



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang, dengan banyak potensi. Salah satunya adalah potensi bahan alam yang tersedia melimpah di negara ini. Bila potensi ini diolah dengan baik tentunya dapat menjadi penyokong perekonomian. Tidak bisa dipungkiri bahwa perekonomian Indonesia dari waktu ke waktu mengalami perubahan yang cukup signifikan. Karenan mulai dirambahnya perindustrian untuk dapat bersaing dalam pasar global, seperti industri kimia. Salah satunya *maleic anhydride* ($C_4H_2O_3$) atau disebut juga *2,5-furodione* yang sedang coba dirambah oleh perindustrian negara kita. Bahan ini banyak digunakan dalam industri kimia, seperti *fiber glass*, *lubrication additives*, *fumaric acid*, *alkyl resin*, *agricultur chemical*, *plastic*, *lubricant additive* dan lain-lain.

Dari paparan diatas terlihat bahwa *maleic anhydride* memiliki potensi yang cukup menjanjikan jika diproduksi dalam skala industri. Tentunya pendirian pabrik *maleic anhydride* nantinya dapat memberi dampak positif bagi devisa negara, karena pabrik ini tergolong sedikit untuk negara berkembang, seperti Indonesia. Selain untuk memberi pengaruh yang cukup signifikan bagi perekonomian, juga untuk memenuhi kebutuhan akan *maleic anhydride* baik dalam negeri maupun luar negeri.

Pemanfaatan bahan baku lokal (dalam negeri) dalam perancangan pabrik dengan orientasi baik pasar dalam maupun luar negeri akan menjadi usaha untuk mengurangi pertumbuhan negatif dari industri kimia mengingat semakin meningkatnya nilai kurs dolar sekarang ini.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Kapasitas produksi pabrik merupakan hal yang perlu dipertimbangkan dengan baik saat perancangan pendirian pabrik. Pada dasarnya, semakin besar kapasitas



produk yang dihasilkan dari suatu pabrik, maka akan semakin besar keuntungan yang akan diperoleh. Karena kapasitas akan memiliki peranan penting dalam perhitungan teknis maupun ekonomis dari pabrik tersebut.

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas produksi pabrik, diantaranya sebagai berikut :

1. Kebutuhan akan bahan produk
2. Kapasitas minimum pabrik
3. Ketersediaan bahan baku

1.2.1 Kebutuhan *Maleic anhydride*

Meskipun *maleic anhydride* telah diproduksi dalam negeri, namun sampai saat ini Indonesia masih mengimpor *maleic anhydride*. Dari data yang di Badan Pusat Statistika dari 2003 hingga 2013 nilai ekspor maupun impor *maleic anhydride* dapat dibidang tidak stabil. Namun pada tahun 2010 baik nilai ekspor maupun impor kembali mengalami peningkatan yang cukup signifikan, dapat diperkirakan permintaan pasar global akan *maleic anhydride* akan mengalami peningkatan.

Tabel 1.1 Data impor ekspor *maleic anhydride* di Indonesia

No.	Tahun	Ekspor (ton/tahun)	Impor (ton/tahun)
1	2003	3.705,1	378,3
2	2004	5.721,3	641,9
3	2005	5.816,9	1.127,3
4	2006	5.710,1	1.619,7
5	2007	2.717,5	1.364,2
6	2008	2.496,7	1.085,4
7	2009	4.112,4	1.630,4
8	2010	5.257,4	1.027,8
9	2011	6.104,7	1.320,0
10	2012	7.652,0	2.013,1
11	2013	7.937,25	3.527,033

(Statistika, 2013)



1.2.2 Kapasitas Minimum Pabrik

Kapasitas minimum pabrik harus didasarkan pada kapasitas minimum pabrik yang beroperasi. Dari Tabel 1.2 akan terlihat kapasitas minimum hingga maksimum pabrik yang beroperasi.

