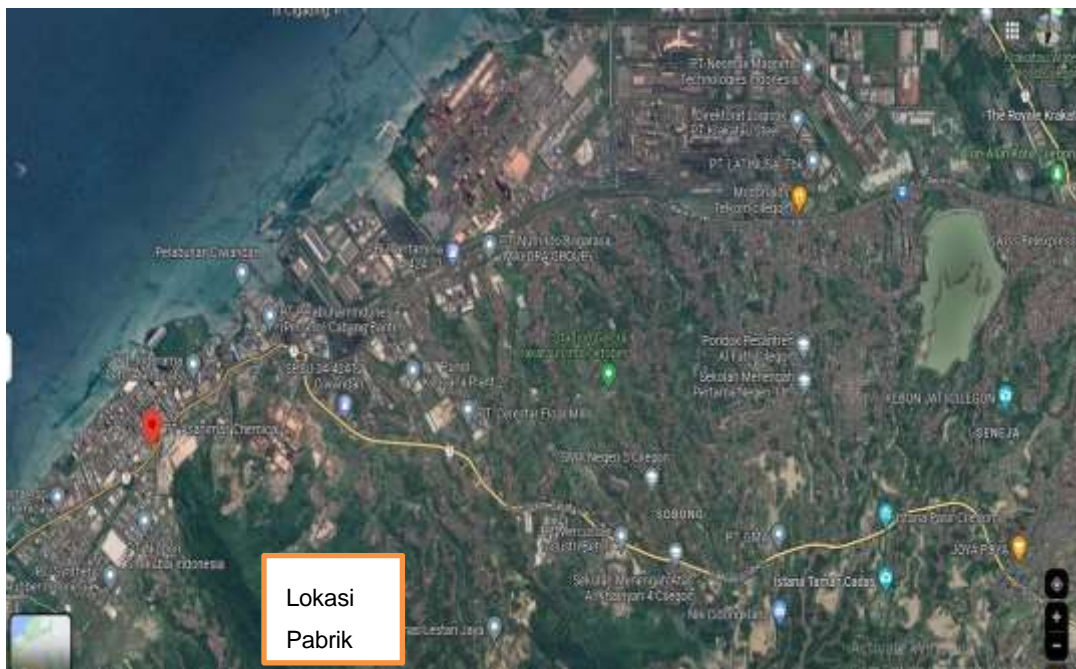
### **1.3 Lokasi**

Dalam perancangan pemilihan lokasi merupakan suatu persoalan yang tidak mudah dan ini merupakan hal terpenting. Untuk itu pemilihan lokasi harus sangat berhati-hati. Umumnya ada beberapa kondisi yang menjadi persoalan dalam penentuan lokasi pabrik (Fahrizal et al., 2015) yaitu:

- a. Perluasan Pabrik;
- b. Pemecahan pabrik dalam sentral-sentral unit kerja (*decentralization*);
- c. Faktor-faktor ekonomis (perubahan pasar, penyediaan tenaga kerja dan lain sebagainya).

Biasanya pemilihan lokasi pabrik yang digunakan adalah strategi untuk meminimalkan biaya. Pemilihan lokasi pabrik sangat sulit karena harus dipertimbangkan faktor-faktor yaitu pelaksanaannya adanya perbedaan dengan usaha satu dan usaha lainnya, perbedaan jenis dan produk yang dihasilkan, memilih lokasi pasar, pendapatan bahan baku, tenaga kerja, listrik, air, akses transportasi, sikap masyarakat, serta peraturan pemerintah setempat (Maulana, 2018)

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka lokasi pendirian pabrik Metil Klorida dipilih di daerah **kawasan industri Cilegon, Provinsi Banten** dengan pertimbangan sebagai berikut:



**Gambar 1. 3 Lokasi pendirian Pabrik metil klorida**

### **1.3.1 Faktor Primer Penentu Lokasi Pabrik adalah**

Faktor primer merupakan faktor utama dari tujuan usaha pabrik, tujuan utama yaitu proses pembuatan dan penyaluran barang, beberapa faktor utama memiliki pengaruh langsung dalam memilih tempat pabrik :

#### 1. Penyediaan Bahan Baku

Metanol yang diproduksi PT Kaltim Methanol Industri berada dilokasi Bontang, Kalimantan Timur. Bahan baku yang mudah diperoleh dan lokasinya yang dekat. Metanol di PT Kaltim sebesar 660.000 ton setiap tahun, asam klorida yang diproduksi oleh PT Asahimas Chemical berlokasi di Cilegon, Banten sebanyak 349.000 ton per tahun.(tkdn.kemenperin.go.id, n.d. Persediaan dua bahan baku utama di Indonesia, keuntungan yang didapat perusahaan dapat menghemat biaya anggaran, sehingga tidak diperlukan pembelian ke negara luar.

