



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kloroform yang dikenal juga dengan triklorometana atau metil triklorida mempunyai rumus molekul  $\text{CHCl}_3$ . Pada temperatur dan tekanan atmosferik normal, kloroform berbentuk cairan bening dan berbau karakteristik. Pada kondisi tersebut kloroform tidak mudah terbakar.

Dewasa ini kloroform digunakan sebagai bahan baku pembuatan polimer (*polytetrafluoroethylene*), pengawet tembakau atau juga digunakan dalam :

- Bidang farmasi sebagai zat pengekstrak pada pembuatan penisilin
- Bahan baku fungisida dan vermisida
- Bahan untuk merekoveri minyak, lemak, steroid, alkaloid, dan glukosa

Kebutuhan Indonesia akan kloroform cukup besar, hal ini dapat dilihat sampai akhir tahun 2004 Indonesia masih mengimpor 86.971 kg dari negara lain seperti Jepang, Australia, Amerika Serikat, dan Jerman.

**Tabel 1. Impor Kloroform**

No.	Tahun	Jumlah ( kg )
1	1998	51.158
2	1999	4.083
3	2000	28.102
4	2001	36.517
5	2002	47.759
6	2003	49.717
7	2004	86.971

Sumber : BPS tahun 1998-2004

Sesuai dengan perkembangan pembangunan, maka Indonesia akan membutuhkan kloroform yang dipakai sebagai bahan baku untuk pembuatan *polytetrafluoroethylene*, serta untuk keperluan lainnya. Pembangunan pabrik ini



akan sangat menguntungkan karena ketergantungan impor Indonesia akan kloroform dapat dikurangi.

Demi menjamin kelangsungan pabrik tersebut penyediaan bahan baku harus benar-benar dipikirkan, bahan baku aseton diperoleh dari PT. Metropolitan Phenol Pratama yang mempunyai kapasitas 100.000 ton /tahun, sedangkan bahan baku *bleaching powder* dapat diperoleh dari PT. Asahimas Subentra Chemical Cilegon.

## 1.2. Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimal produk yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik yang didirikan harus mempunyai kapasitas produksi yang optimal yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba yang maksimal dengan biaya yang minimal.

Kapasitas produksi dirancang dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Kebutuhan kloroform di Indonesia

Untuk memenuhi kebutuhan kloroform di Indonesia pada tahun 2004, negara Indonesia masih mengimpor sebesar 86.971 kg dari berbagai negara. Dengan makin banyaknya kegunaan dari kloroform maka pangsa pasar cukup baik, juga tidak menutup kemungkinan untuk diekspor.

2. Kebutuhan kloroform di luar negeri

Kebutuhan kloroform di luar negeri juga semakin meningkat. Peningkatan ini dikarenakan diketahuinya kegunaan lain dari kloroform selain sebagai *refrigerant*, juga dapat digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan *polytetrafluoroethylene* (PTFE) dan *fluorinated ethylene-propylene* (FEP).



**Tabel 2. Kebutuhan Kloroform di Luar Negeri**

No.	Tahun	Kebutuhan (kg)
1	1998	260.814.250,00
2	1999	274.487.554,00
3	2000	280.545.415,00
4	2001	286.215.290,00
5	2002	291.885.165,00
6	2003	297.555.040,00

Sumber : *Chemical Profile, 2005*

3. Ketersediaan bahan baku

Adanya industri yang mendukung pabrik kloroform, terutama dalam hal penyediaan bahan baku merupakan salah satu faktor yang cukup penting. Bahan baku aseton dapat disediakan dari PT. Metropolitan Phenol Pratama di Serang-Banten dengan kapasitas 100.000 ton per tahun, sedangkan *bleaching powder* dapat diperoleh dari PT. Asahimas Subentra Chemical Cilegon.