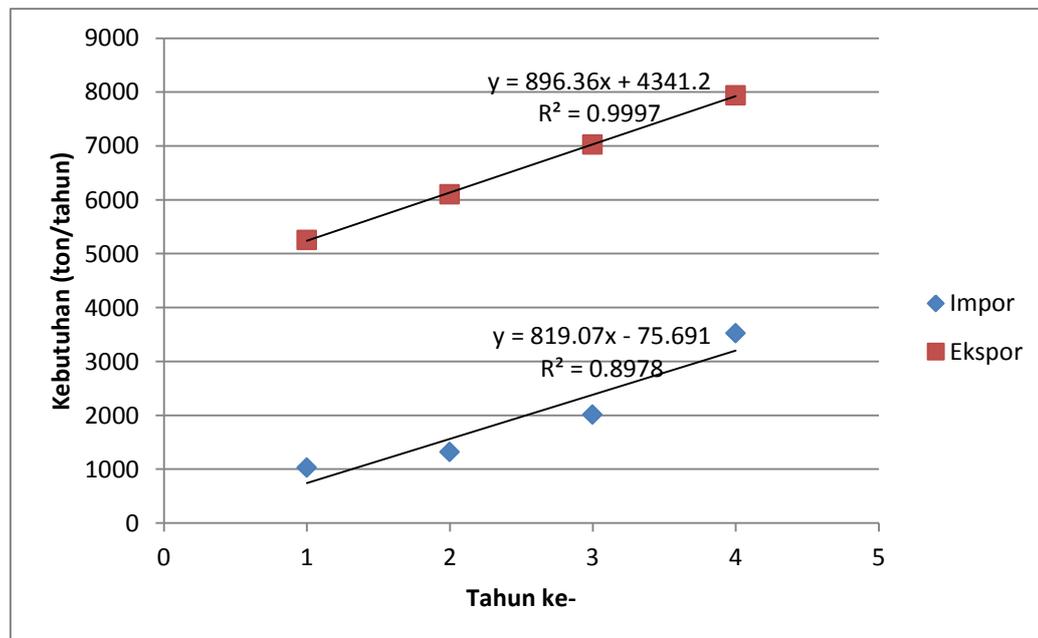
Tabel 1.2 Pabrik *maleic anhydride* dan kapasitas per tahun

No.	Produsen	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	Amoco Chemical Co	Joliet, Illinois	40800
2	Ashland Chemical Co	Neal, West Virginia	28600
3	Miles Chemical Co	Houston, Texas	29500
4	Monsanta Co	Pensacolla, Florida	100000
5	Aristech	Neville	28200
6	Bartex Chemical Co	Island, Pennsylvania	14000

(Kirk & Othmer, 1978)

Di Indonesia pabrik yang sudah berdiri diantaranya PT Petrowidada, PT Justus Kimiaraya dan PT Samiras Indonesia.

Dari Tabel 1.1 Dibuat grafik untuk memperkirakan kapasitas pabrik yang akan berdiri.



Gambar 1.1 Grafik ekspor impor *maleic anhydride* tahun 2010-2013



Dari Gambar 1.1 diatas diperoleh persamaan linier yang memperkirakan nilai kebutuhan ekspor impor diwaktu mendatang. Dimana tahun sebagai sumbu x dan kebutuhan pada sumbu y yaitu:

$y = 896,3x + 4341$, diperkirakan nilai ekspor tahun dua ribu dua puluh (2020) mencapai 14.200,3 ton/tahun. Sedangkan $y = 819x - 75,69$, untuk impor dapat mencapai 8.933,31 ton/tahun.

Sehingga dirancang kapasitas produksi pabrik *maleic anhydride* yang akan berdiri sebesar 35.000 ton/tahun, yang diharapkan memberi keuntungan yang komersial.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan *maleic anhydride* yang digunakan ialah LPG. LPG dapat dengan mudah didapatkan karena merupakan salah satu produk dari PT. Badak NGL. LPG juga dapat diperoleh dari PT. Pertamina Cilacap, PT. Arun Aceh, Unit Pengolahan (UP) IV sehingga ketersediaan bahan baku dalam negeri dirasa cukup untuk memenuhi kebutuhan pabrik *maleic anhydride* yang akan dirancang.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Bukan hanya kapasitas produksi yang perlu dipertimbangkan dengan baik, pemilihan lokasi pabrik yang tepat dan strategis juga mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan kelangsungan atau umur pabrik. Daerah yang tepat digunakan sebagai lokasi pabrik harus memberikan kemungkinan untuk memperluas atau mengembangkan pabrik dan tentunya memberikan keuntungan dalam jangka panjang.

