

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.

Tujuan pembangunan di bidang industri adalah untuk meningkatkan produksi dalam negeri, menyeimbangkan struktur ekonomi Indonesia dan meningkatkan devisa negara serta memperluas kesempatan kerja. Pembangunan di sektor industri juga bertujuan untuk meningkatkan industri yang mengolah bahan baku menjadi barang jadi.

Pada era globalisasi ini banyak industri didirikan terutama industri kimia di Indonesia, sehubungan dengan makin banyak kebutuhan bahan kimia untuk dalam negeri dan juga untuk memenuhi permintaan luar negeri (ekspor). Industri kimia merupakan salah satu industri yang bernilai tinggi dan padat teknologi. Salah satu bahan kimia yang masih mendatangkan dari luar negeri (impor) dalam jumlah banyak dari tahun ke tahun adalah metilen klorida.

Metilen klorida atau Diklorometana mempunyai rumus molekul CH_2Cl_2 yang merupakan salah satu dari beberapa senyawa yang tergabung dalam kelompok klorometan. Metilen klorida banyak digunakan dalam industri kimia sebagai pembersih cat, aerosol, pelarut, *chlorinating agent* pada pembuatan polyester tipe *urethane*. Di samping itu metilen klorida sering dipakai dalam pembuatan zat warna, parfum, cat, dan lem. Oleh karena itu kegunaan yang luas tersebut maka berdirinya pabrik metilen klorida akan memacu industri-industri yang lain.

Sampai saat ini belum terdapat industri metilen klorida di Indonesia. Bahan kimia tersebut masih diimpor dari Amerika Serikat, Perancis, Jerman, Inggris, bahkan dari Singapura dan Taiwan seperti terlihat pada tabel 1. Padahal bahan baku klorin banyak diproses di dalam negeri dan terjadi kenaikan konsumsi metilen klorida dari tahun ke tahun dalam jumlah yang cukup berarti.

Tabel 1. Impor Metilen Klorida

Tahun	Ton / Tahun	Tahun	Ton / Tahun
1995	7.110	2000	5.808
1996	5.913	2001	6.020
1997	6.720	2002	5.820
1998	4.845	2003	5.694
1999	4.090		

Sumber : Biro Pusat Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, 1995-2003

Dengan adanya Tabel 1. di atas dapat dilihat adanya kenaikan impor metilen klorida yang dibutuhkan di Indonesia.

Didirikannya pabrik metilen klorida di Indonesia adalah layak dengan alasan sebagai berikut :

1. Tersedianya bahan baku di dalam negeri sehingga memudahkan dalam transportasi dan produksi metilen klorida.
2. Terpenuhinya kebutuhan dalam negeri yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor.
3. Kebutuhan luar negeri akan metilen klorida juga meningkat, sehubungan dengan hal tersebut maka dapat menjadi alternatif untuk memperoleh devisa bagi negara dengan adanya ekspor metilen klorida.
4. Banyaknya kegunaan metilen klorida akan mendorong berdirinya pabrik lain yang menggunakan bahan baku metilen klorida.
5. Membuka lapangan kerja baru dalam usaha ikut mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan di Indonesia.

1.2. Kapasitas Pabrik.

Penentuan kapasitas produksi pabrik Metilen Klorida ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain :

- a) Proyeksi kebutuhan metilen klorida di Indonesia pada tahun-tahun mendatang dan kemungkinan ekspor.

Prediksi konsumsi metilen klorida di Indonesia selalu mengalami kenaikan yang berarti, kenaikan rata-rata sebesar 14% per tahun. Hal ini

berhubungan erat dengan perkembangan sektor industri, penggunaan metilen klorida baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu. Kapasitas rancangan ditetapkan sebesar 40.000 ton per tahun, dengan pertimbangan sebagian untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sebagian sebagai komoditi ekspor karena konsumsi dunia masih cukup besar dan selalu mengalami kenaikan.

b) Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan adalah metil klorida, nitrogen sebagai zat inert dan klorin. Gas klorin banyak diproduksi oleh pabrik-pabrik di Indonesia antara lain oleh PT. Asahimas, untuk nitrogen diperoleh dari pabrik-pabrik pupuk di Indonesia antara lain PT. Kujang, untuk bahan baku metil klorida diperoleh dengan cara impor dari negara-negara tetangga antara lain yang terdekat adalah Jepang dan India.

c) Kapasitas minimal pabrik komersial yang pernah didirikan.