4. Kapasitas rancang minimum

Beberapa pabrik yang memproduksi kloroform mempunyai kapasitas minimum 18.000 ton per tahun (Moundsville, W. Vancouver, Canada) dan kapasitas maksimum 90.200 ton per tahun (Dow Chemical Co, Pittsburg, California). Dalam prarancangan pabrik kloroform ini, diambil kapasitas produksi sebesar 20.000 ton per tahun dengan harapan :

- Memenuhi kebutuhan dalam negeri
- Mengurangi ketergantungan akan impor kloroform
- Dapat melakukan ekspor, mengingat kebutuhan kloroform yang cukup besar di dunia



### 1.3. Lokasi Pabrik

Sebelum menentukan lokasi pabrik perlu dibuat prakiraan jangka panjang. Untuk dapat menentukan lokasi pabrik yang tepat diperlukan beberapa tahapan. Lokasi pabrik ditetapkan di daerah Cilegon-Banten dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

#### A. Faktor utama

##### 1. Sumber bahan baku

Untuk mengurangi biaya transportasi, maka pabrik kloroform didirikan didekat sumber bahan baku. Bahan baku utama berupa aseton dan *bleaching powder*, masing-masing diperoleh dari PT. Asahimas Subentra Chemical di Cilegon dan PT. Metropolitan Phenol Pratama di Serang.

##### 2. Pemasaran produk

Pemasaran kloroform ini diutamakan untuk bahan baku pembuatan polimer, dimana pabrik ini sedang berkembang di Indonesia terutama di Cilegon. Kloroform juga digunakan untuk bahan baku fungisida dan vermisida yang dihasilkan oleh pabrik pupuk. Pabrik pupuk di Jawa Barat adalah pabrik pupuk Kujang. Selain itu kawasan ini dekat dengan pelabuhan Merak yang memudahkan dalam pemasaran ke luar Jawa maupun ke luar negeri.

##### 3. Sarana transportasi

Fasilitas transportasi di daerah ini cukup memadai. Untuk penyediaan bahan baku dengan transportasi darat sedang untuk pemasaran produk ke luar Jawa maupun ke luar negeri menggunakan transportasi laut, dimana telah tersedia pelabuhan yang didukung oleh fasilitas yang memadai.

##### 4. Fasilitas air

Cilegon merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia, sehingga penyediaan utilitas terutama air untuk proses dan pendingin tidak mengalami kesulitan, karena dekat dengan aliran sungai Cidanau dan apabila tidak mencukupi di kawasan ini terdapat pabrik penyedia air yaitu PT. Krakatau Tirta Indonesia.

---



#### 5. Tenaga kerja

Tenaga kerja untuk pabrik dapat direkrut dari daerah Cilegon dan sekitarnya, dimana kepadatan penduduk tinggi sehingga merupakan sumber tenaga kerja yang potensial.

#### 6. Kemasyarakatan

Keadaan sosial kemasyarakatan sudah terbiasa dengan lingkungan industri sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan dapat beradaptasi dengan mudah dan cepat.

### B. Faktor pendukung

#### 1. Perijinan dan Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik merupakan salah satu usaha untuk mewujudkan kebijakan pemerintah mengenai pengembangan industri dan pemerataan kesempatan kerja.

#### 2. Perluasan pabrik

Pendirian pabrik harus memperhitungkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 sampai 20 tahun kedepan (jangka panjang). Karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area dari pabrik maka tidak mengalami kesulitan dalam mencari lahan baru.

#### 3. Kondisi iklim

Kondisi iklim dari suatu area yang akan dibangun pabrik harus mendukung, dalam arti kondisinya tidak mengganggu jalannya operasi pabrik.

#### 4. Pembuangan hasil pengolahan limbah

Penanganan masalah pembuangan hasil pengolahan limbah tidak menjadi masalah karena lokasi pabrik dekat sungai Cidanau dan laut.

#### 5. Energi

Penyediaan energi merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik diambil dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan dari generator.



#### 6. Perpajakan

Pajak yang harus dibayarkan dapat lebih murah karena Cilegon merupakan kawasan industri sehingga pembayaran pajaknya lebih dipermudah.

#### 7. Korosifitas

Lokasi kawasan industri Cilegon tidak berada di tepi laut sehingga korosifitas yang utamanya disebabkan oleh udara tidak begitu berpengaruh.

