

TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK ETILEN DIKLORIDA DENGAN PROSES KLOMINASI LANGSUNG FASE GAS KAPASITAS 115.000 TON/TAHUN



**Disusun oleh :
Edy Susanta
D 500 040 013**

Dosen pembimbing :

1. Ir. H. Haryanto, A.R.,M.S.
2. Tri Widayatno, ST, MSc

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2009**



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Memasuki era perdagangan bebas, negara Indonesia perlu mengembangkan lagi sektor-sektor yang menunjang untuk perkembangan ekonomi. Salah satu diantaranya adalah pembangunan di sektor industri termasuk pembangunan di sub sektor industri kimia. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan berbagai bahan penunjang untuk proses-proses dalam industri, maka perlu adanya pendirian pabrik-pabrik baru yang tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun berorientasi ekspor. Salah satunya adalah pabrik Etilen diklorida (EDC).

Etilen diklorida atau 1,2-*dichloroethane* dengan rumus molekul $C_2H_4Cl_2$ merupakan senyawa yang sangat beracun dengan kenampakan berupa cairan seperti minyak dan tidak berwarna, yang mempunyai bau enak. Etilen diklorida sedikit larut dalam air tetapi larut dalam pelarut polar seperti ethanol dan benzene. Pada tekanan 1 atm Etilen diklorida mempunyai titik didih $83,7^{\circ}C$ dan titik beku $-35,5^{\circ}C$.

(Kirk & Othmer, vol.6,1993)

Pada awalnya Etilen diklorida merupakan produk samping dalam sintesa Etilen oksida dan Etil klorida. Kemudian setelah Perang Dunia II pabrik khusus Etilen diklorida mulai dikembangkan sejak tahun 1970. Etilen diklorida mulai menjadi salah satu produk petroleum yang pertumbuhannya terus meningkat seiring makin besarnya jumlah Etilen diklorida yang dibutuhkan dalam industri plastik terutama Vinil Klorida Monomer (VCM) dan Poli Vinil Klorida (PVC) yaitu sekitar 84%, dan sisanya digunakan sebagai pelarut dalam industri *anti-knocking agent*.

(Kirk & Othmer, vol.6, 1993)



Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa ekspor Etilen diklorida tiap tahun mengalami peningkatan. Ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkembangan Ekspor EDC di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
1999	8.758,28
2000	90.000
2001	591.000
2002	77.737
2003	82.920
2004	85.300
2005	89.260
2006	102.970,66

Sumber : Badan Pusat Statistik

Melihat dari data-data ekspor di atas yang menunjukkan kenaikan dari tahun ke tahun dan dengan mempertimbangkan adanya bahan baku yang cukup tersedia di Indonesia maka dimungkinkan untuk didirikan pabrik Etilen diklorida di Indonesia. Pertimbangan lain yang mendukung kelayakan pendirian pabrik Etilen diklorida adalah menciptakan lapangan kerja baru serta diharapkan dapat memacu berdirinya pabrik-pabrik lain yang menggunakan Etilen diklorida, sehingga tercipta diversifikasi produk yang mempunyai nilai ekonomis lebih tinggi yang berarti akan menunjang peningkatan pendapatan negara.

1.2. Kapasitas Perancangan

Dalam penentuan kapasitas perancangan pabrik didasarkan pada :

1.2.1. Prediksi Kebutuhan Etilen Diklorida di Indonesia

Kebutuhan ekspor Etilen diklorida mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan data dari BPS menunjukkan bahwa ekspor mengalami peningkatan per tahun dapat dilihat pada Tabel.1



Maka kapasitas produksi EDC dirancang 115.000 ton per tahun. Kapasitas yang direncanakan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan selebihnya diekspor.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Etilen diklorida yang berupa Etilen (C_2H_4) dan Klorin (Cl_2) dapat diperoleh dari dalam negeri sehingga bebas dari ketergantungan terhadap negara lain. Bahan baku Etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri, Merak, Banten . Sedangkan bahan baku Klorin diperoleh dari PT. Industri soda Indonesia di Sidoarjo Jawa Timur. Dengan demikian ketersediaan bahan baku tidak menjadi masalah karena cukup tersedia dan mudah diperoleh.

1.2.3. Kapasitas Ekonomi Minimal

Selama ini pabrik Etilen diklorida di dunia rata-rata mempunyai kapasitas antara 3000 ton sampai 816.800 ton per tahun.