#### 2. Utilitas

Pabrik memiliki sarana penunjang penting agar pabrik dapat berjalan dengan baik. Sarana ini yaitu unit utilitas, unit ini meliputi air, steam, listrik dan pengadaan generator. Sarana unit-unit yang lengkap yaitu industri di Cilegon, lengkapnya sarana yang dapat terpenuhi air, steam, dan kebutuhan listrik terpenuhi karena sudah diperoleh sulpai dari PLN.

#### 3. Lokasi pemasaran

Lokasi pemasaran ini sangat penting untuk pembangun pabrik, lokasi yang berada di Cilegon merupakan lokasi yang sangat strategis dalam pembangunan produk metil klorida. Lokasi yang berdakatan dengan pabrik-pabrik lain dengan pemasaran industri lain yang tersebar di dalam negeri, dan berada tidak jauh dari pelabuhan memudahkan penerimaan dan pengiriman metil klorida ke luar negeri.

#### 4. Sarana transportasi

Sarana pengiriman yang mudah di Cilegon, sarana transportasi darat maupun laut yang mudah dalam pendistribusian ke pabrik dan produk ke konsumen. Lokasi yang dekat dengan jalan raya dan dekat dipelabuhan yang memudahkan pendistribusian.

#### 5. Penyediaan tenaga kerja

Mencari tenaga kerja yang memiliki potensi yang terampil dan memiliki pendidikan yang cukup bagus dalam mengoperasikan alat-alat industri. Salah satunya di pulau jawa penduduk yang banyak sehingga keperluan tenaga kerja yang terdidik maupun tidak terdidik dapat terpenuhi.

### 1.3.2 Faktor Sekunder Penentu Lokasi Pabrik adalah

Faktor sekunder adalah faktor yang secara tidak langsung berperan dalam proses suatu pabrik, namun sangat berpengaruh untuk keberlangsungan proses produksi suatu pabrik. Faktor-faktor tersebut adalah:

a. Perizinan

Cilegon yaitu tempat berbagai pabrik, maka lebih mudah proses sehingga perizinan dengan pemerintah dan masyarakat sekitar.

b. Perluasan

Cilegon dengan lokasi lebih sedikit penduduk, maka dapat mempermudah perluasan pabrik ke depannya.

## 1.4 MACAM MACAM PROSES

Pemilihan proses ditinjau dari proses produksi dari masing – masing proses. Ada beberapa proses yang secara komersial dapat dilakukan serta dikembangkan dalam waktu ini untuk menghasilkan *Methyl Chloride*, yaitu

a. Proses Klorinasi Metana

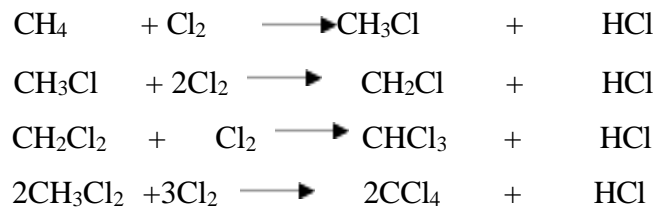
b. Proses Hidroklorinasi metanol

### 1.4.1 Proses Klorinasi Metana

Pada proses klorinasi metana, *Methyl Chloride* bukan merupakan produk tunggal, karena terbentuk produk lain seperti karbon tetra klorida dan kloroform. Pada klorinasi metana digunakan klorin dan metana sebagai bahan baku dalam fase gas. Reaksi berjalan secara eksotermis dengan suhu reaksi 400-500<sup>0</sup>C, sehingga sangat diperlukan pengontrolan suhu (Kirk Donald and Othmer, 1997)

Suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan *Methyl Chloride* terurai menjadi metilen dan HCl. Reaksi pada suhu tinggi dapat menyebabkan terjadinya polimerisasi dan dapat merusak katalisator. Kesulitan lain yang dihadapi adalah mengganti katalisator yang sudah tidak aktif lagi serta pendinginyang cukup untuk mempertahankan suhu. (Mc. ketta & Albright, 1979)