#### 8. Perawatan

Pabrik mempunyai bengkel perawatan sendiri, apabila tidak dapat dilakukan sendiri, di Cilegon banyak terdapat bengkel yang dapat menangani peralatan-peralatan besar.

#### 9. Biaya konstruksi

Biaya konstruksi bisa lebih murah karena kawasan industri Cilegon berada didekat pelabuhan sehingga biaya pengangkutan alat ke lokasi dapat lebih murah.

#### 10. Kondisi daerah lokasi

Keadaan sekitar lahan pabrik haruslah diamati dan dimengerti, dengan maksud agar pada saat pabrik telah berdiri tidak ada masalah yang akan berkembang.

#### 11. Bahaya banjir dan kebanjiran

Pabrik yang akan didirikan harus memperhatikan keselamatan pabrik. Cilegon tidak termasuk daerah rawan banjir dan di kawasan ini memiliki keselamatan terpadu untuk menjaga dari hal-hal yang berbahaya.

### 1.4. Tinjauan Pustaka

#### 1.4.1. Macam-macam proses

Secara umum kloroform dapat dibuat dengan 4 cara yaitu :

1. Klorinasi metana
2. Reduksi karbontetraklorida
3. *Photochemical chlorination*
- ~~4. Reaksi antara aseton dan *bleaching powder*~~



### 1. Proses klorinasi metana

Proses klorinasi ini didasarkan pada reaksi klorinasi metana dengan bantuan katalis alumina. Bahan baku yang digunakan adalah metana dengan kemurnian tinggi. Konversi pada proses ini adalah 95%. Adapun reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed bed* katalitik.

Keuntungan dari proses ini adalah :

- a. Teknik *mature*
- b. Harga bahan baku tidak mahal

Kerugian dari proses ini adalah :

- a. Membutuhkan metana dengan kemurnian tinggi
- b. Kualitas produk tidak bagus jika menggunakan metanol
- c. Konsumsi yang tinggi terhadap klorin dan menghasilkan hasil samping asam klorida yang banyak

### 2. Reduksi karbontetraklorida

Reduksi terbatas dari karbontetraklorida 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. Radiasi ultraviolet pada karbontetraklorida dengan alkohol menghasilkan kloroform dengan konversi tinggi, tetapi reaksi berjalan sangat lambat.

### 3. *Photochemical chlorinasi*

Proses klorinasi dengan *photochemical* didasarkan pada reaksi klorinasi metana oleh aktivasi dari reaksi massa dengan radiasi sinar. Adapun pemisahan molekul klorin ( $\text{Cl}_2$ ) menjadi radikal  $\cdot\text{Cl}$  adalah dengan meradiasikan reaksi massa dengan sumber sinar yang mempunyai radiasi 3.000-5.000 Å. Bahan baku yang digunakan adalah metana dengan kemurnian tinggi. Konversi dari proses ini adalah 90%. Adapun reaktor yang digunakan adalah reaktor *photochemical*.



Keuntungan : dapat mengurangi impuritas mengganggu yang ada pada klorometana yang dihasilkan

Kerugian dari proses ini adalah :

- a. Reaktor dan peralatan harus terbuat dari kaca, hal ini menyebabkan tingginya biaya investasi dan perawatan
- b. Lebih sensitif terhadap impuritas dari umpan, karena akan terjadi terminasi pada reaksi rantai
- c. Reaktor *photochemical* membutuhkan energi yang cukup besar untuk menghasilkan radiasi sinar dengan kekuatan 3.000-5.000 Å

#### 4. Reaksi aseton dengan *bleaching powder*

Reaksi *bleaching powder* (  $\text{CaOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ) dengan aseton, asetaldehid, atau etil alkohol menghasilkan *crude chloroform*, dimana hasil reaksi dimurnikan dengan penambahan zat kimia dan distilasi. Aseton bereaksi dengan perbandingan 0,1 lb aseton : 1 lb *bleaching powder* dan temperatur dijaga dibawah 110°F dengan koil pendingin.