Kapasitas komersial pabrik metilen klorida yang pernah dari data-data tahun 1978 berkisar antara 13.600-90.700 ton / tahun. Seperti terlihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Produsen Metilen Klorida dan Kapasitasnya.

Produsen	Kapasitas ($.10^3$ ton / tahun)
Allied Chemical, Moundsville, W.Va	22,7
Diamond Shamrock, Belle, W.Va	45,4
Dow Chemical, Freeport, Tex	90,7
Plaquemine, La	81,6
Stauffer Chemical, Louisville, Ky	27,2
Vulcan Material, La	36,6
Wichita, Kans	13,6
Total	317,5

Sumber : Kirk-Othmer volume 5, page 689

Kapasitas ideal pendirian pabrik metilen klorida yang sudah ada diluar negeri pada umumnya sekitar 50.000 ton / tahun (CIC No. 176 16 Juni 1995). Kebutuhan metilen klorida di Indonesia diperkirakan akan terus

meningkat seiring dengan membaiknya perekonomian nasional. Proyeksi peningkatan kebutuhan metilen klorida sebesar 15-20 % pertahun. Dari data-data diatas ditetapkan kapasitas rancangan sebesar 40.000 ton / tahun, yang akan didirikan pada tahun 2010.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi geografis dari suatu pabrik akan berpengaruh pada kegiatan pabrik baik proses produksi maupun distribusi produk yang semuanya itu akan berpengaruh pada perkembangan dan kelangsungan hidup dari pabrik. Banyak faktor yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam menentukan lokasi suatu pabrik. Lokasi pabrik pada umumnya ditetapkan atas dasar orientasi bahan baku dan orientasi pasar, karena hal ini bersifat ekonomis.

Lokasi suatu pabrik dikatakan ekonomis bila memenuhi beberapa persyaratan, yaitu:

1. Penyediaan bahan baku yang mudah
2. Dekat dengan lokasi pasar
3. Transportasi mudah dan lancar
4. Utilitas cukup tersedia
5. Tenaga kerja mudah diperoleh
6. Keadaan lingkungan masyarakat yang mudah beradaptasi

Dalam pra rancangan pabrik ini, dipilih lokasi untuk didirikan pabrik metilen klorida adalah kawasan industri Merak, Jawa Barat. Penetapan ini didasarkan pada beberapa faktor yaitu:

1. Bahan baku

Bahan baku metil klorida diperoleh dengan cara impor dari Jepang. Kawasan industri Merak mempunyai pelabuhan dengan kapasitas bongkar muat peti kemas sehingga suplai bahan baku metal klorida dapat terjaga kontinuitasnya. Sedangkan nitrogen dengan mudah dapat diperoleh dari PT. Kujang. di Karawang. Sedangkan bahan baku klorin dapat disuplai dari produsen-produsen klorin yang ada di Serang dan Cilegon seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Produsen Klorin di Indonesia

Nama Perusahaan	Kapasitas (ton / tahun)
PT. Industri Soda Indonesia, Waru	4.500
PT. Kertas Basuki Rahmat, Banyuwangi	2.390
PT. Trisana Chlor Alkali, Probolinggo	14.000
PT. Dong Jiu Indonesia, Serang	6.000
PT. Asahimas Subentra Chemical, Cilegon	20.000
PT. Indochlor Prakasa Industri, Serang	100.000

2. Pemasaran produk

Metilen klorida digunakan oleh bermacam-macam industri kimia dalam jumlah yang beragam. Sektor industri terbesar pengonsumsi bahan kimia ini adalah industri poly urethane yang jumlahnya cukup banyak.

