

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri di Indonesia saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat khususnya di bidang polimer. Sebagian besar kehidupan manusia dikelilingi oleh produk - produk berbasis polimer, mulai dari pembungkus makanan, pakaian, sepatu, ban kendaraan bermotor, lem, cat tembok, otomotif, alat-alat rumah tangga serta furnitur. Produk – produk yang berbahan dasar polimer paling digandrungi karena sifatnya yang murah, ringan, elastis, dan beraneka ragam warna.

Polistiren (polystyrene) merupakan resin sintesis jenis termoplastik memiliki rumus kimia  $(C_8H_8)_n$ . Senyawa tersebut berupa padat atau pelet, tahan terhadap benturan dan berfungsi sangat baik sebagai isolator, selain itu juga tahan terhadap asam-asam organik, bahan alkali, dan alkohol. Kelebihan lainnya adalah mudah diwarnai, dibentuk dan dicetak serta tidak menimbulkan efek beracun. Kegunaan polistiren sangatlah luas antara lain untuk bahan pelapis pada kawat atau kabel, resin, peralatan rumah tangga dari plastik, botol, mainan anak-anak, casing CD dan DVD, furniture, dan sebagainya.

Dengan bertambah banyak industri-industri kimia di Indonesia, terutama industri-industri yang berbahan polimer maka dapat dipastikan akan kebutuhan polistirena sebagai salah satu bahan industri yang berbasis polimer. Sehingga penting sekali adanya perencanaan pendirian pabrik polistirena di Indonesia, untuk membantu menyediakan bahan dalam industri-industri tersebut serta diharapkan juga dapat menjadi komoditi ekspor.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

### **1.2.1 Maksud**

Maksud dari prancangan pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan Polistiren di Indonesia, karena produk ini banyak digunakan sebgai besar pada bahan dasar pembuatan styrefoam, yang di gunakan sebagai pembungkus makanan, pembungkus alat elektronik, dan lain-lain.

Saat ini polistiren di Indonesia masih terpenuhi dengan adanya impor dari luar negeri yang cukup besar, sehingga untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri dan mengurangi impor maka dari itu betapa pentingnya pendirian polistiren di Indonesia.

### **1.2.2 Tujuan**

Tujuan dari prancangan pabrik Polistiren ini adalah:

1. Membantu memenuhi kebutuhan Polistiren di Indonesia.
2. Menambah pendapatan Negara.
3. Membuka lapangan kerja baru dan mengurangi pengangguran.
4. Membuka peluang bagi pengembangan industri-industri dengan bahan baku polistirene sehingga tercipta produk yang mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi.

## **1.3 Analisa Pasar**

Analisa pasar dalam mambangun suatu pabrik sangat diperlukan untuk memenuhi permintaan atau kebutuhan pasar. Hal-hal yang melatar belakangi pemilihan kapasitas produksi yaitu sebagai berikut:

### **1. Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku utama pembuatan polistiren adalah styrene monomer. Styrene monomer dan etil benzene ini dapat disuplai dari PT. Styrindo Mono Indonesia (SMI) yang berlokasi di Cilegon, Jawa Barat yang tidak jauh dari Merak sedangkan untuk kebutuhan Benzoil Peroksida dari PT Cortico Sejahtera berada di jakarta.

## 2. Kebutuhan Produk

Kebutuhan industri-industri polimer terhadap ketersediaan polystyren diperkirakan akan semakin meningkat dengan permintaan dari industri-industri, selama ini di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan polistirena masih mengandalkan impor, karena di Indonesia belum mencukupinya.

### 1.3.1 Kapasitas Produksi

Untuk menentukan kapasitas suatu produksi ditentukan berdasarkan kebutuhan import polistiren. Dimana 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 seminimal mungkin. Berikut data import polistiren :

Tabel 1.1 Data Impor Polistiren

<b>Tahun</b>	<b>Import (Ton)</b>
2014	2271.509
2015	15544.856
2016	19053.512
2017	36467.288
2018	30529.533

Sumber : (BPS 2018)

Kebutuhan produksi dalam negeri polistiren dipenuhi oleh 4 produsen yaitu PT. Styron Indonesia, PT. Arbe Styrimdo, PT. Maspion Polistiren , dan PT. Polychem Lindo Inc.