Keuntungan :

- a. Proses reaksinya sederhana dengan temperatur operasi relatif rendah
- $$2 \text{CH}_3\text{COCH}_3 + 6 \text{CaOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CHCl}_3 + \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 2 \text{Ca}(\text{OH})_2 + 3 \text{CaCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$$
- b. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *batch* berpengaduk sehingga biaya investasi dan perawatan lebih murah
  - c. *Yield* yang dihasilkan cukup tinggi
  - d. Pemurnian produk menggunakan distilasi sehingga mudah pengoperasiannya

Kerugian : menghasilkan limbah yang cukup banyak





### 1.4.2. Kegunaan produk

Penggunaan kloroform antara lain untuk :

1. Bahan baku pembuatan *polytetrafluoroethylene*
2. Zat pengekstrak penisilin dalam industri farmasi
3. Bahan baku fungisida dan vermisida
4. Obat bius hewan dalam bidang kedokteran

### 1.4.3. Sifat fisik dan kimia

Bahan baku

1. Aseton

#### Sifat-sifat fisik

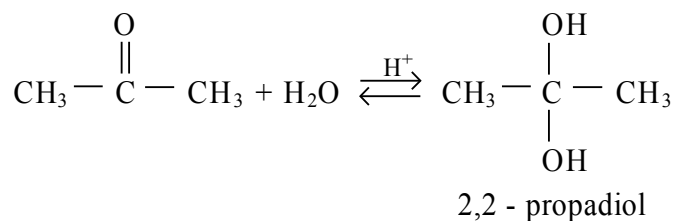
Rumus molekul	: $\text{CH}_3\text{COCH}_3$
Berat molekul (kg/kmol)	: 58,080
Densitas ( $\text{kg/m}^3$ , $25^\circ\text{C}$ )	: 785,601
Viskositas (cP, $20^\circ\text{C}$ )	: 0,32
Titik leleh ( $^\circ\text{C}$ )	: -94,6
Titik didih ( $^\circ\text{C}$ )	: 56,29
Temperatur kritis ( $^\circ\text{C}$ )	: 235,05
Tekanan kritis (kPa)	: 4.701
Volume kritis ( $\text{m}^3/\text{kmol}$ )	: 0,209
Tegangan permukaan (N/m, $25^\circ\text{C}$ )	: 0,0230
Kapasitas panas (kJ/kmol.K, $25^\circ\text{C}$ )	: 126,281
Panas penguapan (kJ/mol)	: 29,1
Entalpi penguapan (kJ/mol)	: 30,836
Energi Gibbs (kkal/mol)	: -36,47
Entalpi pembentukan (kkal/mol)	: -59,33 (cair)
Kelarutan (dalam air)	: larut dalam berbagai rasio



### Sifat-sifat kimia

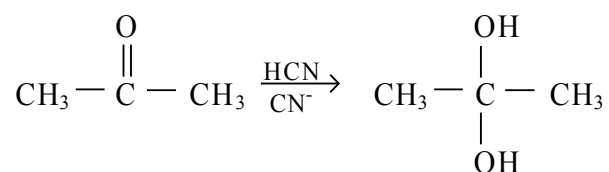
- a. Dengan air akan membentuk suatu 1,1-diol yang disebut gem-diol atau hidrat. Reaksi ini bolak-balik dan biasanya kesetimbangan terletak pada sisi karbonil.

Reaksi :



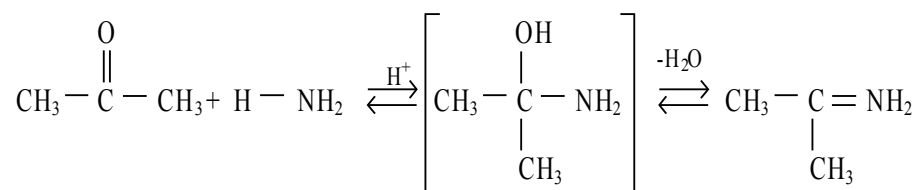
- b. Dengan hidrogen sianida dalam kondisi sedikit basa (aseton hidrat) akan membentuk sianohidrin aseton.