Reaksi :



Metana (kemurnian 99%) direaksikan dengan klorin dengan perbandingan 1,7 banding 1. Reaktan dipanaskan dan dimasukkan ke reaktor. Pada suhu 350 – 370°C, dengan tekanan 11-15 atm, dan waktu tinggal (*residence time*) yang dikontrol sesuai suhu tersebut dapat tercapai, maka sekitar 65% metana tereaksikan. Produk yang dihasilkan meliputi: 58,5 % metil klorida, 29,3% metilena klorida, 9,7% kloroform, dan 2,3 % karbon tetraklorida. Untuk reaksi pembuatan metil klorida sendiri, reaksi ini terjadi pada suhu sekitar 400 °C dengan tekanan 20 atm. Konversi reaksi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu sekitar 90% metana menjadi metil klorida, dengan kemurnian produk akhir 99%.

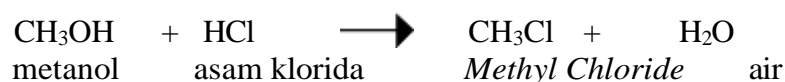
Proses klorinasi metana memerlukan tekanan sedikit di atas tekanan atmosferis dan menghendaki kemurnian metana tinggi, sehingga diperlukan alat cryogenic destilasi untuk treatment gas alam. Kebutuhan investasi peralatan ini cukup mahal dan yield proses klorinasi metana yaitu sekitar 80- 85%. (Kirk Donald and Othmer, 1997)

#### 1.4.2 Proses Hidroklorinasi Metana

Proses hidroklorinasi adalah suatu proses dengan atom halogen yang berasal dari asam klorida bergabung dengan suatu senyawa organik. Proses hidroklorinasi dengan reaksi substitusi terjadi pada pembuatan *Methyl Chloride*.

*Methyl Chloride* dihasilkan oleh reaksi antara CH<sub>3</sub>OH dan HCl dengan bantuan katalis. Uap methanol dan HCl diumpankan secara equimolar.

Reaksinya :





Campuran gas kemudian dimasukkan ke dalam reactor batch jenis fixed bed multitube pada suhu 300°C - 390°C dan tekanan 3-5 atm. Yield yang diperoleh cukup tinggi yaitu : 90-95% methanol menjadi *Methyl Chloride*, dengan menggunakan katalis alumina gel. Reaksi didalam reaktor bersifat exotermis, sehingga untuk mengontrol temperatur diperlukan dowtherm A sebagai media pendingin (Thyagarajan et al., 1966)

## 1.5 Tinjauan Pustaka

### 1.5.1 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk

#### a. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku

##### 1) Metanol (CH<sub>3</sub>OH)

###### ▪ Sifat-sifat fisis

- Rumus Kimia = CH<sub>3</sub>OH
- Massa molar = 32.04 g/mol
- Wujud = Cair tak berwarna
- Densitas = 0.7918 g/cm<sup>3</sup>, liquid
- Titik lebur = -97 °C, -142.9 °F (176 K)
- Titik didih = 64.7 °C, 148.4 °F (337.8 K)
- Kelarutan dalam air = mudah larut dalam air
- keasaman = ~ 15.5
- viskositas = 0.59 mPa·s at 20 °C

(Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2004)

###### ▪ Sifat-sifat kimia

###### - Pembentukan eter

Dimetil eter terbentuk dengan dehidrasi metanol dengan katalis aluminapada suhu 350 °C



###### - Reaksi dengan asam klorida

Metanol dapat bereaksi dengan asam klorida melalui reaksi hidroklorinasi secara substitusi :



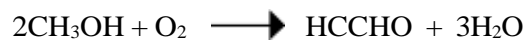
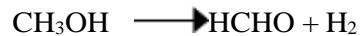
###### - Dekomposisi

Metanol dapat terdekomposisi menjadi CO dan H<sub>2</sub> :



- Dehidrogenasi dan oksidasi parsial

Reaksi secara komersial dari metanol adalah dehidrogenasi dan oksidasi menjadi formaldehid. Reaksi bisa dijalankan menggunakan katalis dengan adanya udara :



(Perry, 2008)

