



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Maleik anhidrit ($C_4H_2O_3$) atau disebut juga *2,5-furodione*. Banyak digunakan dalam industri kimia. Penggunaan maleik anhidrit yang terbanyak adalah untuk memproduksi *unsaturated polyester resin*, *alkyl resin*, *copolimer*, *agricultur chemical*, *plastic*, *lubricant additive* dan lain-lain. Adanya gambaran tersebut mengakibatkan pemenuhan kebutuhan akan maleik anhidrit di dalam negeri sangat penting.

Seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan maleik anhidrit maka pendirian pabrik akan membawa dampak positif, hal ini disebabkan karena dikawasan negara-negara berkembang khususnya Asia masih sedikit sekali yang memproduksi maleik anhidrit. Dengan didirikan pabrik ini diharapkan kebutuhan dalam negeri dapat dipenuhi, menutupi kebutuhan impor, memacu perkembangan industri yang menggunakan maleik anhidrit sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu dan dapat melakukan ekspor keluar negeri.

Seperti diketahui Indonesia kaya dengan sumber-sumber daya alam yang dapat dipakai bahan mentah untuk produk tertentu. Antara lain sebagai penghasil gas alam. Sebagian besar gas alam yang telah diolah diekspor ke luar negeri. Karena itu perlu dipikirkan upaya peningkatan kegunaannya untuk kepentingan dalam negeri. Salah satu industri kimia yang merupakan sektor industri yang mengolah gas alam yaitu n-butana menjadi maleik anhidrit (*Kirk Othmer, 1978*).

1.2. Kapasitas Pabrik

Kapasitas perancangan pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Pada dasarnya, semakin besar kapasitas produksi maka kemungkinan keuntungan juga akan



semakin besar. Namun terdapat faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas produksi.

Faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut:

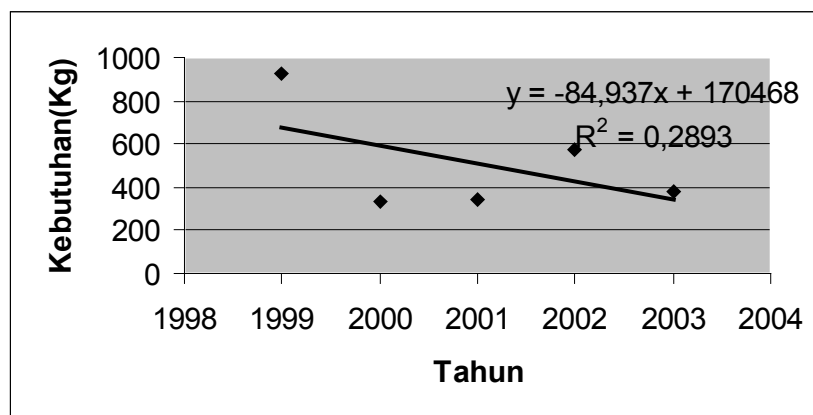
1. Kebutuhan pasar
2. Kapasitas minimum pabrik
3. Ketersediaan bahan baku

1.2.1. Kebutuhan Maleik Anhidrit

Penggunaan maleik anhidrit yang banyak dan belum dapat dipenuhi oleh pabrik yang sudah ada yang ditandai dengan data impor. Berikut data impor maleik anhidrit di Indonesia.

Tabel 1. Data Kebutuhan Impor Maleik Anhidrit

No	Tahun	Kebutuhan Impor (Kg)
1	1995	3.870.000
2	1996	6.759.312
3	1997	7.215.430
4	1998	6.952.640
5	1999	921.404
6	2000	334.049
7	2001	342.368
8	2002	570.915
9	2003	378.286



(Sumber : Biro Pusat Statistik)

Gambar 1. Perkiraan Kebutuhan Maleik Anhidrit di Indonesia



Dengan persamaan di atas dapat diperkirakan kebutuhan maleik anhidrit di Indonesia pada tahun 2012 adalah :

$$\begin{aligned} Y &= -84.937x + 170468 \\ &= -84.937 (9) + 170468 \\ &= 169.703 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kebutuhan maleik anhidrit di Indonesia untuk berbagai keperluan menurut CIC dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan maleik anhidrit untuk berbagai kebutuhan