Tabel 1.2 Kapasitas Polistiren

<b>Pabrik Industri Polistirena</b>	<b>Kapasitas PS (ton/tahun)</b>
PT. Styron Indonesia	70.000
PT. Arbe Styrimdo	15.000
PT. Maspion Polystyrene	7.800
PT. Polychem Lindo Inc	30.000

Sumber : CCI-Indonesia

Berdasarkan tabel diatas maka kebutuhan polistiren untuk beberapa tahun mendatang dapat diprediksi jumlahnya dengan cara menggunakan metode *Least Square*, dengan persamaan regresi linier sebagai berikut :

(Peter, M.S & Timerhause, K.D., 1991)

Data kebutuhan setiap tahun polistiren dalam negeri sebagai berikut :

<b>Tahun</b>	<b>tahun ke - (x)</b>	<b>kebutuhan (y)</b>	<b>x<sup>2</sup></b>	<b>y<sup>2</sup></b>	<b>xy</b>
2014	1	145561.509	1	21188152902	145561.509
2015	2	138344.856	4	19139299182	276689.712
2016	3	141853.512	9	20122418867	425560.536
2017	4	159267.288	16	25366069027	637069.152
2018	5	153329.533	25	23509945690	766647.665
<b>Total (Σ)</b>	<b>15</b>	<b>738356.698</b>	<b>55</b>	<b>1.09326E+11</b>	<b>2251528.574</b>

Di mana :  $a = \bar{y}$  dan  $y = a + b(x - \bar{x})$

$$b = \frac{\sum(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)}{\sum(\bar{x} - x)^2}$$

$$\sum(\bar{x} - x)(\bar{y} - y) = \sum xy - \left(\frac{\sum x \cdot \sum y}{n}\right)$$

$$\sum(\bar{x} - x)^2 = \sum x^2 - \left(\frac{(\sum x)^2}{n}\right)$$

Keterangan :  $\bar{x}$  = rata-rata x

$\bar{y}$  = rata-rata y

x = Tahun yang diobservasi

y = Kebutuhan polistiren

n = Jumlah data yang diobservasi (tahun)

Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel kebutuhan polistiren maka persamaannya adalah :

$$\bar{x} = \frac{15}{5} = 3 \qquad a = \bar{y}$$

$$\bar{y} = \frac{738356.698}{5} = 147671.339 \qquad a = 147671.339$$

$$b = \frac{\sum(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)}{\sum(\bar{x} - x)^2}$$

$$b = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}$$

$$\text{maka } b = \frac{2251528.574 - \frac{15 \times 147671.339}{5}}{55 - \frac{(15)^2}{5}}$$

$$b = \frac{2251528.574 - 443014.017}{55 - 45}$$

$$b = \frac{1808514.557}{10}$$

$$b = 180851.455$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi sebagai berikut :

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

$$y = 147671.339 + 180851.455 (x - 3)$$

$$y = 147671.339 + 180851.455x - 54255.365$$

$$y = 180851.455 x + 93415.974$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka proyeksi kebutuhan pada tahun 2024 adalah :

$$x = 11$$

$$y = 180851.455 x + 93415.974$$

$$y = 180851.455 (11) + 93415.974$$

$$y = 2082781.979 \text{ setara dengan } 2082781.979$$

Maka peluang kebutuhan polistiren di Indonesia pada tahun 2024 diperkirakan sebesar:

**peluang = Total kebutuhan dalam negeri – kapasitas produksi dalam negeri**

$$\text{Peluang}_{T2024} = (2082781.979 - 122800) \text{ Ton/Tahun}$$

$$\text{Peluang}_{T2024} = \mathbf{1959981.979 \text{ Ton/Tahun}}$$

Berdasarkan perhitungan persamaan diatas kapasitas yang di dapat untuk polistiren di Indonesia pada tahun 2024 5,1% dari hasil diatas sebesar 100.000 Ton/Tahun atau kekurangan dari kebutuhan polistiren.

## 1.4 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik akan menentukan kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan produksinya. Pabrik polistiren dengan kapasitas 100.000 Ton/Tahun berencana akan didirikan di Kawasan Industri Krakatau Estate Cilegon, Banten. Faktor-faktor yang mendukung untuk mempertimbangkan lokasi pemilihan pabrik, antara lain (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal 91-95) :

### 1.4.1 Penyediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan bagian yang penting dalam mempertimbangkan lokasi pendirian pabrik. Hal ini mempengaruhi biaya yang dibutuhkan untuk transportasi dari lokasi berdirinya pabrik dengan sumber bahan baku. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan ketersediaan bahan baku antara lain, harga bahan baku yang digunakan, biaya pengiriman atau transportasi, ketersediaan pasokan bahan baku, serta persyaratan penyimpanan. Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut maka lokasi yang cocok untuk mendirikan pabrik polistiren berada di Kawasan Industri Krakatau Estate Cilegon. Lokasi ini kami pilih karena berada diantara 2 sumber bahan baku utama untuk memproduksi polistiren yaitu styrene monomer dan etil benzene ini dapat disuplai dari PT. Styrimdo Mono Indonesia (SMI) yang berlokasi di Cilegon, Jawa Barat yang tidak jauh dari Merak sedangkan untuk kebutuhan Benzoil Peroksida dari PT Cortico Sejahtera berada di Jakarta.