(Keyes, 1961)

Berdasarkan ketiga pertimbangan di atas maka dipilih kapasitas perancangan pabrik Etilen diklorida sebesar 115.000 ton per tahun. Dengan kapasitas sebesar ini diharapkan :

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor sehingga menambah devisa negara.
2. Dapat membuka kesempatan berdirinya industri lain dengan bahan baku Etilen diklorida.
3. Dapat memberikan keuntungan karena secara komersial kapasitas rancangan masih dalam range kapasitas pabrik Etilen diklorida yang sudah ada.



Beberapa produsen Etilen diklorida di dunia dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa Produsen Etilen Diklorida di Dunia

No.	Produsen dan Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1.	Vulca, Geimar, Louisiana	158.725
2.	Stauffer, Long Beach, California	154.190
3.	Shell, Noico, Louisiana	544.200
4.	Shell, Deer Pitch, Texas	634.900
5.	PPG, Lake Cocks, Louisiana	202.925
6.	ICI, Boton Rouge, Louisiana	233.533
7.	Good Rich, Calvert City, Kentucky	453.500
8.	Goersi-Pacific, Plaquemine, Louisiana	725.600
9.	Ethyl, Houston, Texas	113.375
10.	Ethyl, Boton Rouge, Louisiana	31.450
11.	Dow, Plaquemine, Louisiana	816.300
12.	Hanwa Chem Corp, Yeu-Chun, Korea Selatan	150.000
13.	ICI Australia Ltd, Botany, Australia	3000
14.	Vinythai Public Co. Ltd, Map Ta Phut, Thailand	112.000
15.	Petron Petrochemical Ltd, Sandila, India	60.000
16.	Saudi Petrocheml Co (SADAF), Al Jubail, Saudi Arabia	280.000
17.	Europian Vynils Corp, Wilhelmsharen, Jerman	5500 60.000
18.	PT. Satomo Indovyl Monomer, Merak-Banten, Indonesia	

Sumber : Mc. Ketta, 1978, Hidrocarbon Processing, Juni 1994, Feb 1995, CIC, No. 356, 16 Des 2002



1.3. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik pada umumnya sebagai berikut :

1. Pertimbangan bahan baku
2. Pertimbangan utilitas
3. Pertimbangan transportasi
4. Pertimbangan tenaga kerja
5. Faktor-faktor lain

Lokasi pabrik etilen diklorida direncanakan didirikan di Cilacap Jawa Tengah. Pemilihan lokasi pabrik ini didasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku C_2H_4 diperoleh dari PT. Candra Asri, Merak Jawa Barat sedangkan Cl_2 diperoleh dari PT. Industri Soda Indonesia di Sidoarjo, Jawa Timur. Dengan demikian ketersediaan bahan baku tidak menjadi masalah karena cukup tersedia dan mudah diperoleh.

2. Utilitas

Untuk kebutuhan air dapat diperoleh di sekitar pabrik, yaitu dari sungai Serayu. Sedangkan kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan generator. Kebutuhan bahan bakar dibeli dari kilang minyak di Cilacap Jawa Tengah.

3. Fasilitas Transportasi

Daerah Cilacap merupakan daerah industri yang letaknya cukup strategis berada pada jalur selatan sehingga fasilitas transportasi yang tersedia di daerah ini sudah memadai. Transportasi darat, laut dan udara yang tersedia sangat membantu kegiatan industri baik untuk penyediaan bahan baku maupun untuk pemasaran produknya.



4. Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja di Cilacap tidak sulit, karena telah tersedia sarana pendidikan dari jenjang rendah sampai yang tertinggi, oleh karena itu sumber daya manusia terdidik dan terlatih sudah cukup tersedia. Dengan pemilihan lokasi di sekitar kota Cilacap berarti akan membuka lapangan kerja bagi masyarakat sekitar dan meningkatkan perekonomian daerah.