Tahun	<i>Unsaturated polyester resin</i> (ton)	<i>Alkyl resin</i> (ton)	Lain-lain (ton)	Total (ton)
1999	10.395	182	89	11.190
2000	12.908	201	75	13.814
2001	15.232	221	81	15.534

1.2.2. Kapasitas minimum pabrik

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau paling tidak sama dengan pabrik yang sudah ada. Pabrik yang sudah berdiri dan kapasitas produksi per tahunnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pabrik maleik anhidrit dengan bahan baku n-butana

Proses	Lokasi	Kapasitas ton/tahun
<i>Amoco Chemical Co</i>	<i>Joliet, Illinois</i>	40.800
<i>Ashland Chemical Co</i>	<i>Neal, West Virginia</i>	28.600
<i>Miles Chemical Co</i>	<i>Houston, Texas</i>	29.500
<i>Monsanto Co</i>	<i>Pensacolla, Florida</i>	100.000
<i>Aristech</i>	<i>Neville</i>	28.200
<i>Bartex Chemical Co</i>	<i>Island, Pensylvania</i>	14.000

(Kirk Othmer, 1978)



Di Indonesia pabrik yang sudah berdiri adalah PT. Petrowidada di Gresik, Jawa Timur dengan kapasitas 3.100 ton/tahun, di Merak sebanyak 14.500 ton/tahun dan di Jakarta 20.000 ton/tahun.

Dari data tersebut di atas menunjukkan kapasitas minimal yang masih bisa menguntungkan adalah 3.100 ton/tahun, maka kapasitas perancangan 10.000 ton/tahun akan memberikan keuntungan.

1.2.3. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku butana yang digunakan yaitu LPG butana yang dapat diperoleh dari PT. Badak NGL, dimana memproduksi butana sebesar 257.351,25 ton/ tahun, selain itu LPG butana dapat juga diperoleh dari PT. Arun Aceh, Unit Pengolahan (UP) IV, Cilacap Pertamina sehingga ketersediaan bahan baku dapat diperoleh dari dalam negeri.

1.3. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik. Hal ini dikarenakan lokasi suatu pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan berdirinya. Pemilihan lokasi yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga sebelum pabrik didirikan perlu dilakukan berbagai pertimbangan.

Penyediaan kondisi suatu daerah dilakukan sebelum pabrik didirikan sehingga pendirian pabrik dapat dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis. Idealnya lokasi pabrik yang dipilih harus memberikan kemungkinan memperluas atau memperbesar pabrik dan memberikan keuntungan untuk jangka panjang.

Pada garis besarnya terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi lokasi suatu pabrik, yaitu :

a. Faktor Primer

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama suatu pabrik. Tujuan ini meliputi produksi dan distribusi produk pabrik yang



diatur menurut macam, kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau oleh pabrik.

Faktor primer tersebut adalah lokasi pabrik yang dipengaruhi oleh:

- 1.) Ketersediaan bahan baku.
- 2.) Pemasaran produk.
- 3.) Tersedianya sarana transportasi.
- 4.) Tersedianya tenaga buruh dan karyawan.
- 5.) Tersedianya sumber air dan tenaga listrik.

b. Faktor Sekunder

Faktor sekunder meliputi faktor-faktor sebagai berikut:

- 1.) Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana masa depan perusahaan.
- 2.) Kemungkinan adanya perluasan pabrik.
- 3.) Kemungkinan adanya perluasan kota.
- 4.) Terdapatnya fasilitas-fasilitas pembelanjaan perusahaan.
- 5.) Terdapatnya fasilitas-fasilitas pelayanan dan jasa.
- 6.) Terdapatnya persediaan air yang cukup.
- 7.) Biaya dari tanah dan gedung.
- 8.) Sikap dari masyarakat setempat.
- 9.) Iklim.
- 10.) Keadaan tanah yang penting untuk rencana bangunan dan pondasi.
- 11.) Peraturan daerah setempat.
- 12.) Perumahan penduduk atau bangunan lain.