### 1.4.2 Utilitas

Utilitas dibutuhkan sebagai sarana pendukung untuk kelancaran operasional, seperti keperluan listrik, air, dan bahan bakar. Untuk kebutuhan listrik didapat dari PLN setempat dan dari generator pembangkit. Kebutuhan air didapat dari PT. Krakatau Tirta Industri dan laut setempat.

#### 1.4.3 Tenaga Kerja (SDM)

Ketersediaan tenaga kerja berdasarkan kualifikasi merupakan pertimbangan yang sangat penting, oleh sebab itu dibutuhkan tenaga kerja yang berkualitas serta ahli dalam proses produksi secara keseluruhan. Selain itu tenaga kerja pendukung juga diperlukan dalam proses produksi diperindustrian, namun dapat terpenuhi dari masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi pabrik. Hal ini berdampak pada terciptanya lapangan kerja baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran.

#### 1.4.4 Iklim dan Letak Geografis

Cilegon merupakan daerah yang memiliki iklim stabil, temperature udara tidak mengalami penurunan maupun kenaikan yang cukup signifikan dimana temperature udara diantara 25-30 °C dan tekanan udara pada 1 atm, sehingga memungkinkan pabrik berjalan dengan lancar.

#### 1.4.5 Sarana Transportasi

Lokasi ini dekat dengan daerah pelabuhan untuk keperluan transportasi impor dan ekspor serta jalan raya dan jalan tol yang memadai sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku dan produk.

#### 1.4.6 Pemasaran Produk

Pasar merupakan salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi, lokasi yang dipilih untuk mempermudah dalam hal pemasaran harus strategis seperti dekat dengan konsumen ataupun dekat dengan pelabuhan, untuk mempermudah dalam pemasaran.

Daerah tersebut terdapat industri-industri yang mengkonsumsi polistiren, sehingga mendirikan pabrik yang mendekati lokasi pemasaran akan lebih menguntungkan karena biaya angkut yang dikeluarkan lebih sedikit dengan resiko pengangkutan lebih rendah,



seperti industri PT.HASTA PRIMA INDUSTRI bahan utama pembuatan packaging alat elektronik

#### 1.4.7 Tata Letak Pabrik

Lokasi pabrik berada di daerah Kawasan Industri Krakatau Estate Cilegon. Alasan pemilihan lokasi ini adalah karena pabrik dekat dengan bahan baku.



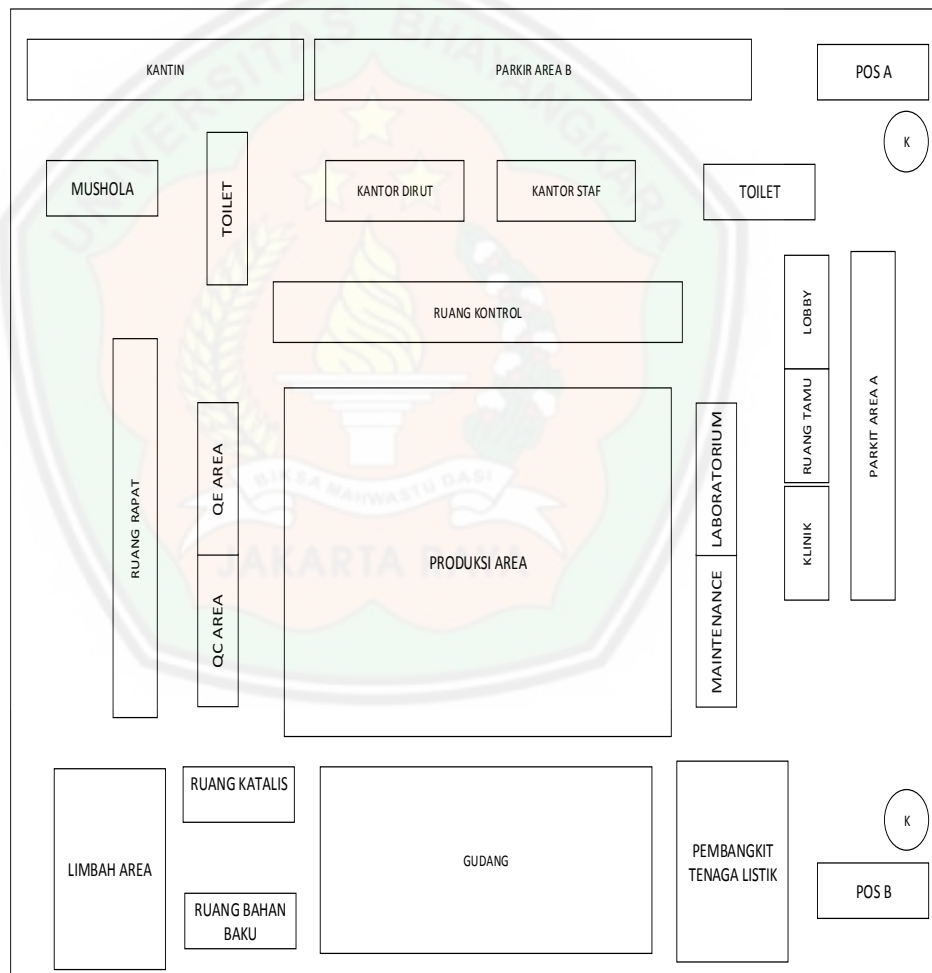
Sumber : [googlemaps.com](https://www.google.com/maps)