Reaksi :



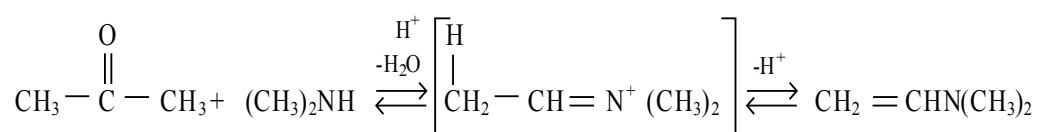
- c. Dengan amonia dan amina primer akan membentuk imina, suatu senyawa yang mengandung gugusan C = N. Reaksi ini dapat berjalan dengan baik pada keadaan asam, dimana pH optimum 3-4.

Reaksi :



- d. Dengan amina sekunder (R<sub>2</sub>NH akan menghasilkan ion iminium yang bereaksi lebih lanjut menjadi enamina (vinilamina).

Reaksi :





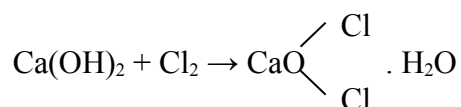
## 2. Bleaching powder

### Sifat-sifat fisik

Rumus molekul	: CaOCl <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O
Berat molekul (kg/kmol)	: 145
Densitas (kg/m <sup>3</sup> , 32°C)	: 3.350
Entalpi pembentukan (kkal/mol)	: -263,63
Kelarutan (dalam 100 bagian air, 25°C)	: 27,8 bagian

### Sifat-sifat kimia

- a. *Bleaching powder* adalah produk hasil interaksi antara gas klorin dengan kalsium hidroksida



## 3. Asam sulfat

### Sifat-sifat fisis

Rumus molekul	: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Berat molekul (kg/kmol)	: 98,08
Densitas (kg/m <sup>3</sup> , 25°C)	: 1.833,09
Viskositas (cP, 25°C)	: 23,6848
Titih leleh (°C)	: 10,46
Titih didih (°C)	: 337
Temperatur kritis (°C)	: 652
Tekanan kritis (atm)	: 63,16
Volume kritis (m <sup>3</sup> /kmol)	: 0,177
Tegangan permukaan (N/m, 25°C)	: 0,0524
Kapasitas panas (kJ/kmol°C, 25°C)	: 139,092
Panas penguapan (kJ/mol, 337°C)	: 50,115
Energi Gibbs (kkal/mol)	: -155,966
Entalpi pembentukan (kkal/mol)	: -193,69
Kelarutan (dalam air)	: larut dalam berbagai rasio



### Sifat-sifat kimia

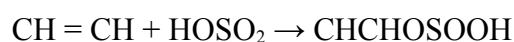
- a. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat banyak digunakan sebagai *sulfoning agent* pada reaksi organik, karena dapat menggantikan hidrogen.

Reaksi :



- b. Sulfatasi, reaksi pembentukan gugus -OSO<sub>2</sub>OH pada karbin.

Reaksi :



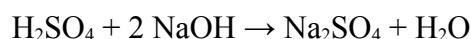
- c. Sulfamatasi, reaksi penggabungan -SOOH dengan nitrogen.

Reaksi :



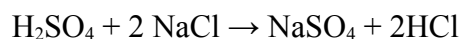
- d. Dengan basa membentuk garam dan air.

Reaksi :



- e. Dengan garam membentuk garam dan asam lainnya.

Reaksi :



- f. Dengan alkohol membentuk eter dan air.

Reaksi :



### 4. Kalsium oksida

#### Sifat-sifat fisis

Rumus molekul : CaO

Berat molekul (kg/kmol) : 56,075

Densitas (kg/m<sup>3</sup>, 32°C) : 3.297,33

Titik leleh (°C) : 2.927

Titik didih (°C) : 3.397

Kapasitas panas (kJ/kmol.K, 25°C) : 49,2261

Energi Gibbs (kkal/mol) : -144,263

Entalpi pembentukan (kkal/mol) : -151,7

Kelarutan (dalam 100 bagian air, 25°C) : 0,12 bagian



### Sifat-sifat kimia

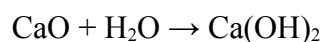
- a. Dibentuk dari reaksi kalsinasi kalsium karbonat, dimana reaksi ini bolak-balik.

Reaksi :



- b. Reaksi hidrasi CaO menghasilkan kalsium hidroksida.