Berdasarkan beberapa faktor maka pabrik maleik anhidrit direncanakan didirikan di Bontang, Kalimantan Timur. Pemilihan lokasi pabrik ini didasarkan pertimbangan sebagai berikut :

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat diprioritaskan. Bahan baku pembuatan maleik anhidrit adalah butana. Butana ini dapat dengan mudah diperoleh karena salah satu produk yang dihasilkan oleh



PT. Badak NGL, Kalimantan Timur adalah butana. Dengan demikian selain bahan baku tersedia dalam jumlah cukup besar juga biaya transportasi bahan baku menjadi murah karena berdekatan dengan lokasi pabrik.

2. Pemasaran

Produk dipasarkan ke industri-industri di Jawa dan industri *Playwood* di Sumatera dan Kalimantan. Karena produk berwujud cair, maka mudah dipasarkan dan dapat menjangkau daerah yang cukup jauh dari pabrik.

3. Listrik

Kebutuhan tenaga listrik untuk kegiatan operasi pabrik seluruhnya dipenuhi oleh PLN sebagai cadangan digunakan generator.

4. Pengadaan Air

Pengadaan air untuk air umpan boiler, air pendingin dan air untuk kebutuhan sanitasi diambil dari air laut.

5. Transportasi

Sarana transportasi dapat menggunakan jalur darat dan jalur laut.

Kalimantan Timur memiliki pelabuhan yang digunakan untuk bongkar muat kapal-kapal besar untuk kebutuhan industri, sehingga distribusi produk keluar sangat mudah baik pengapalan dalam negeri maupun luar negeri.

6. Bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk unit pembangkit listrik adalah solar yang dibeli dari Pertamina.

7. Tenaga Kerja

Ditinjau dari penyediaan tenaga kerja di daerah Bontang dan sekitarnya cukup banyak tersedia tenaga kerja.

8. Sarana Penunjang Lainnya

Bontang, Kalimantan Timur sebagai kawasan industri telah memiliki fasilitas terpadu seperti: perumahan, sarana olahraga, sarana kesehatan, sarana hiburan dan lain-lain.



1.4. Tinjauan Pustaka

Maleik anhidrit tidak ditemukan di alam dan pertama kali disintesis oleh *Pelouze* pada tahun 1834 dengan memanaskan asam maleat (*Asam Hidroxi Succinic*), suatu komponen yang ditemukan dalam buah apel dan beberapa buah lainnya). Maleik anhidrit dikomersialkan pada tahun 1930 oleh Nasional Anilin dan Chemical ketika mereka mampu mengoksidasi

katalitik udara terhadap Benzena dalam skala industri dan sejak tahun 1974 telah dikembangkan pula pembuatan maleik anhidrit dengan bahan baku Butana.

Diantara penggunaan maleik anhidrit ialah sebagai poliester resin yang merupakan struktur kuat biasanya digunakan sebagai *fiber glass* yang sekarang banyak digunakan dalam berbagai peralatan seperti: tangki bahan kimia atau pipa. Kegunaan lain sebagai kimia pertanian seperti: insektisida, herbisida, fungisida. Maleik anhidrit juga sebagai bahan baku pembuatan asam fumarik yang banyak digunakan dalam industri pelapisan kertas (*Kirk Othmer, 1978*).

1.4.1. Macam-macam proses

Maleik anhidrit dibuat dengan oksidasi katalitik fase uap antara campuran hidrokarbon dan udara. Sedangkan bahan baku yang dapat digunakan dapat berupa benzena, n-butana atau butene.

a. Oksidasi benzena

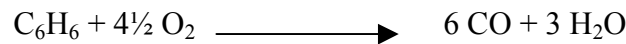
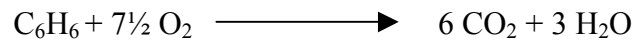
Proses oksidasi benzena untuk memperoleh maleik anhidrit merupakan cara paling lama yang telah digunakan. Karena reaksinya sangat eksotermis maka katalis padat yang digunakan biasanya diletakkan dalam *multitube* dengan menggunakan pendingin dari suatu larutan yang disirkulasikan melalui *shell side* dari reaktor. Produk yang berupa gas panas yang mengandung maleik anhidrit kemudian dilakukan proses pemurnian.