## 2) Asam klorida (HCl)

### ▪ Sifat-sifat fisis

Rumus Kimia	= HCl
Massa molar	= 36,46 g/mol (HCl)
Wujud	= Cairan tak berwarna sampai dengan kuning pucat
Densitas	= 1,18 g/cm <sup>3</sup> (variable)
Titik lebur	= -27,32 °C(247 K)larutan 38%
Titik didih	=
	110 °C(383K),larutan20,2%;48 °C(321K),larutan 38%.
Kelarutan dalam air	= Larut dalam air
Keasaman (pK <sub>a</sub> )	= -6,3
Viskositas	= 1,9mPa·s pada25 °C, larutan 31,5%

(Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2004)

### Sifat-sifat kimia

- Reaksi dengan oksida logam

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bereaksi pada suhu temperatur 300 °C menghasilkan FeCl<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O

- Reaksi dengan zat pengoksidasi

HCl dan O<sub>2</sub> bereaksi dalam fasa gas menghasilkan Klorin



- Reaksi substitusi dan hidroksil alifatik dengan asam klorida



- Untuk alkyl yang lebih tinggi, katalis ZnCl digunakan untuk kontak reaksidalam fasa cair. Untuk alkohol rendah seperti metanol dapat direaksikan dengan HCl melalui reaksi hidroklorinasi menggunakan katalis pada (Perry, 2008)

## **b. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Pembantu**

### **1) Alumina gel**

#### **▪ Sifat-sifat fisis**

- Rumus Kimia  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- Titik Leleh: Alumina memiliki titik leleh yang tinggi, umumnya berkisar antara  $1300^\circ\text{C}$  hingga  $1700^\circ\text{C}$ . Titik leleh yang tinggi menunjukkan ketahanan material terhadap suhu tinggi.
- Kepadatan: Kepadatan alumina berkisar antara 2,2 hingga  $2,6 \text{ g/cm}^3$ , tergantung pada komposisi dan struktur spesifiknya.
- Kepekatan: Alumina biasanya tersedia dalam bentuk padat, seperti bubuk, butiran, atau keramik. Kepekatan material ini bervariasi tergantung pada aplikasi dan metode produksinya.
- Warna: Alumina dapat memiliki berbagai warna, termasuk putih, abu-abu, atau coklat. Warna ini dapat bervariasi tergantung pada komposisi dan kondisi pembuatan.
- Kelarutan: Alumina memiliki kelarutan yang rendah dalam air dan larutan asam. Namun, dapat larut dalam larutan basa kuat seperti larutan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH).
- Struktur Kristal: Alumina memiliki struktur kristal yang beragam, tergantung pada komposisi dan kondisi sintesisnya. Beberapa bentuk struktur kristal yang umum adalah mullite, cordierite, atau kyanite.
- Konduktivitas Termal: Alumina memiliki konduktivitas termal yang relatif rendah. Ini berarti material ini memiliki kemampuan isolasi termal yang baik.
- Kekerasan: Alumina termasuk dalam kategori bahan yang cukup keras. Kekerasannya berkisar antara 6,5 hingga 7,5 pada skala skala



kekerasan Mohs.(Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2004)

▪ **Sifat-sifat kimia**

- Asamitas yang Kuat: Katalis alumina memiliki keasaman yang kuat, yang penting untuk mengaktifkan reaktan seperti metanol dan HCl. Kehadiran alumina dan silika dalam katalis memberikan sifat asam yang memadai untuk berinteraksi dengan ikatan hidrogen dalam metanol dan HCl, memungkinkan reaksi hidroklorinasi terjadi dengan efisien.
- Selektivitas: Katalis alumina dapat menunjukkan selektivitas yang baik dalam reaksi hidroklorinasi metanol, yaitu menghasilkan metil klorida sebagai produk utama yang diinginkan. Struktur dan komposisi katalis dapat mempengaruhi selektivitas reaksi dengan mengatur interaksi antara reaktan dan permukaan katalis, meminimalkan pembentukan produk samping yang tidak diinginkan.
- Stabilitas Kimia: Katalis alumina umumnya menunjukkan stabilitas kimia yang baik terhadap asam hidroklorida dan kondisi reaktif lainnya yang ada dalam proses hidroklorinasi metanol. Stabilitas kimia yang baik penting untuk menjaga kinerja katalis selama operasi yang berkelanjutan.
- Sifat Adsorpsi: Katalis alumina memiliki kemampuan untuk menyerap dan mendesorpsi molekul-molekul reaktan dan produk pada permukaannya. Adsorpsi molekul-molekul reaktan pada permukaan katalis memfasilitasi reaksi yang efisien dan meningkatkan kontak antara reaktan dengan katalis.

(Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2004)

## 2) Air ( H<sub>2</sub>O )

### ▪ Sifat-sifat fisis

- Titik Leleh = 0°C (32°F)
- Titik Didih = 100°C (212°F)
- Massa molar = 18.02 g/mol
- Densitas = 1 g/cm<sup>3</sup> (pada 4°C)
- Titik Beku 0°C = pada 1 atm
- Volume molar = 55,5 mol/ L
- Kerapatan pada fasa = 1000 kg/m<sup>3</sup>liquid, 917 kg/m<sup>3</sup>solid
- Warna = Tanpa warna
- Bau = Tidak berbau (dalam kondisi murni)
- Rasa: Tidak memiliki rasa (dalam kondisi murni)
- Kepolaran: Air memiliki sifat polar karena molekulnya yang dipolar. Ini berarti air memiliki kutub positif pada atom hidrogen dan kutub negatif pada atom oksigen, yang menghasilkan daya tarik elektrostatik antar molekul air (interaksi hidrogen). (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2004)

### ▪ Sifat-sifat kimia

- Dibentuk melalui reaksi :  $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$
- Mampu menghidrolisis ester menjadi senyawa – senyawa pembentuknya :  

$$2RCOOR + H_2O \longrightarrow RCOOH + ROH$$
- Mudah melarutkan zat – zat, baik cair, padat maupun gas.(Perry, 2008)

## c. Sifat Fisis dan Kimia Produk

### 3) Metil klorida (CH<sub>3</sub>Cl)

#### ▪ Sifat-sifat fisis

- Rumus Kimia = CH<sub>3</sub>Cl
- Massa molar = 50,49 g·mol<sup>-1</sup>
- Wujud = Gas tak berwarna
- Densitas = 1.003 g/mL (-23.8 °C, liquid) 2.3065 g/L

(0 °C, gas)

Titik lebur = -974 °C (-1.721 °F; -701 K)

Titik didih = -24,2 °C

Kelarutan dalam air = 5.325 g L<sup>-1</sup>

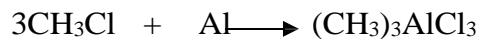
(Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2004)

### Sifat-sifat kimia

Metil klorida mempunyai kemampuan metilasi melalui reaksi *Friedel Crafts*, *Grignard reagent* dan *Wurtz synthesis*.



Metil klorida akan bereaksi kuat dengan Al menghasilkan metil aluminaklorida yang digunakan sebagai katalis untuk polimerisasi dan hidrogenasi dari hidrokarbon

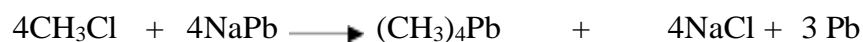


Silikon bereaksi dengan metil klorida dengan adanya Cu akan menghasilkan dimetil klorida silane.



Reaksi ini adalah tahap intermediet dalam penyediaan silicon

Tetrametiled digunakan sebagai bahan pencampur gasolin, dibuat dengan mereaksikan metil klorida dengan campuran Pb monosodium sebagai katalis digunakan AlCl<sub>3</sub>



Metil klorida akan bereaksi dengan amina tersier membentuk quaternary amonium klorida. Senyawa ini sangat penting dalam produksi detergent, fungisida, dan desinfektan. (Kirk Donald and Othmer, 1997)

## 1.5.2 Proses Yang Dipilih Dalam Pembuatan

### 1. Kondisi Operasi

Untuk membandingkan tiap proses, harus ditinjau dalam melakukan perbandingan yaitu melihat dari kondisi operasi yang digunakan tiap teknologi proses. Berikut kondisi operasi dari masing-masing teknologi proses pabrik metil klorida yang disajikan pada Tabel