Gambar 1.1 Lokasi Pendirian Pabrik

Menurut (Vilbrant, 1959), lay out atau tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja dari para karyawan serta keselamatan proses. Desain yang rasional harus memasukan unsur lahan proses, storage (persediaan), dan lahan alternative (areal handling) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor :

- a. Urutan produksi
- b. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa mendatang

- c. Pemeliharaan dan perbaikan
- d. Distribusi ekonomis pada penandaan air, air panas, tenaga listrik dan bahan baku
- e. Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian pengaturan ruangan/lahan
- f. Masalah pembuangan limbah cair
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.



Gambar 1.2 Tata Letak Pabrik

#### 1.4.8 Kebutuhan Produk

Berikut ini keuntungan dari didirikannya pabrik Polistiren diantaranya :

1. Membantu memenuhi kebutuhan Polistiren di Indonesia.
2. Menambah pendapatan Negara.
3. Membuka lapangan kerja baru dan mengurangi pengangguran.
4. Membuka peluang bagi pengembangan industri-industri dengan bahan baku polistiren sehingga tercipta produk yang mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi.

#### 1.4.9 Kegunaan Produk

- Bahan isolator
- Bungkus makanan
- Furniture
- Bahan pengepakan
- Dan bahan peralatan rumah tangga

### 1.5 Pemilihan Proses

#### 1.5.1 Macam-macam Proses

Berdasarkan perkembangan teknologi, proses pembuatan polistiren ada empat jenis. empat jenis proses ini didasarkan pada fase reaksi polimerisasinya, yaitu larutan, bulk, suspensi dan emulsi.

##### 1. Polimerisasi Larutan

Proses ini dilakukan dengan monomer dengan pelarut yang cocok sebelum terjadi proses polimerisasi. Menurut (Kirk and Othmer, 1982) pelarut yang digunakan adalah etil benzena, untuk mengontrol kecepatan polimerisasi, menghilangkan panas polimerisasi dan mengurangi viskositas biasanya menggunakan etil benzena dengan adanya penambahan porsi yang sedikit sekitar 5-15%. Pada saat reaksi polimerisasi biasanya dilakukan pada suhu sedang, dan untuk mempercepat

proses reaksi biasanya menggunakan benzoil peroksida yang digunakan sebagai inisiator (ulmann's, 2005).

Pada proses ini memiliki kelemahan yaitu kemungkinan terjadinya perpindahan rantai yang menyebabkan pembentukan polimer dengan massa molekul yang lebih rendah. Selain itu, untuk memisahkan hasil polimer dan pelarutnya perlu proses lebih lanjut (Kirk and Othmer 1982).

## 2. Polimerisasi Bulk

Pada polimerisasi ini menggunakan monomer murni tanpa pelarut untuk meminimalkan kandungan residu monomer. Meskipun demikian, proses polimerisasi ini sangat sulit di kontrol karakteristik pertumbuhan rantai polimerisasi. Dengan kondisi eksotermis tinggi dan mempunyai energi aktivasi yang tinggi menyebabkan kesulitan mengontrol panas reaksi. Selain itu kelemahan dari proses ini adalah sulitnya menghilangkan panas polimerisasi dan sulitnya pengadukan dikarenakan viskositas yang terlalu tinggi (Ulmans's, 2005).

## 3. Polimerisasi Suspensi

Monomer yang mengandung inisiator yang terlarut disebarkan sebagai tetesan dalam cairan. Hal ini dilakukan dengan pengadukan yang cepat selama reaksi. Polimerisasi terjadi dalam tetesan. Metode ini memiliki keuntungan mudah dalam pengambilan panas reaksi dan hasil polimer yang terbentuk berupa butiran kecil sehingga mudah disimpan. Kelemahan cara ini yaitu metodenya yang cukup rumit dan perlu ketelitian yang tinggi dalam menjalankan prosesnya (Kirk and Othmer, 1982).