Reaksi:





Reaksi samping:

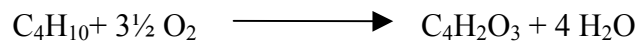


(Kirk Othmer, edisi 3 vol 14)

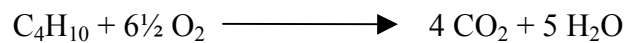
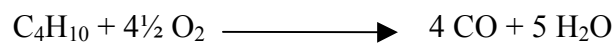
b. Oksidasi butana

Secara komersial proses ini pertama kali dilakukan oleh Monsanto pada tahun 1974. Dalam proses ini reaksi yang terjadi adalah:

Reaksi:



Reaksi samping:



Katalis yang digunakan adalah *vanadium phosphorus oxide* (VPO), suhu reaksi 300 °C dan tekanan diatas tekanan atmosferis. Gas hasil dari reaktor didinginkan kemudian dilakukan pemurnian untuk mendapatkan hasil yang diinginkan (Kirk Othmer, edisi 3 vol 14).

c. Oksidasi butena

Dari beberapa pabrik maleik anhidrit hanya sedikit pabrik yang menggunakan butena sebagai bahan baku.

Oksidasi benzena hanya dapat dilakukan dalam *fixed bed reactor*, sedangkan oksidasi *butana* dan *butena* dapat dilakukan dalam *fixed bed reactor*, *fluidized bed reactor*.

Pada perancangan ini dipilih n-butana sebagai bahan baku dengan proses *Hunstman* berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- Proses ini menggunakan bahan baku n-butana dimana harga n-butana relatif lebih murah dibandingkan dengan harga benzena.
- Kemurnian hasil yang diperoleh tinggi.
- Proses ini menghemat energi.
- Operasi berlangsung secara kontinyu.



1.4.2. Kegunaan Produk

Di antara penggunaan maleik anhidrit adalah sebagai polyester resin yang merupakan struktur kuat biasanya digunakan sebagai *fiber glass* yang sekarang banyak digunakan dalam berbagai peralatan seperti : boats tangki bahan kimia atau pipa. Kegunaan lainnya sebagai *agricultural chemical* seperti insektisida, herbisida dan fungisida. Maleik anhidrit juga sebagai bahan baku pembuatan *fumaric acid* yang banyak digunakan dalam industri pelapisan kertas (Kirk Othmer, edisi 3 vol 14).

1.4.3. Sifat fisika dan kimia bahan baku dan produk

1. Bahan baku

a. n-butana

Sifat fisika n-butana :

rumus kimia	: C_4H_{10}
berat molekul	: 58 kg/mol
wujud	: cair
warna	: tidak berwarna
titik didih	: $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
titik lebur	: $-135\text{ }^{\circ}\text{C}$
densitas	: $2,5985\text{ gr/cm}^3$
tekanan kritis	: 36 atm
temperatur kritis	: $153\text{ }^{\circ}\text{C}$
viskositas	: 1,17 cP
panas pembentukan	: $-29,812\text{ kkal/mol}$
panas penguapan	: $86,63\text{ kkal/mol}$

Sifat kimia n-butana :

Butana memiliki isomer cis dan trans bentuk trans relatif lebih stabil di banding bentuk cis dan prosentase isomer trans lebih kecil pada suhu rendah. Jadi distribusi isomer tergantung pada suhu. Butana merupakan alkana yang mempunyai keasaman reaksi dengan anggota yang lain.



Alkana dapat dihalogenasi, dinitrasi, oksidasi dan *thermal cracking*. Butana dapat berisomer menjadi isobutana. Pada suhu rendah isomer terbentuk adalah isobutana. Isomer ini menggunakan katalis aluminium klorida.