5. Faktor-faktor lain

Propinsi Jawa Tengah merupakan salah satu kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga faktor-faktor lain seperti lingkungan, sosial dan perluasan area industri telah dipersiapkan dengan baik. Keadaan sosial masyarakat di daerah ini sudah terbiasa dengan lingkungan industri. Oleh karena itu, pendirian suatu pabrik tidak menjadi masalah dan masyarakat tidak begitu kesulitan dalam beradaptasi.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Proses Pembuatan Etilen diklorida

Dalam pembuatan Etilen diklorida ini ada beberapa macam proses yang digunakan antara lain :

1. Proses Klorinasi Langsung (*Direct Chlorination*).

Pada proses klorinasi langsung Etilen direaksikan dengan Klorin, reaksi ini berlangsung secara adisi dan eksotermis dengan persamaan reaksi :



Produk Etilen diklorida mempunyai kemurnian lebih dari 99,64%. Proses klorinasi langsung dapat dilakukan pada fase gas maupun cair. (Kirk & Othmer, vol.24, 1996)

a. Reaksi Fase Gas

Etilen dan klorin direaksikan dalam reaktor *multitube* pada fase gas dengan menggunakan katalis padat FeCl_3 . Suhu umpan



masuk reaktor sebesar 15°C dan suhu uap keluar di atas 135°C . Reaksi berlangsung pada temperatur di atas 85°C dan biasanya dilakukan pada tekanan atmosferis. Perbandingan etilen dan klorin adalah *equimolar* dengan *yield* sebesar 90-95%.

(Groggin, 1958).

Setelah keluar dari reaktor, produk dalam fase gas ini kemudian diembunkan. Kemudian komponen cair yang berupa produk EStilen diklorida dimurnikan untuk memperoleh hasil dengan kemurnian tertentu. Proses ini tidak membutuhkan penambahan katalis yang terus menerus karena posisi katalis tetap.

(Keyes & Faith, 1961)

b. Reaksi Fase Cair

Reaksi pada fase cair adalah proses yang mula-mula dikembangkan secara komersial. Reaksi ini berlangsung dalam reaktor gelembung dengan katalis FeCl_3 untuk membentuk Etilen diklorida. Proses berlangsung pada suhu $50-65^{\circ}\text{C}$ dengan *yield* 90-95%. Produk gas hasil atas reaktor diembunkan dalam dua tahap kemudian dipisahkan dalam separator. Produk Etilen diklorida cair hasil separator bersama dengan hasil bawah reaktor dicuci dengan NaOH dalam tangki pencuci. Selanjutnya Etilen diklorida dipisahkan dari fraksi beratnya dalam menara distilasi. Proses ini membutuhkan penambahan katalis secara terus menerus.

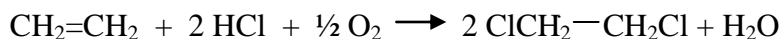
(Kirk & Othmer, vol.24,1996)

2. Proses Oksiklorinasi (*Oxychlorination*)

Proses oksiklorinasi dari Etilen menjadi proses alternatif dalam pembuatan Etilen diklorida. Proses ini biasanya digunakan dalam pabrik Vinil Klorida terpadu dengan *recovery* HCl dari hasil *cracking* EDC menjadi Vinil Klorida. Proses ini berlangsung pada reaktor *fluidized-bed* atau *fixed-bed* dengan menggunakan katalis Kupri klorida (CuCl_2). Jika menggunakan reaktor *fluidized-bed* operasi berlangsung pada temperatur $220-245^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 150-500 kPa. Sedangkan untuk reaktor *fixed-bed*



operasi berlangsung pada temperatur 230-300°C dan tekanan 150-1400 kPa. Pada proses ini bahan baku C₂H₄, HCl dan O₂ direaksikan bersama untuk membentuk EDC menurut reaksi sebagai berikut :



Reaksi yang terjadi sangat eksotermis dengan $\Delta H = -239 \text{ kJ/mol}$.

(Kirk & Othmer, vol.24,1996)

1.4.2. Kegunaan Produk

Produk etilen diklorida telah banyak digunakan dalam industri, antara lain :

1. Sebagai bahan *intermediate* pada pembuatan vinil klorida monomer
2. Sebagai pelarut pada industri tekstil, karet, tinta dan cat
3. Sebagai *anti-knocking agent*
4. Digunakan dalam pengolahan lemak binatang
5. Sebagai pelarut untuk mengekstraksi minyak dari biji-bijian, vitamin dari minyak ikan dan nikotin dari tembakau

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku

1. Etilen (C₂H₄)

Etilen merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh dengan rumus kimia CH₂ = CH₂. Dengan adanya ikatan rangkap ini, molekul etilen menjadi aktif, dapat mengalami adisi, polimerisasi maupun oksidasi untuk berubah menjadi senyawa lain dan turunannya. Pada umumnya etilen digunakan sebagai bahan polimer, fiber, resin, anti *freeze* dan surfaktan. Etilen dalam temperatur kamar berbentuk gas, tidak berwarna, berbau harum, larut dalam etil alkohol, eter, aseton dan benzen.