Pada dasarnya pemilihan lokasi pabrik yang tepat, strategis, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Faktor Primer

Faktor ini mempengaruhi secara langsung tujuan utama dari pabrik tersebut. Seperti produksi serta distribusi produk yang erat hubungannya



dengan waktu, macam, kualitas dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau oleh pabrik. Faktor primer ini meliputi:

- a. Ketersediaan bahan baku
 - b. Tersedianya sarana transportasi
 - c. Pemasaran produk
 - d. Tersedianya karyawan dan tenaga buruh
 - e. Tersedianya tenaga listrik dan sumber air
2. Faktor Sekunder

Faktor sekunder meliputi faktor-faktor berikut:

- a. Harga tanah dan gedung
- b. Kemungkinan perluasan pabrik
- c. Kemungkinan perluasan daerah
- d. Keadaan masyarakat setempat
- e. Iklim
- f. Keadaan tanah
- g. Pearaturan daerah
- h. Fasilitas pelayanan dan jasa

Denagan pertimbangan faktor diatas lokasi pabrik *maleic anhydride* dirancang didirikan di Bontang, Kalimantan Timur. Pemilihan lokasi pabrik didasarkan pertimbangan sebagai berikut:

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan pokok untuk menjamin kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga ketersediannya harus dipastikan dapat menunjang produksi. Bahan baku yang digunakan ialah n-butana. n-butana dapat dengan mudah diperoleh dari PT. Badak NGL, Kalimantan Timur. Selain ketersediaan bahan baku dalam jumlah yang cukup juga dapat meminimalkan biaya transportasi bahan baku karena jarak yang dekat dengan lokasi pabrik.

2. Pemasaran dan transportasi



Konsumen produk *maleic anhydride* diantaranya pabrik industri Jawa, Sumatera, Kalimantan dan keluar negeri. Tentunya hal ini harus didukung dengan sarana transportasi baik jalur laut maupun darat. Dimana Kalimantan Timur memiliki pelabuhan yang dapat digunakan untuk bongkar muatan kapal besar untuk kebutuhan industri. Produk *maleic anhydride* berwujud cair untuk mempermudah pemasaran dan menjangkau daerah yang cukup jauh. Sehingga distribusi produk keluar maupun dalam negeri.

3. Listrik dan bahan bakar

Kebutuhan listrik untuk kegiatan operasi ditunjang dari PLN dan sebagai cadangan digunakan generator. Bahan bakarnya diperoleh dari solar Pertamina.

4. Pengadaan air

Kebutuhan air untuk konsumsi dan sanitasi pekerja, air umpan boiler dan air pendingin diperoleh dari air sungai.

5. Tenaga kerja

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

6. Sarana penunjang lainnya

Bontang, Kalimantan Timur telah berkembang sebagai kawasan industri yang memiliki fasilitas yang menjanjikan diantaranya sarana kesehatan, hiburan, perumahan dan lain-lain.

7. Tanah dan iklim

Kondisi tanah yang datar dan stabil serta iklim yang setabil meminimalkan resiko akibat faktor alam.

1.4 Tinjauan Pustaka

Maleic anhydride dan dua isomer turunannya (*maleic acid* dan *fumaric acid*) pertama kali ada tahun 1830. Pada tahun 1933 Nasional Aniline dan Chemical Co memproduksi dengan proses oksidasi benzena dengan katalis *vanadium oxide* untuk diproduksi secara komersial. Kemudian tahun 1974 untuk pertama kalinya



maleic anhydride diproduksi secara komersial dengan bahan baku n-butana (Kirk & Othmer, 1978).

1.4.1 Macam-macam Proses

Maleic anhydride dibuat dengan proses oksidasi katalitik fase uap dengan campuran udara dan hidrokarbon. Adapun bahan baku yang dapat digunakan ialah benzena, butana dan betena.

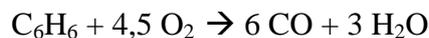
a. Oksidasi benzena

Proses oksidasi benzena merupakan cara paling lama yang digunakan untuk memproduksi *maleic anhydride*. Karena reaksi yang berjalan sangat eksotermis maka menggunakan katalis padat *vanadium oxide* yang diletakkan dalam *multitube* dengan pendingin dari suatu larutan yang disirkulasi melalui *shell side* dari reaktor.