1. Halogenasi

Klorida dan bromida mengkonveksi butana menjadi klorida butana (alkil klorida) atau bromo butana (alkil klorida). Reaksi berjalan pada suhu 250 400 °C atau dengan bantuan sinar. Halogenasi butana menghasilkan dua isomer yaitu :

- a) Bromo butana dan 2- bromo butana atau i- kloro butana.
- b) Kloro butana prosentase isomer yang dihasilkan tergantung pada halogen yang digunakan.

2. *Cracking*

Dengan proses *cracking* butana diubah menjadi diena seperti: 2-butana dan 1,3-butadiena.

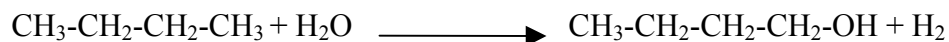
3. *Thiopene*

Dibuat secara sintesis pada skala industri dengan reaksi antara butana dengan sulfur pada temperatur 560 °C.

4. Nitrasi

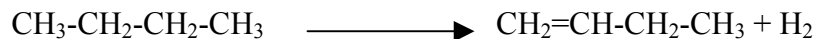
Butana akan menghasilkan nitrobutana dengan perbandingan reaktan butana berbanding asam nitrat = 15 : 1.

5. Hidrolisa



6. Dehidrogenasi

Reaksi ini akan mengubah ikatan dalam butana yaitu dari ikatan tidak rangkap menjadi ikatan rangkap dua.





b. Sifat fisika udara

Tabel 4. Sifat fisis udara

Sifat	N ₂	O ₂
Kenampakan	Gas tak berbau	Gas tak berbau
Berat molekul, kg/mol	28,031	32,01
<i>Spesific gravity</i>	12,5	1,71
Titik didih, °C	-195,9	-183,3
Titik beku, °C	-209,68	-214,8
Suhu kritis, K	126,2	154,6
Tekanan kritis, bar	3,3	50,5
Volume kritis, m ³ /mol	0,089	0,73
<i>Density</i> , kg/cm ³	809	1149

Sifat kimia udara

1. Oksigen bereaksi dengan semua elemen kecuali dengan gas-gas seperti He, Ne dan Ar.
2. Oksigen akan melepaskan elektron negatif valensi dua dalam kombinasi dengan elemen kimia lainnya.
3. Untuk elemen tertentu seperti logam alkali dan rubidium, energi aktivasi pada suhu kamar mencukupi sehingga reaksi berjalan secara spontan.
4. Jika direaksikan dengan bahan bakar seperti petroleum oil, natural gas/batubara akan menghasilkan produk yang berupa panas CO₂, H₂O dan sisa udara (N₂ dan O₂).
5. Pada suhu yang rendah dan dengan adanya katalis, oksigen bereaksi dengan bahan kimia organik menghasilkan *Oxygenated Hydrocarbon*.

2. Produk

Sifat fisik maleik anhidrit

Rumus empiris	: C ₄ H ₂ O ₃
Berat molekul	: 98 gr / mol
Titik leleh	: 52,85 °C
Titik didih	: 202 °C



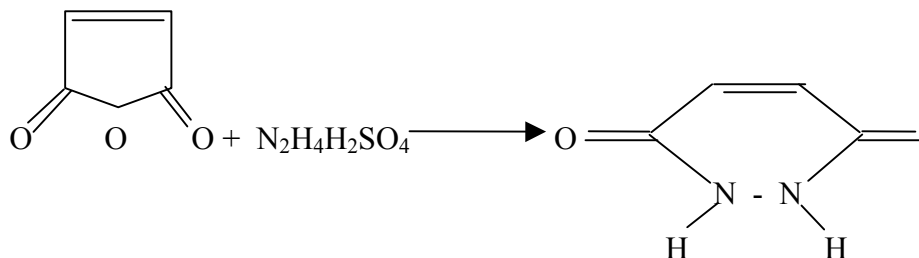
Spesifik gravity (pada 70 / 20 °C, padat)	: 1,3
Panas Pembentukan	: -470,41 kJ / mol
Panas Pembakaran	: -1,39 kJ / mol
Panas Penguapan	: 54,8 kJ / mol
cP Padat	: 1,21 kJ / Kg K
cP Cair	: 1,67 kJ / Kg K
(Kirk Othmer, 1978)	