- a. Sifat Fisis Etilen

Rumus molekul : CH₂CH₂

Berat molekul : 28,0536 kg/kgmol



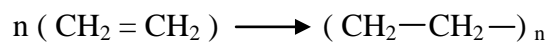
Titik didih (1 atm)	: -103,71°C
Titik beku (1 atm)	: -169,15°C
Wujud (25 °C, 1 atm)	: gas
Densitas gas	: 7,635 mol/L
Densitas cairan	: 20,27 mol/L
Tekanan kritis	: 5040,8 kPa
Suhu kritis	: 9,194°C
Viskositas cairan	: 0,1611 cP
Panas laten penguapan	: 13,548 kJ/g
Panas laten peleburan:	3,353 kJ/g
Ambang batas mudah terbakar (1 atm, 25 °C)	
- Batas terendah di udara	: 2,7% mol
- Batas tertinggi di udara	: 36% mol

b. Sifat Kimia

• Polimerisasi

Etilen dapat dipolimerisasi dengan cara memutuskan ikatan rangkapnya dan bergabung dengan molekul etilen yang lain membentuk molekul yang lebih besar (polimer) pada tekanan dan temperatur tertentu dan dapat pula menggunakan katalis. Molekul yang terbentuk terdiri dari 1000 sampai 6 juta atau lebih molekul etilen. Untuk memproduksi polyetilen digunakan etilen dengan tingkat kemurnian tinggi.

Reaksi :

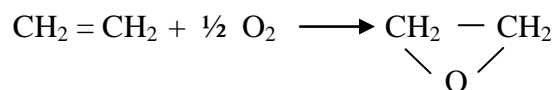


• Oksidasi

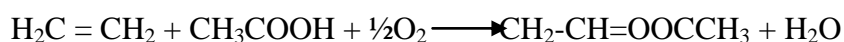
Etilen dapat dioksidasi menghasilkan senyawa-senyawa etilen oksida atau etilen glikol yang banyak digunakan sebagai anti *freeze*. Etilen fase uap dioksidasi dengan udara atau oksigen dengan katalisator perak oksida pada suhu 200-300°C dan tekanan 1-3 MPa.



Reaksi yang terjadi :



Etilen dapat juga dioksidasi menghasilkan vinil asetat dengan katalis palladium, alumina atau alumina silica pada temperatur 175-200°C dan tekanan 0,4-1 MPa, dengan reaksi :

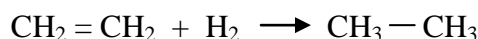


- Hidrohalogenasi

Etil klorida terbentuk dari reaksi antara etilen dengan HCl menggunakan katalis AlCl_3 atau FeCl_3 pada tekanan 300-500 kPa dengan temperatur 30-90°C untuk fase cair dan 130-250°C untuk fase gas.

- Hidrogenasi

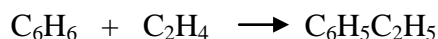
Etilen dapat dihidrogenasi secara langsung dengan katalis nikel pada temperatur 300°C. Reaksi yang terjadi :



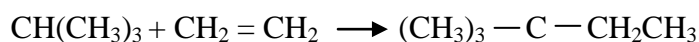
Atau dapat dihidrogenasi secara langsung dengan menggunakan katalis platina atau palladium pada suhu kamar.

- Alkilasi

Etilen dapat juga dialkilasi dengan menggunakan katalis tertentu. Contoh alkilasi Friedel-Craft, mereaksikan etilen dengan benzen untuk menghasilkan produk etil benzen dengan katalis AlCl_3 pada temperatur 400°C. Reaksi yang terjadi :

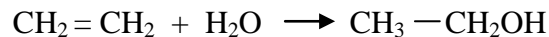


Etilen dapat juga dialkilasi dengan hidrokarbon parafin, misalnya isobutana menghasilkan 2,2 dimetil butana.



- Hidrasi

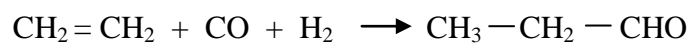
Etilen dapat direaksikan membentuk etanol dengan hidrasi katalitik langsung menggunakan katalis $\text{H}_3\text{PO}_4\text{-SiO}_2$ pada temperatur 300 °C dan tekanan 7 MPa. Reaksinya adalah:



Dalam proses yang lain, etilen diserap dengan 90-98% asam sulfat membentuk etil sulfat pada temperatur 50-85°C dan tekanan 1-1,4 MPa.