Reaksi :



### Produk

#### 1. Kloroform

##### Sifat-sifat fisis

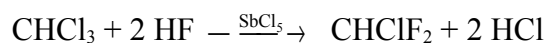
Rumus molekul	: $\text{CHCl}_3$
Berat molekul (kg/kmol)	: 119,38
Densitas ( $\text{kg/m}^3$ , $32^\circ\text{C}$ )	: 1.489
Viskositas (cP, $20^\circ\text{C}$ )	: 0,57
Titik leleh ( $^\circ\text{C}$ )	: -63,5
Titik didih ( $^\circ\text{C}$ )	: 61,2
Temperatur kritis ( $^\circ\text{C}$ )	: 263
Tekanan kritis (atm)	: 53,8
Volume kritis ( $\text{m}^3/\text{kmol}$ )	: 0,239
Tegangan permukaan (N/m, $25^\circ\text{C}$ )	: 0,0267
Kapasitas panas ( $\text{kJ/kmol.K}$ , $25^\circ\text{C}$ )	: 113,666
Panas penguapan ( $\text{kJ/mol}$ , $61,2^\circ\text{C}$ )	: 29,5
Energi Gibbs (kkal/mol)	: -18,663
Entalpi pembentukan (kkal/mol)	: -32,12
Kelarutan (dalam 100 bagian air, $25^\circ\text{C}$ )	: 0,8 bagian



### Sifat-sifat kimia

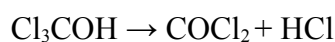
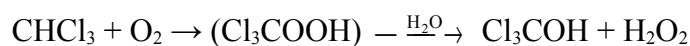
- a. Reaksi kloroform dengan hidrogen florida akan membentuk *fluorocarbons* dengan menggunakan katalis antimoni pentaklorida.

Reaksi :



- b. Kloroform mengalami dekomposisi perlahan-lahan bila kontak dengan sinar matahari dalam waktu yang lama menjadi fosgen, hidrogen klorida, klorin, karbondioksida, dan air.

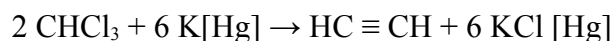
Reaksi :



- c. Pada temperatur 225-275°C, reaksi brominasi pada uap kloroform akan menghasilkan *bromochloromethanes* :  $\text{CCl}_3\text{Br}$ ,  $\text{CCl}_2\text{Br}_2$ , dan  $\text{CClBr}_3$ .

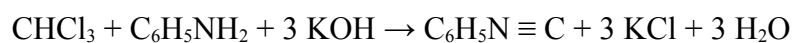
- d. Bila kontak dengan *potassium amalgam* atau *red-hot copper*, kloroform bereaksi menghasilkan asetilen.

Reaksi :



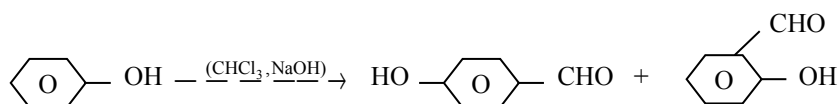
- e. Reaksi kloroform dengan amina dalam larutan alkali alkohol akan membentuk isonitril.

Reaksi :



- f. Reaksi kloroform dengan fenol dalam larutan alkali akan menghasilkan *p-hydroxybenzaldehyde* dan *salicylaldehyde*.

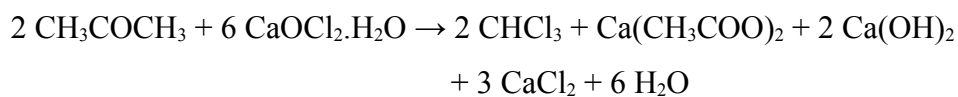
Reaksi :





#### 1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Proses pembuatan kloroform pada intinya adalah mereaksikan aseton dengan *bleaching powder* dengan reaksi sebagai berikut :



$$\Delta H = -723,7354 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi diatas adalah eksotermis. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *batch* berpengaduk dilengkapi dengan koil pendingin dan pemanas. Produk yang dihasilkan dimurnikan dengan distilasi dan penambahan asam sulfat.