Sifat kimia maleik anhidrit

1. Amidasi

Maleik anhidrit bereaksi dengan amino primer dan sekunder membentuk mono atau di *amides*. Amino primer dan anhidrit membentuk asam amino yang mana dapat terhidrasi membentuk *imede*, *polimede* atau *isoimede*, tergantung pada kondisi operasi.

Reaksi :

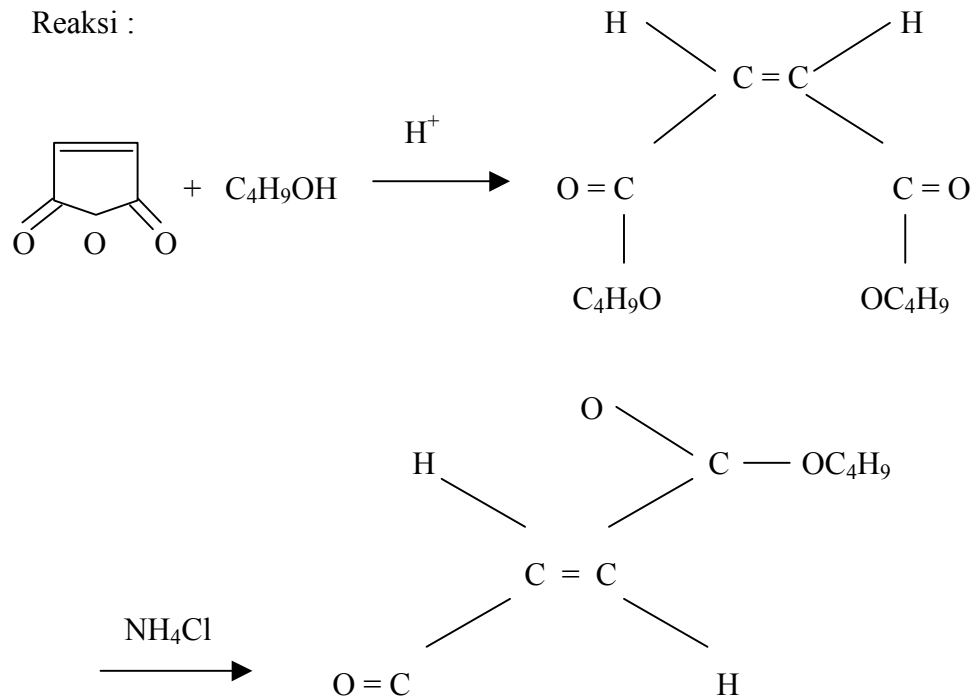




2. Esterifikasi

Mono dan *dialkyl maleat* dan *fumarat* dibuat pemanasan alkohol dengan maleik anhidrit. *Esterifikasi* biasanya dibantu dengan katalis asam, seperti sulfat.

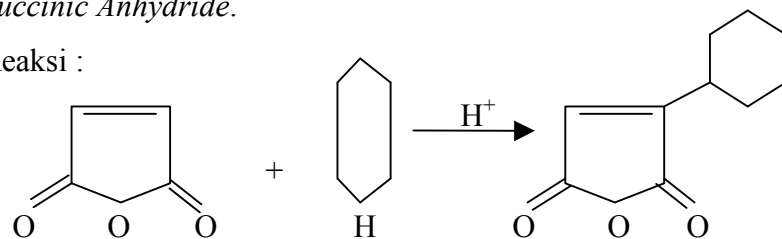
Reaksi :



3. Reaksi Radikal Bebas

Radikal *nukleophilic* ditambahkan pada maleik anhidrit membentuk *Alkyl Succinic Anhydride*.