- Reaksi oxo (hidroformilasi)

Etilen bereaksi dengan gas sintesa ($\text{CO} + \text{H}_2$) menggunakan katalis *cobalt* membentuk propionaldehid pada temperature 60-200°C dan tekanan 4-35 MPa. Biasanya reaksi terjadi dalam medium cair dimana gas dilarutkan. Reaksinya adalah



(Kirk & Othmer, vol. 9, 1994)

2. Klorin (Cl_2)

Klorin adalah senyawa halogen, dalam temperatur kamar dan tekanan 1 atm berbentuk gas, berwarna kuning kehijauan, berbau menusuk dan mempunyai efek mencekik bila terhirup dalam saluran pernafasan, iritasi terhadap hidung dan tenggorokan. Klorin tidak mudah terbakar namun membantu pembakaran. Klorin digunakan dalam industri kimia sejak tahun 1950 untuk pembuatan berbagai macam produk seperti : insektisida, silikon dan sebagainya.

a. Sifat Fisis Klorin

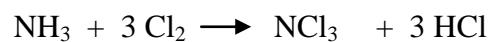
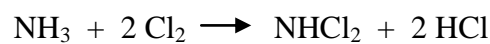
Rumus molekul	: Cl_2
Berat molekul	: 70,91 kg/kgmol
Titik didih (1 atm)	: -34,05°C
Titik beku (1 atm)	: -100,98°C
Wujud (25 °C, 1 atm)	: gas
Densitas gas	: 2,48 kg/m ³
Densitas cairan	: 3,213 kg/m ³
Tekanan kritis	: 7,7108 MPa
Volume kritis	: 0,001745 m ³ / kg
Suhu kritis	: 417,15 K



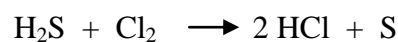
Viskositas cairan	: 0,34 cP
Viskositas gas	: 0,014 cP
Panas laten penguapan	: 287,4 J/g

b. Sifat Kimia

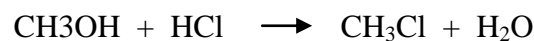
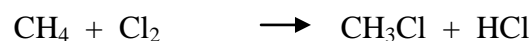
- Klorin tidak bereaksi langsung dengan oksigen atau nitrogen. Pada kondisi tertentu dapat bereaksi dengan amonia cair membentuk monokloroamin, dikloroamin atau nitrogen triklorida, menurut reaksi sebagai berikut :



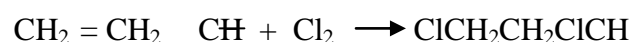
- Klorin mempunyai afinitas yang besar terhadap hidrogen. Contoh : klorin bereaksi dengan hidrogen sulfid membentuk hidrogen klorida, menurut reaksi sebagai berikut:



- Klorin digunakan sebagai *chlorinating agent* untuk beberapa senyawa organik. Klorin bereaksi dengan beberapa hidrokarbon, memanfaatkan kembali satu atau lebih atom hidrogen dan membentuk hidrogen klorida sebagai produk samping. Contoh : metana dapat diklorinasi membentuk metil klorida, meskipun pada umumnya cara yang digunakan adalah hidroklorinasi dari metanol menggunakan hidrogen klorida. Reaksi yang terjadi :



- Klorin bereaksi dengan hidrokarbon tak jenuh membentuk klorinasi hidrokarbon. Reaksi yang terjadi :



(Kirk & Othmer, vol. 1,1992)



1.4.3.2. Sifat Fisis dan Kimia Produk

Etilen diklorida ($C_2H_4Cl_2$)

Etilen diklorida pada temperatur ruang dan tekanan 1 atm berupa cairan yang tidak berwarna, berbau enak, sedikit larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik (alkohol, eter, benzen). Etilen diklorida tidak mudah teroksidasi, tidak korosif terhadap logam, mudah menguap, menstabilkan proses hidrolisa pada kondisi normal, tidak mudah terbakar namun mempercepat pembakaran.

a. Sifat Fisis

Rumus molekul	: $C_2H_4Cl_2$
Berat molekul	: 98,96 kg/ kgmol
Titik didih (1 atm)	: 83,7°C
Titik beku (1 atm)	: -35,3°C
Wujud (25 °C, 1 atm)	: cair
Densitas	: 1,2529 g/ cm ³
Tekanan kritis	: 53,7 atm
Volume kritis	: 181 cm ³ / mol
Suhu kritis	: 290°C
Viskositas pada 20 °C	: 0,84 cP
Panas laten penguapan	: 77,3 kkal/ g
Konduktivitas panas	: 0,143 Btu/ J. ft ² . °F
Kelarutan dalam air	: 0,869 per 100 gram air