Daerah pemasaran produk metilen klorida terutama adalah Jakarta, Tangerang, Cibinong, Bogor, Bandung disamping daerah-daerah lain di Indonesia seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Produsen Poly Urethane

Nama Perusahaan	Kapasitas (ton / tahun)
PT. Possitive Foam Industri, Surabaya	600
PT. Surataman Poly Urethane Foam Factory, Surabaya	16.750
PT. Daya Windu Agung, Jakarta	450
PT. Industri Urethane, Jakarta	500
PT. Sehati Foam, Jakarta	90
PT. Vitafoam Indonesia, Tangerang	1.200
PT. Flexible Foam, Cibinong	350
PT. Super Poly Industri, Bogor	1.200
PT. Erlangga Poly Urethane, Bandung	400

Sumber : CIC, 1994

3. Sarana transportasi

Sarana transportasi diperlukan untuk mengangkut bahan baku, pemasaran produk dan kepentingan teknis-ekonomis lainnya. Oleh karena itu fasilitas

jalan raya, rel kereta api, pelabuhan laut, dan bandar udara sangat diperlukan. Kawasan industri merak memenuhi syarat-syarat tersebut.

4. Utilitas

Merak merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia, sehingga penyediaan utilitas seperti air pendingin, air proses, steam, listrik dan bahan bakar tidak mengalami kesulitan.

5. Tenaga kerja

Secara umum tenaga kerja di Indonesia adalah mencukupi. Tenaga kerja baik yang berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga terampil tersedia cukup di daerah ini. Selain itu juga dipertimbangkan untuk membuka lapangan kerja baru untuk tujuan peningkatan dan pemerataan pendapatan serta kesejahteraan masyarakat Indonesia.

6. Kebijakan Pemerintah

Sesuai dengan kebijakan pengembangan industri, pemerintah telah menetapkan Merak sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor baru, dimana sudah tidak lagi ditemui masalah-masalah sosial seperti persoalan pembebasan tanah atau persoalan sosial lainnya yang biasanya sensitif dan cenderung beresiko tinggi.

7. Kemungkinan Perluasan.

Kawasan industri Merak masih mempunyai areal yang memadai terhadap perluasan usaha untuk tujuan peningkatan kapasitas terpasang bila ternyata menguntungkan dan terjadi peningkatan permintaan.

1.4. Tinjauan Pustaka

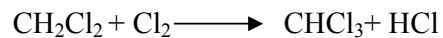
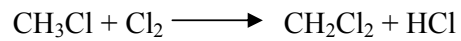
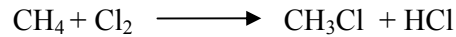
1.4.1. Pemilihan Proses

Proses pembuatan metilen klorida (CH_2Cl_2) ada beberapa metode, yaitu :

1. Klorinasi gas metana

Metana dapat diklorinasi secara thermal, fotokimia maupun katalitik. Pada proses klorinasi metana selain dihasilkan metilen klorida juga dihasilkan metil klorida, karbon tetra klorida dan kloroform.

Reaksi :



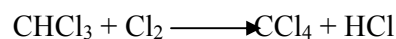
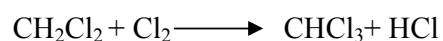
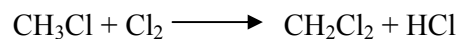
(Mc. Ketta, 1983)

Reaksi klorinasi ini adalah reaksi eksotermis sehingga suhu harus dikontrol secara hati-hati agar proses berjalan dengan baik. Kondisi operasi pada umumnya 300-350 °C, yang dihasilkan dari proses ini 85-90% berdasarkan umpan metana.

2. Klorinasi Metil Klorida

Metil klorida diklorinasi menggunakan Cl_2 akan menghasilkan metilen klorida, kloroform dan karbon tetra klorida.

Reaksi :



(Mc. Ketta, 1983)

1.4.2. Kegunaan produk

Metilen klorida dengan rumus CH_2Cl_2 banyak digunakan dalam industri kimia sebagai refrigerant, sebagai paint remover, propelan aerosol, solvent dan untuk klorin agent pada pembuatan polyesther tipe urethane. Metilen klorida juga sering dipakai dalam pembuatan zat warna, parfum, cat dan lem.