#### 4. Polimerisasi Emulsi

Polimerisasi ini menyerupai polimerisasi suspensi. Hal yang membedakannya adalah terdapat penambahan sabun untuk meningkatkan kualitas tetesan monomer. Sabun membentuk agregat molekul sabun atau misel, misel ini melarutkan monomer dengan cara mengambil monomer kebagian dalam misel. Inisiator yang larut dalam fase cair mendifusi ke dalam misel yang dipenuhi molekul molekul monomer. Selanjutnya, inisiator ini akan memicu terjadinya polimerisasi didalam misel. Dengan cara ini, polimerisasi bermassa tinggi dapat terbentuk. Umumnya digunakan untuk kopolimerisasi stirena dengan monomer lainnya atau polimer. Itu bukan metode yang umum diterapkan secara komersial dalam memproduksi high impact polistiren. Polimerisasi emulsi dilakukan mirip dengan polimerisasi suspensi, hanya saja proses ini menggunakan tetesan monomer yang berukuran mikroskopis. (Kirk and Othmer, 1982).

Tabel 1.3 Perbandingan kelebihan dan kekurangan proses polimerisasi

Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
Polimerisasi Larutan	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mudah dalam penghilang panas polimerisasi</li><li>- Viskositasnya rendah</li><li>- Pengontrolan suhu lebih mudah</li><li>- Kemurnian produk tinggi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dibutuhkan proses lebih lanjut untuk memisahkan polimer dan pelarutnya</li></ul>
Polimerisasi Bulk	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kemurnian produk tinggi</li><li>- Penanganan material mudah</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sangat eksotermis</li><li>- Viskositas tinggi</li><li>- Sulit dalam menghilangkan panas polimerisasi</li><li>- Waktu pengerjaan lama</li></ul>

Polimerisasi Suspensi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak ada kesulitan dengan panas polimerisasi</li> <li>- Polimer berbentuk butiran sehingga mudah di simpan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan ketelitian tinggi</li> <li>- Prosesnya rumit</li> <li>- Memerlukan unit pengering dan pencucian dalam proses produksi</li> </ul>
Polimerisasi Emulsi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prosesnya cepat tidak ada kesulitan dengan panas polimerisasi</li> <li>- Dapat diterapkan secara kontinyu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses rumit</li> <li>- Di mungkinkan terjadinya kontaminasi polimer dengan air dan agen pengemulsi</li> </ul>

Dari tabel diatas ,dipilih polimerisasi larutan dengan alasan :

1. Mudah dalam penghilang panas polimerisasi
2. Viskositasnya rendah
3. Pengontrolan suhu lebih mudah
4. Kemurnian produk tinggi

## 1.6 Uraian Proses

### 1.6.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Pada proses persiapan bahan baku styrene monomer sebagai bahan baku di simpan dalam bentuk cair dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm di simpan dalam tangki, bahan baku lainnya seperti etil benzene sebagai pelarut di simpan pada tangki dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm, sedangkan benzoil peroksida disimpan dalam bentuk serbuk dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm.

### 1.6.2 Proses Polimerisasi

Sebelum proses polimerisasi styrene monomer dan Etil Benzen yang terdapat didalam tangki masing –masing dialirkan bersamaan dengan arus recycle yang berasal dari flash drum dimana sisa dari

styrene monomer dan etil benzen yang tidak bereaksi diumpankan kembali ke dalam mixer , styrene monomer di alirkan dengan pompa dan etil benzen di alirkan dengan pompa untuk diumpankan kedalam mixer dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Untuk proses pelarutan bahan baku utama yaitu styrene monomer dengan pelarut etil benzen dengan perbandingan 5:3 (US Patent 1983).

Sedangkan untuk katalis benzoil peroxida diaktifkan terlebih dahulu, pengaktifan katalis atau inisiator benzoil peroxida dipanaskan didalam reaktor untuk memicu terbentuknya radikal pada katalis yang akan memicu pertumbuhan rantai polimer, setelah dipanaskan mencapai suhu 90°C dengan menggunakan heat exchanger akan terbentuk radikal Benzylic langsung diumpankan ke reaktor CSTR dengan bantuan pneumatic conveyor , bersamaan dengan aliran dari mixer yang berisi campuran styrene monomer dan etil benzen yang bersuhu 120°C, kondisi operasi didalam reaktor CSTR pada suhu 120°C pada tekanan 1 atm dalam kondisi eksoterm, didalam reaktor akan terjadi reaksi polimerisasi yang dimulai dari tahap Inisiasi yang dimana katalis sudah membentuk radikal benzylic , dilanjutkan dengan tahap propagasi dimana pada tahap ini mengacu pada pertumbuhan polimer yang diakibatkan penggabungan antara styrenemonomer dengan radikal benzylic yang aktif , pada tahap terakhir yaitu tahap terminasi dimana tahap ini bertujuan untuk memberhentikan tahap propagasi yang membentuk rantai polimer yang panjang lalu berhenti ketika konversi mencapai 80% dan radikal bebas melemah .