(Kirk & Othmer, vol.6, 1993)

b. Sifat kimia

- Dehidroklorinasi/ pirolisis membentuk vinil klorida

Pirolisis etilen diklorida pada range temperatur 340-515°C membentuk vinil klorida dan hidrogen klorida. Reaksi yang terjadi

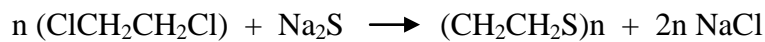
$$ClCH_2CH_2Cl \longrightarrow CH_2CHCl + HCl$$

- Klorinasi termal

Membentuk perkloro etilen dan karbon tetraklorida pada temperatur 600°C, menurut reaksi sebagai berikut :



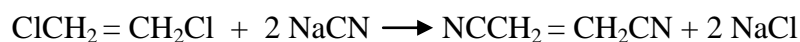
- Reaksi dengan sodium polisulfida membentuk polisulfida polimer menurut reaksi sebagai berikut :



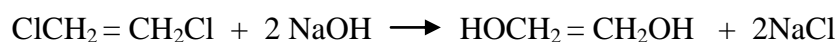
- Reaksi dengan amonia untuk membentuk etilen diamin dan poliamin menurut reaksi sebagai berikut :



- Reaksi dengan garam dari asam organik untuk membentuk ester
- Reaksi dengan alkohol dan oksida logam untuk membentuk eter
- Reaksi dengan sodium sianida untuk membentuk suksionitril menurut reaksi sebagai berikut :



- Reaksi hidrolisis dalam larutan basa membentuk etilen glikol menurut reaksi sebagai berikut :



1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Pada proses pembuatan Etilen diklorida ini dipilih proses klorinasi langsung pada fase gas dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Prosesnya lebih sederhana dibandingkan dengan fase cair
2. Umur katalis lebih panjang dibandingkan fase cair
3. Suhu dan tekanan yang digunakan lebih rendah dibandingkan proses oksiklorinasi

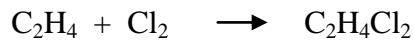
Etilen diklorida dapat dibuat dengan mereaksikan etilen dengan klorin pada fase gas. Dalam pembuatan etilen diklorida digunakan katalis feri klorida (FeCl_3) pada kondisi operasi 30 – 135°C dan pada tekanan atmosferis. Yang digunakan adalah reaktor *fixed bed multitube* yang beroperasi secara adiabatik dan non isothermal. Selanjutnya dilakukan



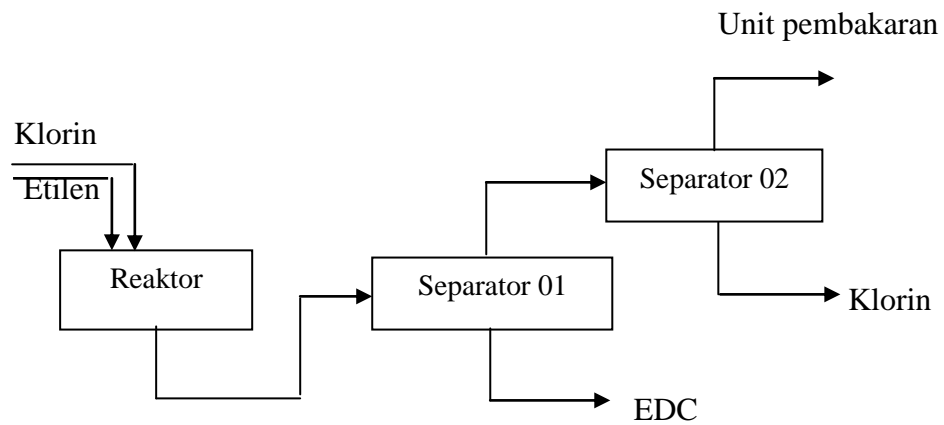
proses pengembunan dengan menggunakan kondensor dilanjutkan pemisahan dengan menggunakan separator.

(Keyes & Faith, 1961)

Reaksi yang terjadi :



Dasar diagram alir proses dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Blok Proses Klorinasi Langsung