1.4.3. Sifat fisis bahan baku dan produk

1.4.3.1. Sifat fisis dan kimia bahan

1. Metil klorida

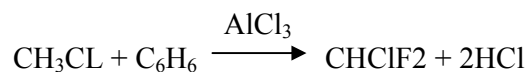
a. Sifat fisis

- Berat molekul : 50,488 g/mol
- Bentuk atmosferic : cair
- Vapour pressure (20°C) : 3.672 mmHg
- Spesifik gravity (20°C/4°C) : 0,920
- Viskositas (20°C) : 0,244 cp
- Tegangan muka (20°C) : 16,2 dyne/cm²
- Titik didih (1 atm) : -24,3°C
- Titik beku : -97,8°C
- Temperatur kritis : 143,15°C
- Tekanan kritis : 66,8 atm
- Kapasitas panas cair : 0,381 kal/g°C
- Kapasitas panas gas : 0,199 kal/g°C
- Panas penguapan : 102,5 kal/g

b. Sifat kimia

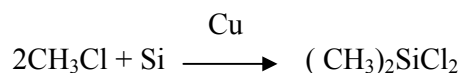
- Pembentukan *fluorocarbon*

Pembentukan *fluorocarbon* ini adalah dengan mereaksikan metal klorida dengan benzene C₆H₆



- Kloroform bereaksi dengan Al membentuk (CH₃)₃Al₂Cl₃.
- Reaksi pembentukan dimethyldichlorosilane

Metil klorida bereaksi dengan silicon akan membentuk dimethyldichlorosilane dengan reaksi:



2. Klorin

a. Sifat fisis

- Berat molekul : 70,91 g/mol

- Bentuk pada tekanan *atmospheric* : Gas
- Spesifik gravity (20⁰C) : 1,56
- Viskositas : 0,011 cp
- Titik lebur : -101,6⁰C
- Titik didih (1 atm) : -36⁰C
- Temperatur kritis : 144⁰C
- Tekanan kritis : 76,1 atm
- Kapasitas panas gas, kkal/kmol K
 $6,82 + 0,57 \cdot 10^{-2}T - 0,5107 \cdot 10^{-5}T^2 + 1,54 \cdot 10^{-9}T^3$

b. Sifat kimia

- Reaksi dengan H₂
Dalam suasana gelap akan bereaksi secara lambat antara Cl₂ dan H₂ membentuk HCl namun akan sangat mudah meledak bila temperatur mencapai 250⁰C
$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow 2\text{HCl}$$
- Reaksi dengan H₂O
Klorin akan larut dalam air dan membentuk kestabilan dengan HClO dengan reaksi sebagai berikut :
$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$$
- Reaksi dengan sulfur membentuk S₂Cl₂, SCl₄, reaksi dengan fosfat membentuk PCl₃, PCl₅ reaksi dengan I membentuk I^TCl, ICl₂.

3. Nitrogen

a. Sifat fisis

- Berat molekul : 28,01 g/mol
- Bentuk pada tekanan *atmospheric* : Gas
- Viskositas : $15,9 \times 10^{-3}$ cp
- Titik lebur : 63,15 K
- Titik didih (1 atm) : 77,35 K
- Temperatur kritis : 126,2 K
- Tekanan kritis : 3,4 MPa

- Kapasitas panas gas, J/(g.K) : 1,039
 - b. Sifat kimia
 - Reaksi dengan *acetylene* akan membentuk *hydrogen cyanide*.
 - Reaksi dengan oksigen dan klorin akan membentuk *nitrosyl chloride*.
- $$\text{N}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}$$

1.4.3.2. Sifat fisis dan kimia produk

1. Metilen klorida

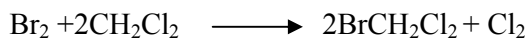
a. Sifat Fisis

- Berat molekul : 84,94 g/mol
- Bentuk pada tekanan *atmospheric* : cair
- Vapor pressure (20^oC) : 350 mmHg
- Viskositas (20^oC) : 0,425 cp
- Spesifik gravity (20^oC/4 ^oC) : 1,326
- Tegangan muka (20^oC) : 28,2 dyne/cm²
- Titik didih (1atm) : 55^oC
- Titik beku : -96,7^oC
- Temperatur kritis : 245^oC
- Tekanan kritis : 60,9 atm
- Kapasitas panas cair : 0,28 kal/g^oC
- Kapasitas panas gas : 0,155 kal/g^oC
- Panas penguapan : 78,7 kal/g

b. Sifat kimia

- Metilen klorida bereaksi hampir dengan semua bahan-bahan yang dapat bereaksi dengan klorida, namun hasil reaksinya membentuk senyawa yang cukup kompleks. Metilen klorida banyak digunakan dalam bentuk senyawa aslinya.