Reaksi:



Reaksi samping:

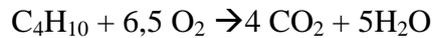
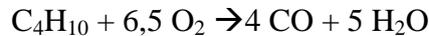
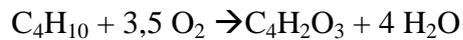


Recovery gas maleic anhydride yang terbentuk dicairkan dengan menggunakan kondensasi parsial, sedangkan gas yang belum terkondensasi dialirkan ke *scrubber* untuk dicuci sebagai *maleic anhydride* dan proses selanjutnya dilakukan proses pemurnian. Dalam proses *recovery* timbul satu permasalahan dimana terjadi isomerisasi *maleic anhydride* yang pada akhirnya akan menghasilkan *fumaric acid*. Isomerisasi ini dapat dihindari dengan menggunakan waktu tinggal yang lebih pendek (Kirk & Othmer, 1978).

b. Oksidasi butana

Maleic anhydride dengan oksidasi butana mulai diproduksi komersial oleh Monsanto Co pada tahun 1974 dengan menggunakan katalis *vanadium phosphorus oxide* (VPO) reaksi yang berjalan sangat eksotermis.

Reaksi:



Adapun kondisi operasi 390°-430°C dan tekanan diatas tekanan atmosferis yaitu 100-200 kPa. Konsetrasi n-butana dibatasi >1,7% mol agar tetep dibawah *flammable limit* butana (Kirk & Othmer, 1978).

Dalam pembentukan *maleic anhydride* dengan reaksi oksidasi merupakan reaksi eksotermis. Panas eksotemis reaksi yaitu 390-430°C. Reaksi butan menjadi *maleic anhydride* mencapai *yeild* maksimum pada konversi 85% (Kirk & Othmer, 1978).

c. Oksidasi *butena*

Sedikit pabrik yang menggunakan bahan baku butena sebagai bahan baku dalam pembuatan *maleic anhydride*. Karena reaksi yang terjadi merupakan reaksi analog dengan reaksi butana.

Proses oksidasi benzena hanya bisa dilakukan dalam *fixed bed reaktor*. Sedang untuk *oksidasi butana dan butena* dapat menggunakan *fixed bed reaktor, fluidized bed* serta *transport bed reaktor* (Kirk & Othmer, 1978).

1.4.2 Kegunaan Produk

Maleic anhydride banyak digunakan sebagai polyester resin yang merupakan kuat untuk *fiber glass* yang nantinya digunakan untuk peralatan tangki bahan kimia, pipa atau boats. Kegunaan lain untuk *lubrication additives, alkyl resin, agricultur chemical, plastic, lubricant additive, fumaric acid* yang digunakan dalam industri pelapis kertas (Kirk & Othmer, 1978).

Pada perancangan pabrik dipilih sebagai bahan baku dengan proses Hunstman berdasarkan pertimbangan berikut:

1. Harga bahan baku (n-butana) relatif lebih murah dibandingkan bahan lain,
2. Operasi berlangsung secara kontinyu.
3. Kemurnian hasil yang tinggi.
4. Proses ini menghemat energi.
5. Penggunaan katalis lebih awet.



6. Reaksi yang berjalan sangat eksotermis pada reaktor, sehingga dengan reaktor *fixed bed* dapat dimodifikasi dengan *reaktor fixed bed multitube*. Dimana pendinginan dapat dilakukan baik didalam maupun diluar reaktor jika dirasa pendinginan didalam reaktor dirasa kurang.

1.4.3 Sifat Fisis dan Kimia Bahan baku serta Produk

1.4.3.1 Bahan Baku

1.4.3.1.1 n-butana

Sifat fisis n-butana

Rumus kimia	: C_4H_{10}
Berat molekul	: 58,124 kg/mol
Wujud	: cair
Warna	: tidak berwarna
Titik didih	: $-0,6^{\circ}C$
Titik lebur	: $-135^{\circ}C$
Densitas ($32,15^{\circ}C$)	: $2,4553 \text{ kg/m}^3$
Tekanan kritis	: 36 atm
Temperatur kritis	: $153^{\circ}C$
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 dibandingkan bentuk cis dan *prosentase isomer trans* lebih kecil pada suhu rendah. Sehingga distribusi isomer tergantung pada suhu. Pada suhu rendah butana terisomerisasi membentuk isobutana menggunakan katalis *aluminium chlorida*.