**Tabel 1. 4 Perbandingan Pemilihan Proses**

No	Parameter	Proses Pembuatan	
		Proses Klorinasi	Proses Hidroklorinasi
1	Bahan Baku	Metana	Methanol dan asam klorida
3	Katalis	Alumina gel	Alumina gel
4	Reaksi	$\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{HCl}$ $\text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CCl}_4 + \text{HCl}$ $\text{CHCl}_3 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CCl}_4 + \text{HCl}$	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \longrightarrow (\text{CH}_3)_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
5	Reaktor	<i>Plug Flow Multitube</i>	<i>Fixed Bed multitube</i>
6	Yield	80-85 %	90-95 %
7	Kondisi Operasi	11-15 atm	3-5 atm
8	Produk Samping	Metilena klorida ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ), Kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), Karbon tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ )	Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) Hydrogen chloride ( $\text{HCl}$ ) Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )
9	Suhu	400-500°C	300-390°C
10	Konversi	90 %	95 %
11.	Produk Utama	Metil Klorida	Metil Klorida

Berdasarkan uraian beberapa macam proses pembuatan *Methyl Chloride* tersebut ,maka dipilih proses pembuatan *Methyl Chloride* dari Metanol dan Asam

klorida dengan proses hidroklorinasi metanol menggunakan katalis Alumina dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Proses ini menghasilkan konversi reaksi yang tinggi.
- b. Pada proses hidroklorinasi metanol metil klorida memerlukan suhu yang lebih rendah daripada proses klorinasi methane .
- c. Reaksi pada suhu tinggi dapat menyebabkan katalisator mudah rusak dan menyebabkan metal klorida terurai menjadi metilen dan HCl. (Mc ketta & Albright, 1979) *Yield* pada proses hidroklorinasi metanol dapat mencapai lebih dari 95% sedangkan proses klorinasi metana sebesar 80-85%.

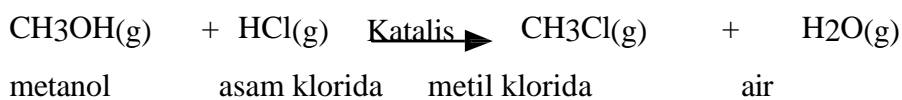
(Kirk Donald and Othmer, 1997)

Pada proses Hidroklorinasi methanol ini juga menggunakan pemanfaatan efisiensi energi yang dimana pemaafaatan media pendingin tidak menggunakan senyawa Dowtherm A akan tetapi menggunakan bahan reaktan.

## 2. Dasar Reaksi

Proses pembuatan metil klorida dari metanol dan hidrogen klorida dengan katalisator alumina gel (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.) dilakukan melalui hidroklorinasi dengan reaksi sebagai berikut :

Katalis



Reaksi hidroklorinasi metanol dengan hidrogen klorida merupakan reaksi orde 2 dengan  $r_A = k C_A^2$ .

(Thyagarajan et al., 1966)

## 3. Mekanisme Reaksi

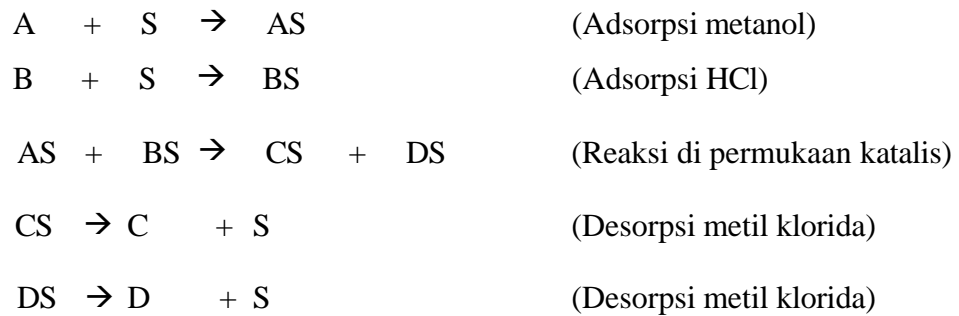
Reaksi katalitis dengan zat reaktan Metanol dan HCl berbentuk gas dan katalisator silica lumina gel berbentuk padatan berlangsung menurut mekanismesebagai berikut :

1. a. Difusi gas reaktan dari fase gas ke permukaan luar (*interface*) katalis
- b. Difusi reaktan dari permukaan luar katalis melewati pori-pori ke permukaan dalam pori katalis (difusi molekuler)



2. Adsorpsi reaktan pada permukaan dalam katalis
3. Reaksi :  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
4. Desorpsi hasil reaksi dari permukaan dalam katalis
5. a. Difusi gas hasil reaksi dari permukaan dalam katalis ke permukaan luarkatalis  
 b. Difusi gas hasil reaksi dari permukaan luar katalis (*interface*) ke fase gas (Fogler, 1999).