Adapun reaksi dengan Br₂ akan menghasilkan bromoklorometan



2. Kloroform

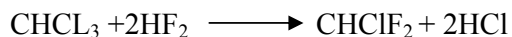
a. Sifat fisis

- Berat molekul : 119,39 g/mol
- Bentuk atmosferic : cair
- Vapour pressure (20°C) : 159 mmHg
- Spesifik gravity (20°C/40°C) : 1,489
- Viskositas (20°C) : 0,57 cp
- Tegangan muka (20°C) : 27,1 dyne/cm²
- Titik didih (1 atm) : 61,2°C
- Titik beku : -63,5°C
- Temperatur kritis : 263°C
- Tekanan kritis : 53,83 atm
- Kapasitas panas cair : 0,234 kal/g°C
- Kapasitas panas gas : 0.142kal/g°C
- Panas penguapan : 59,3 kal/g

b. Sifat kimia

- Pembentukan *fluorocarbon*

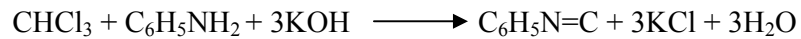
Pembentukan *fluorocarbon* ini adalah dengan mereaksikan kloroform dengan asam fluoride (HF)



Klorodifluorometan selain digunakan untuk *refrigerant* juga digunakan untuk memproduksi tetra fluoroetilen yang kemudian terpolimerisasi menjadi Teflon

- Kloroform bereaksi dengan Br₂ membentuk CCl₂Br₂, CClBr₃ dan tidak bereaksi dengan iodine.
- Reaksi pembentukan isonitril

Kloroform bereaksi dengan amine yang terlarut dalam *alcoholic* alkali yang akan membentuk isonitril dengan reaksi:



3. Karbon tetra klorida

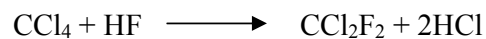
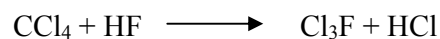
a. Sifat fisis

- Berat molekul : 153,84 g/mol
- Bentuk pada tekanan *atmospheric* : cair
- Vapor pressure (20^oC) : 92 mmHg
- Spesifik gravity (20^oC/4^oC) : 1,594
- Viskositas (20^oC) : 0.969 cp
- Tegangan muka (20^oC) : 0,08 dyne/cm²
- Titik didih (1atm) : 76,5^oC
- Titik beku : -22,9^oC
- Temperatur kritis : 283^oC
- Tekanan kritis : 75 atm
- Kapasitas panas cair : 0,205 kal/g^oC
- Kapasitas panas gas : 0,132 kal/g^oC
- Panas penguapan : 46,8 kal/g

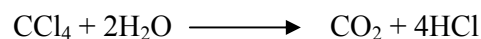
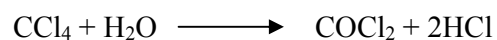
b. Sifat kimia

- Reaksi dengan HF

Reaksi dengan HF akan membentuk klorofluorometan sebagai refrigerant.



- Reaksi dengan H₂O



1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Klorinasi dapat didefinisikan sebagai unit proses yang mana satu atau lebih atom klorin dibentuk menjadi senyawa kimia. Klorinasi dapat dipakai untuk semua reaksi dan proses dimana senyawa klorinasi diproduksi.

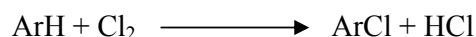
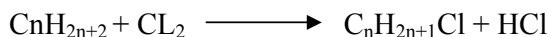
Secara umum reaksi kimia ini menyebabkan perubahan densiti, viskositas dan reaktivitas kimia dari senyawa organik menjadi naik. Disisi lain spesifik heat, dielectric constant, kelarutan dalam air dan flameability biasanya turun. Sifat-sifat kimia hidrokarbon terklorinasi ditentukan oleh kelompok hidrokarbon yang menjadi turunan mereka. Hidrokarbon terklorinasi adalah senyawa kovalen. Mereka larut dalam senyawa-senyawa organik dan tidak larut dalam air.