Butana merupakan alkana yang mempunyai kesamaan reaksi dengan anggota alkana yang lain, seperti berikut:



1. Halogenasi

Chlorida dan *bromida* mengkonversi butana menjadi *Chloro butana* atau *Bromo butana*. reaksi berjalan pada temperatur 250^o-400^oC atau dengan bantuan sinar. Halogenasi butana menghasilkan dua isomer yaitu *1-bromo butana* dan *2-bromo butana* atau *1-chloro butana* dan *2-chloro butana*. prosentase isomer tergantung halogen yang digunakan.

2. Cracking

Dengan proses ini butana diubah menjadi *-diena* seperti *1-butana*, *2-butana*, *1,3-butadiena*.

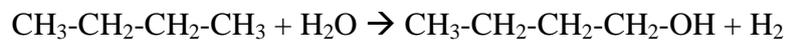
3. Thiopene

Diproses dengan cara sintesa industri dengan reaksi antara *sulpure* dan butana dengan kondisi operasi 560^oC.

4. Nitration

Dengan perbandingan reaktan butana : asam nitrat = 15 : 1 menghasilkan nitrobutana.

5. Hidrolisa



6. Dehidrogenasi

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



(Kirk & Othmer, 1978)



1.4.3.1.2 Udara

Udara memiliki prosentase $N_2 : O_2 = 79 : 21$ (% mol)

Tabel 1.3 Sifat fisis udara

No	Sifat	N_2	O_2
1	Kenampakan	tidak berbau	tidak berbau
2	Berat molekul (kg/mol)	28,031	32,01
3	<i>spesifik gravity</i>	12,5	1,71
4	Titik didih ($^{\circ}C$)	-195,9	-1833
5	Titik beku ($^{\circ}C$)	-209,68	-214,8
6	Suhu kritis (K)	126,2	154,6
7	Tekanan kritis (bar)	3,3	50,5
8	Volume kritis (m^3/mol)	0,089	0,73
9	<i>Density</i> (kg/cm^3)	809	1149

Sifat kimia udara

1. Oksigen bereaksi dengan semua element kecuali dengan gas He, Ne, dan Ar.
2. Oksigen akan melepas 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 terjadi reaksi spontan.
4. Pada suhu rendah dan ada katalis, oksigen akan bereaksi dengan kimia organik menghasilkan *oxygenated hidrokarbon*.
5. Jika direaksiakan dengan bahan bakar seperti *petroleum oil*, batubara atau *natural gas* akan menghasilkan produk panas CO_2 , H_2O , dan sisa udara (N_2 dan O_2)

(Perry, 1997)

1.4.3.2 Produk

Sifat fisis *Maleic anhydride*

Rumus kimia	: $C_4H_2O_3$
Berat molekul	: 98 gram/mol
Titik lebur	: $52,85^{\circ}C$
Titik didih	: $202^{\circ}C$
Panas pembentukan	: $-470,41$ kJ/mol



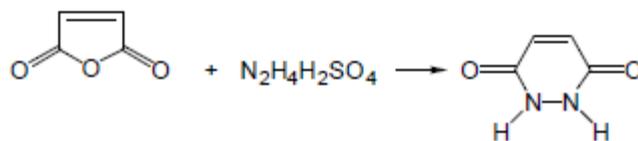
Panas pembakaran	: - 1,39 kJ/ mol
Panas penguapan	: 54,8 kJ/ mol
Kapasitas panas padat	: 1,21 kJ/ kg K
Kapasitas panas cair	: 1,67 kJ/ kg K

Sifat kimia *Maleic anhydride*

1. Amidasi

Maleic anhydride bereaksi dengan amoniak primer dan sekunder membentuk mono atau di *amides*. Amoniak primer dan *anhydride* membentuk asam amio yang mana dapat terhidrasi membentuk *imede*, *isoimede* atau *polimede*, tergantung pada kondisi operasi yang dijalankan.