Pada mekanisme reaksi katalitis di atas, tahap difusi dan adsorpsi berlangsung sangat cepat, sedangkan reaksi pada permukaan katalis berlangsung paling lambat. Sehingga kecepatan reaksi katalitis secara keseluruhan dikontrol oleh reaksi permukaan. Mekanisme reaksi :



## 1. Tinjauan Kinetika

Reaksi hidroklorinasi metanol termasuk reaksi orde dua. Dari segi kinetika, kecepatan reaksi hidroklorinasi metanol akan bertambah cepat dengan naiknya temperatur. Berdasarkan persamaan Arrhenius :

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

di mana :

k = konstanta kecepatan reaksi

A = faktor frekuensi tumbukan

E = energi aktivasi

R = konstanta gas ( 1,987 kal/mol K )

T = temperatur operasi ( K )

Harga konstanta kecepatan reaksi kimia adalah sebagai berikut

:Reaksi :



Konstanta kecepatan reaksi sebagai berikut:

$$k = 2,615\text{E}+03 \exp ( -E / RT )$$

di mana :

r = kecepatan reaksi, mol/(hr).(gram katalis)

k = konstanta kecepatan reaksi, mol/(hr).(atrn<sup>2</sup>).(gram katalis)

PCH<sub>3</sub>OH = Tekanan parsial metanol, atm

E = 18.860 kalori/mol

R = konstanta gas, 1,9872 kkal/kmol K

T = suhu, K

(Thyagarajan et al., 1966)

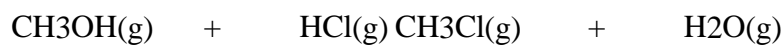
## 2. Tinjauan Termodinamika

Tabel 1. 5 Data Panas Pembentukan dan Energi Gibbs

Komponen	$\Delta H_f^0$ (J/ gmol)	$\Delta G_f^0$ (J/ gmol)
CH <sub>3</sub> OH	-201.170	- 162.510
HCl	-92.300	- 95.300
CH <sub>3</sub> Cl	-86.320	- 62.890
H <sub>2</sub> O	-241.800	- 228.600

Sumber: (Yaws, 1999)

Reaksi :



$$\Delta G_r^0 = \Delta G_f^0 \text{ produk} - \Delta G_f^0 \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta G_f^0 \text{ CH}_3\text{Cl} + \Delta G_f^0 \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_f^0 \text{ CH}_3\text{OH} + \Delta G_f^0 \text{ HCl})$$

$$= (- 62.890 + (- 228.600)) - (- 162.510 + (- 95.300))$$

$$= -33.680 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_r^0 = (\Delta H_f^0 \text{ CH}_3\text{Cl} + \Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^0 \text{ CH}_3\text{OH} + \Delta H_f^0 \text{ HCl})$$

$$= (-86.320 + (- 241.800)) - (-201.170 + (-92.300))$$

$$= -34.650 \text{ J/mol}$$

Reaksi pembuatan metil klorida adalah reaksi eksotermis, selama reaksi dibebaskan panas. Hal ini ditunjukkan oleh harga enthalpi yang negatif, yaitu sebesar -34.650 J/mol.

Untuk mengetahui apakah reaksi berlangsung secara irreversible dapat dilihat dari harga K (konstanta kesetimbangan reaksi). Data  $\Delta G^0$  untuk komponen yang terlibat dalam reaksi tersebut adalah :

$$K_{298} = e^{\frac{\Delta G}{RT}}$$

$$K_{298} = e^{\frac{-33.680}{8,314 \times 298}}$$

$$= 8,013 \times 10^5$$

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \text{ (Wiley et al., 1999)}$$

$$K_0 = R \frac{\Delta H}{T_0}$$

Suhu reaksi rata-rata = 598 K. Harga K pada suhu 598 K adalah :

$$K_{598} = K_{298} \exp\left(\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$K_{598} = 8,013 \times 10^5 \exp\left(\frac{-34.650}{8,314} \left(\frac{1}{573} - \frac{1}{298}\right)\right)$$
$$= 6,9 \cdot 10^8$$

Harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) termasuk besar sehingga reaksi bisa dianggap berjalan secara irreversible.