Klorinasi senyawa organik dapat terjadi melalui beberapa cara, reaksi dapat terjadi dalam fase uap maupun fase cair. Sebagai chlorinating agent meliputi klorin, seperti SO_2Cl_2 , PCl_5 dan tert-butyl hypoklorida. Panas, cahaya dan katalis biasanya digunakan untuk promotor reaksi. Katalis yang biasa digunakan antara lain ferri dan cupri salt, bromine, iodine, halide-halida antimon, timah, aluminium, sulfur dan karbon aktif. Untuk promotor klorinasi secara photokimia seringkali digunakan lampu mercury. Lampu ini menghasilkan panjang gelombang antara 3000 – 5000 A yang akan diabsorpsi oleh molekul-molekul klorin.

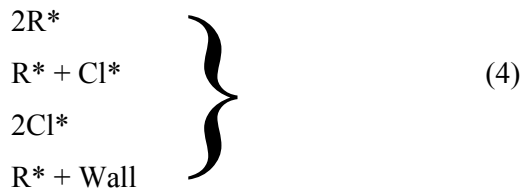
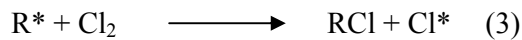
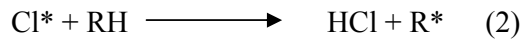
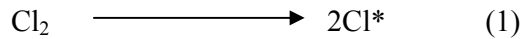
Ada beberapa macam reaksi klorinasi, diantaranya adalah :

➤ *Subtitutive chlorination*

Cara yang paling umum pada klorinasi suatu senyawa adalah substitusi suatu atom atau kelompok atom (misal gugus fungsional) dengan klorin. Dalam hal ini parafin atau aromatik, atom hidrogennya disubstitusi oleh atom klorin. Dalam hal ini parafin atau aromatik, atau hidrogennya disubstitusi oleh atom klorin.



Substitusi klorinasi adalah eksotermis, panas yang dilepas sekitar 24 kcal/mol untuk tiap atom hidrogen yang di substitusi. Adapun mekanisme reaksi substitusi klorinasi pada umumnya meliputi tahap- tahap sebagai berikut :



Reaksi (1) adalah tahap inisiasi, yaitu pembentukan radikal klorin dengan dibantu panas, fotokimia atau katalis. Reaksi (2) dan (3) adalah tahap propagasi, dimana radikal-radikal klorin mula-mula dipakai dan kemudian diregenerasi. Setiap radikal yang diregenerasi pada tahap inisiasi dapat membentuk sekitar $10^3 - 10^7$ molekul hasil reaksi. Tahap terminasi ditunjukkan dengan reaksi (4), dinding reaktor dan impuritas dalam campuran reaksi, seperti oksigen sering kali berperan pada tahap terminasi ini.

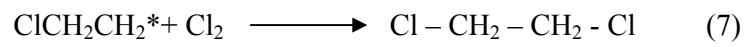
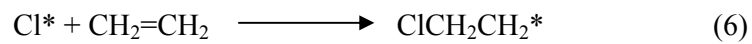
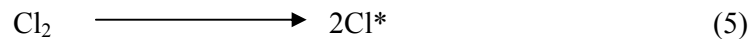
➤ *Additive chlorination*

Dalam klorinasi adisi, molekul klorin ditambahkan ke dalam suatu senyawa tak jenuh (olefin atau acetylene) menghasilkan suatu diklorida. Seperti dalam klorinasi substitusi, molekul klorin adalah sebagai chlorinating agent, karena alasan inilah klorinasi substitusi dan adisi sering dinamakan klorinasi langsung.

Dibandingkan dengan klorinasi substitusi, klorinasi adisi relatif lebih mudah dan terjadi pada temperatur yang rendah. Klorinasi adisi mempunyai keistimewaan yaitu atom-atom klorin terdistribusi secara simetri.

Asam-asam lewis seperti FeCl_3 , ZnCl_2 dan PCl_3 seringkali digunakan sebagai katalis reaksi. Katalis-katalis ini adalah sebagai pembawa klorin, mereka dapat menambahkan dan memberikan klorin selama klorinasi berlangsung.

Mekanisme reaksi radikal bebas pada umumnya terjadi sebagai berikut, sebagai contoh klorinasi ethylene:



Perpecahan molekul klorin membentuk dua radikal klorin dalam reaksi (5) dapat dibantu panas atau fotokimia. Reaksi (6) dan (7) adalah menempelnya radikal bebas membentuk etilen diklorida sebagai produk.