### 1.6.3 Tahap Permurnian

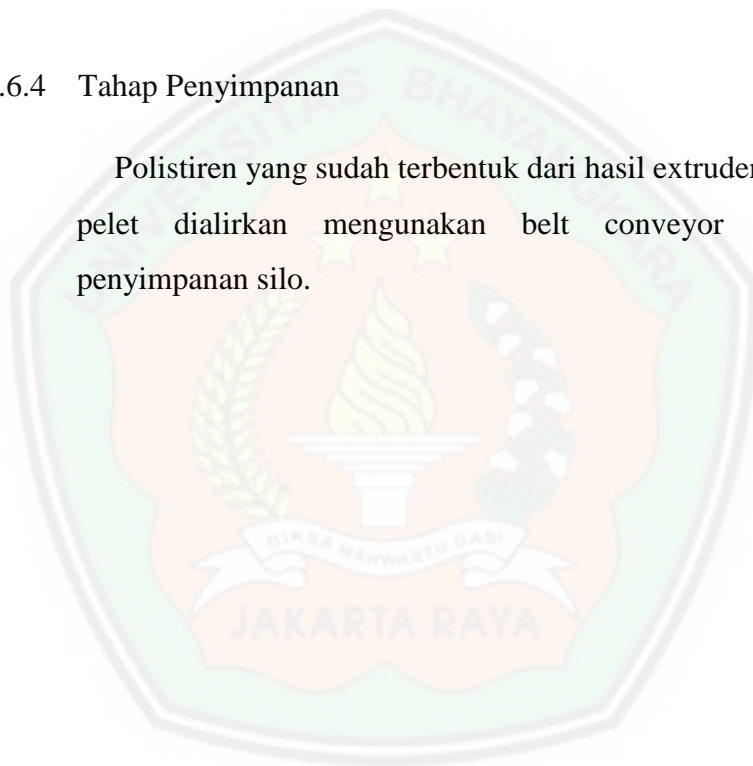
Pada tahap ini prodak yang berasal dari reaktor akan dialirkan dengan menggunakan pompa centrifugal dishcharge kedalam flash drum untuk tahap pemisahan dan permurnian , didalam flash drum polistiren akan mengalami pemisahan antara polistiren dengan sisa

styren dan etil benzen yang tidak bereaksi, pada tahap permurnian ini kondisi operasi pada flash drum pada suhu  $142^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 1 atm , hasil atas flash drum yaitu etil benzen dan styrene monomer di dinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan condensor sehingga dapat di umpankan kembali atau di recycle dengan bantuan pompa ke dalam mixer .

Polistiren yang telah keluar dari flash drum FD diumpankan ke dalam Extruder dengan suhu  $270^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm untuk membentuk polistiren menjadi pelet .