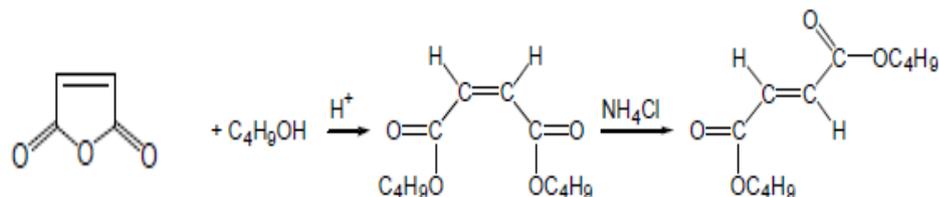
Reaksi:



2. Esterifikasi

Mono dan *dialkyl maleat* dan *fumarat* dibuat dengan pemanasan alkohol dengan *maleic anhydride*. *Esterifikasi* biasanya dengan menggunakan katalis asam.

Reaksi:



3. Reaksi radikal bebas

Radikal *mukleophilic* ditambahkan pada *maleic anhydride* membentuk *alkyl succinic anhydride*.

4. Halogenasi

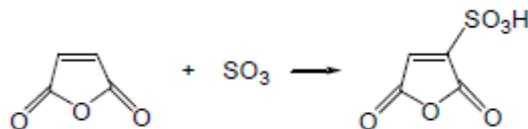


Mono maleic anhydride dapat dibuat dengan *chlorinasi maleic anhydride*.

5. Sulfonasi

Terjadi antara *sulfur trioksida* dan *maleic anhydride*.

Reaksi:



(Kirk & Othmer, 1978)

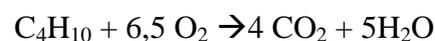
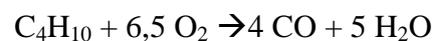
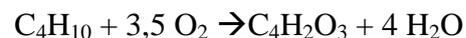
1.4.4 Tinjauan Proses

Proses produksi *maleic anhydride* dengan proses Hunstman terdiri dari dua proses diantara:

1. Tahap reaksi oksidasi butana

Pada tahap ini butana dan udara direaksi menjadi *maleic anhydride* dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan katalis *vanadium phosphorus oxide* (VPO) dengan kondisi operasi 390°-430°C dan tekanan 2 atm dengan produk samping karbonmonoksida dan karbondioksida. Proses ini dikenal dengan nama proses Hunstman.

Reaksi:



2. Tahap pemurnian

a. Absorber

Produk dari reaktor yang berupa campuran gas *maleic anhydride*, sisa bahan yang tidak bereaksi dan produk samping, nantinya diserap oleh penjerap *dibuthyl phthalat*. Hasil atas yang berupa gas (N_2 , O_2 , CO , CO_2 , $\text{n-C}_4\text{H}_{10}$, $\text{i-C}_4\text{H}_{10}$, C_2H_6 , C_3H_8 , $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$, $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$ dan H_2O) yang tidak terserap dibuang melalui atas. Namun tidak semua gas hasil atas absorber dapat dibuang kelingkuangan dalam jumlah beasr. Diantaranya gas $\text{n-C}_4\text{H}_{10}$, $\text{i-$



C_4H_{10} , C_2H_6 , dan C_3H_8 , gas ini di *recycle* kembali ke reaktor dengan pendinginan nitrogen pada *chiller* kemudian dipisahkan dengan separator. Sedangkan hasil bawah absorber diumapkan menuju *stripper* 1 untuk memisahkan *dibuthyl pthalat* dengan *maleic anhydride*.

b. *Stripper* 1

Umpan yang dikirim absorber diproses menjadi hasil atas yang kaya akan *maleic anhydride* dan sedikit *dibuthyl pthalate* serta air, selanjutnya masuk pada *stripper* 2. Sedangkan hasil bawah yang kaya akan *dibuthyl pthalate* di *recycle* ke absorber bersama *make-up dibuthyl pthalate*.

c. *Stripper* 2

Pada *stripper* 2 ini untuk memisahkan *maleic anhydride* dengan hidrokarbon. Dimana produk bawah berupa *maleic anhydride* dengan kemurnian 99,5% dan sedikit air (Kirk & Othmer, 1978).