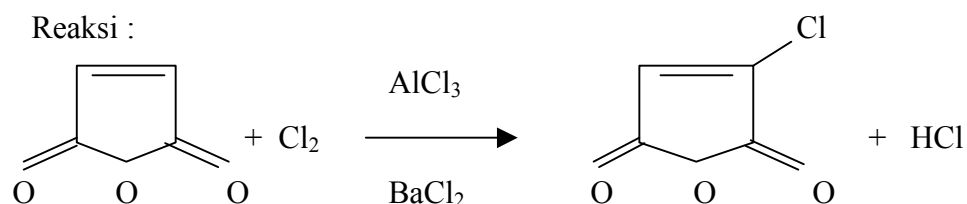
Reaksi :



4. Halogenasi

Mono maleik anhidrit dapat dibuat dengan *Chlorinasi Maleic Anhydride*.

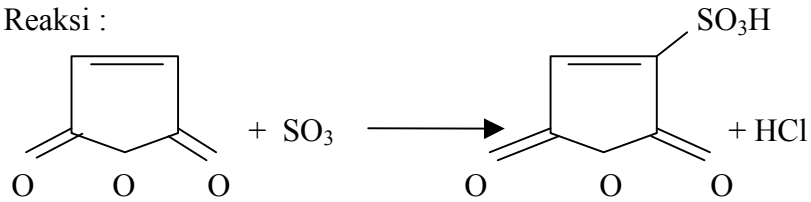
Reaksi :



5. Sulfonasi

Terjadi antara maleik anhidrit dan *Sulfur Trioksida*.

Reaksi :



(Kirk Othmer, edisi 4, vol: 15, 1978)

1.4.4 Tinjauan Proses Secara Umum

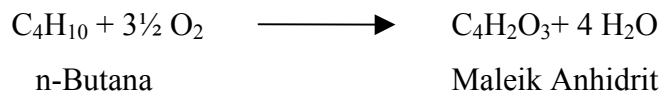
Proses produksi maleik anhidrit ini terdiri dari dua proses utama yaitu reaksi pembentukan dan pemurnian maleik anhidrit.

1. Tahap reaksi pembentukan (reaksi oksidasi butana)

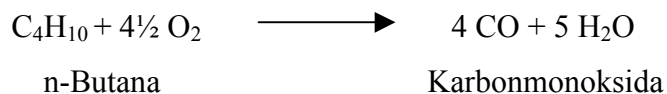
Butana dengan udara direaksikan dalam *fixed bed multitube* dengan menggunakan katalis *vanadium phosphorus oxide* (VPO) pada suhu 300 °C dan tekanan 20 atm.

Reaksi yang terjadi adalah :

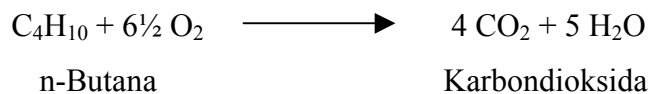
- Reaksi utama



- Reaksi sampling



- Reaksi sampling



2. Tahap pemurnian

a. Absorbsi

Pada tahap ini maleik anhidrit dan gas campuran hasil dari reaktor diserap oleh *di-butyl phthalat* dan gas yang terdiri dari N_2 , O_2 ,



H₂O tidak diserap dan dibuang ke udara sedangkan bagian bawah Absorber diumpankan ke *stripper -01*.

b. *Stripper-01*

Pada tahap ini maleik anhidrit dipisahkan dari *dibutyl phthalat*. Hasil bawah *stripper-1* yang kaya akan *dibutyl phthalat* dan sedikit maleik anhidrit dikembalikan ke menara absorber. Sedang gas sebagai hasil atas menara diumpankan ke *stripper-02*.

c. *Stripper-02*

Pada tahap ini dipisahkan antara maleik anhidrit dan hidrokarbon. Produk atas menara yang merupakan gas butana yang tidak diinginkan dibuang. Sedang produk bawah yang sebagian besar maleik anhidrit dengan kemurnian 99,5 % diumpankan menuju tangki penyimpanan.