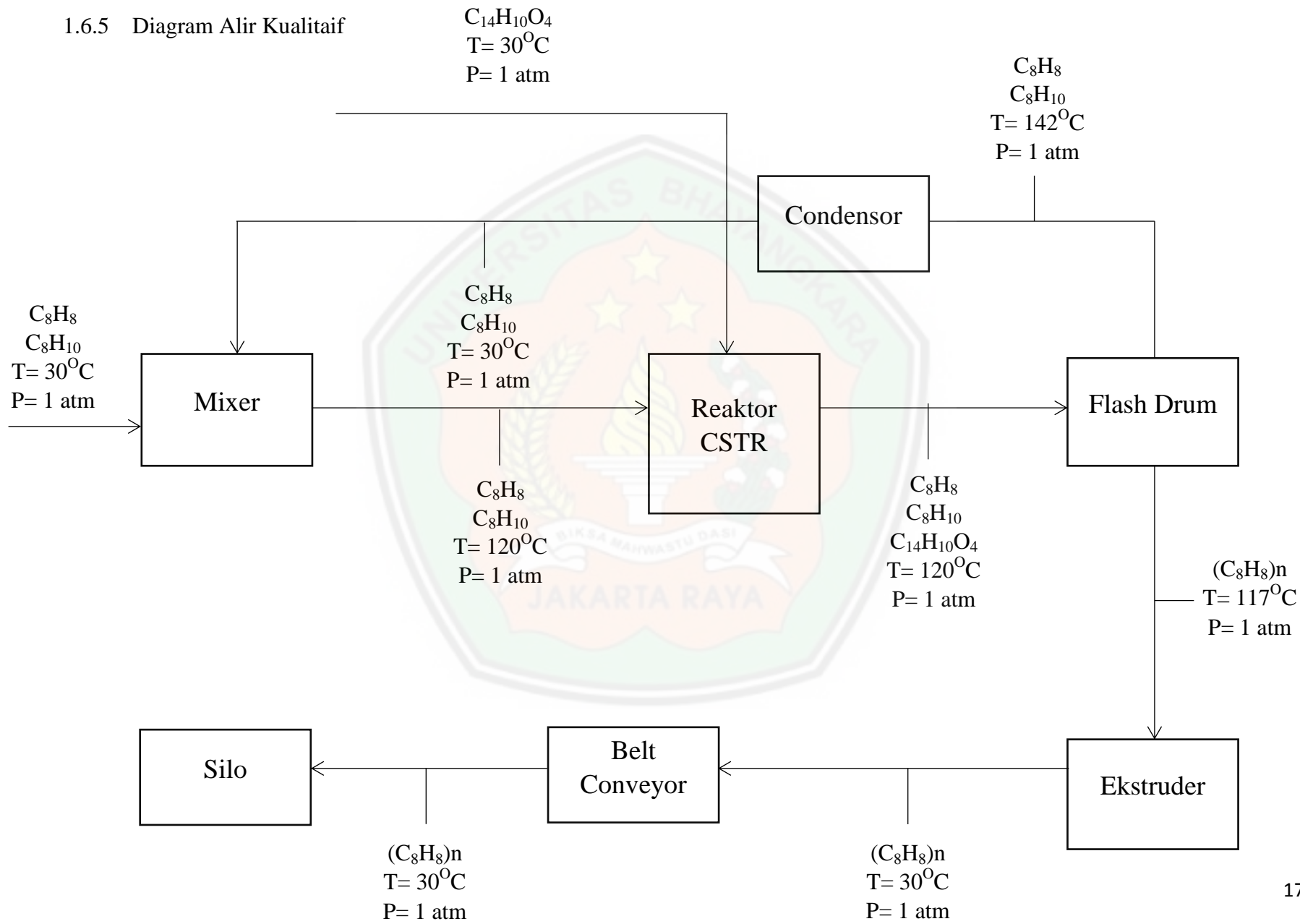
#### 1.6.4 Tahap Penyimpanan

Polistiren yang sudah terbentuk dari hasil extruder yang berbentuk pelet dialirkan menggunakan belt conveyer kedalam tanki penyimpanan silo.

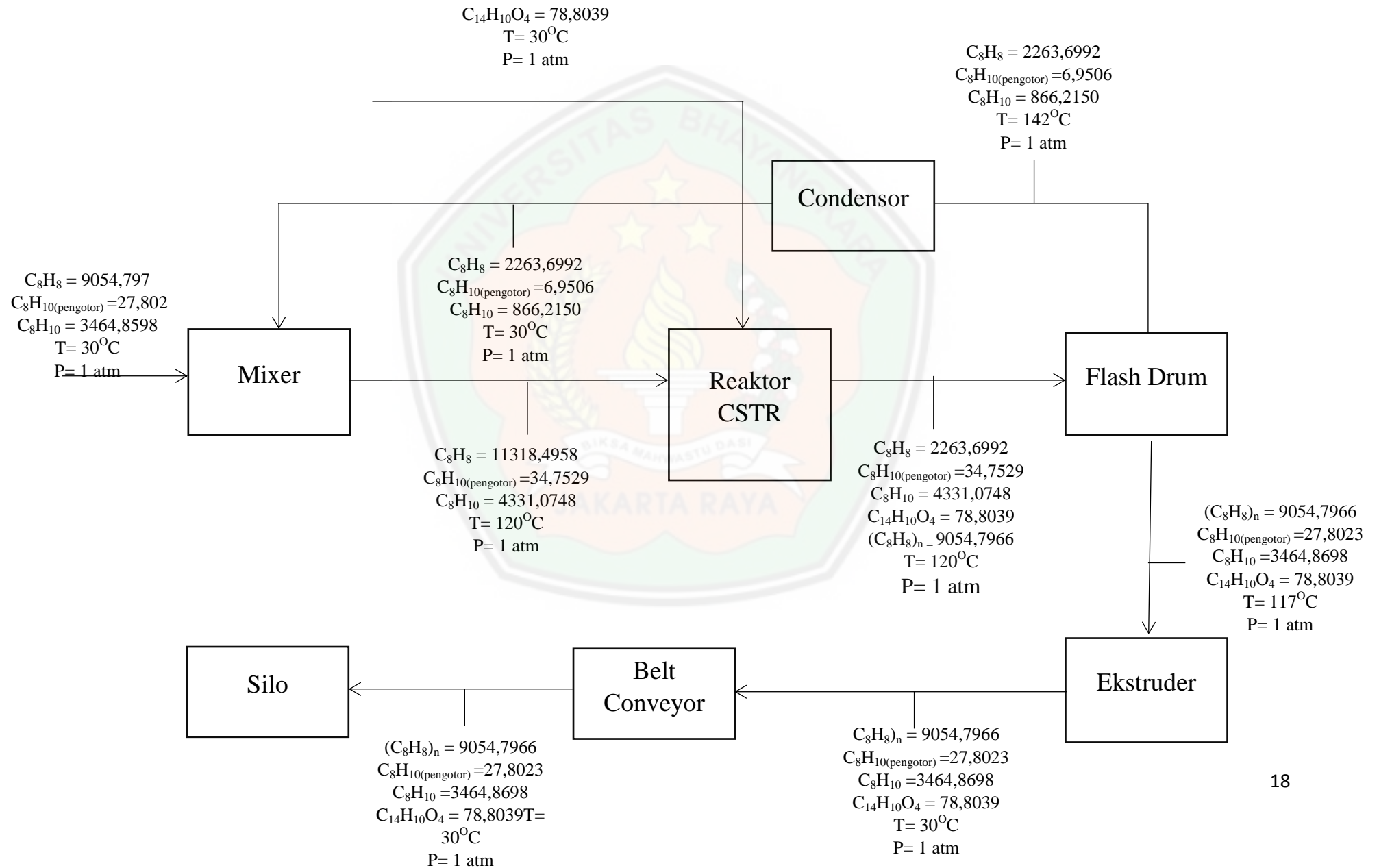




1.6.5 Diagram Alir Kualitaif



1.6.6 Diagram Alir Kuantitatif

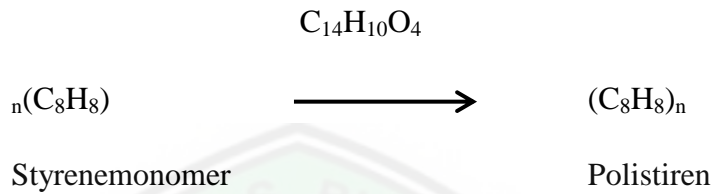


## 1.7 Tinjauan Pustaka

### 1.7.1 Dasar Reaksi

Proses pembuatan polistiren ini merupakan proses polimerisasi dengan bahan baku styrene monomer, etil benzene dan dengan bantuan katalis benzoil peroksida

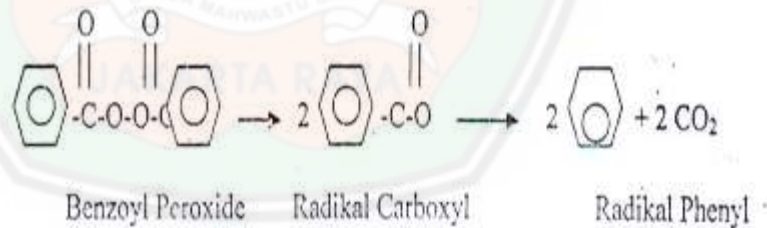
Tahap Reaksi



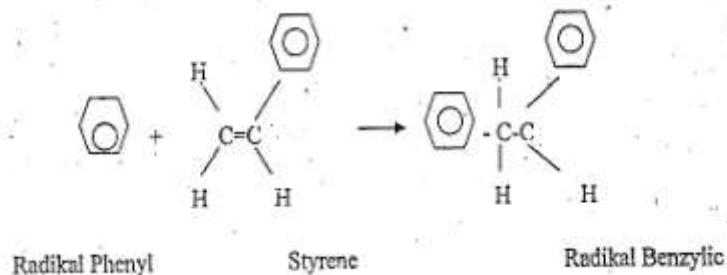
Reaksi polimerisasi pembentukan polistiren terdiri dari tiga tahapan reaksi menurut (Ebewele 2000)

#### a) Inisiasi

Tahap ini yaitu proses dimulainya pembentukkan radikal bebas dari katalis benzoil peroksida. Pada proses ini katalis di panaskan terlebih dahulu dengan menggunakan suhu 90 C yang akan membentuk radikal Phenyl

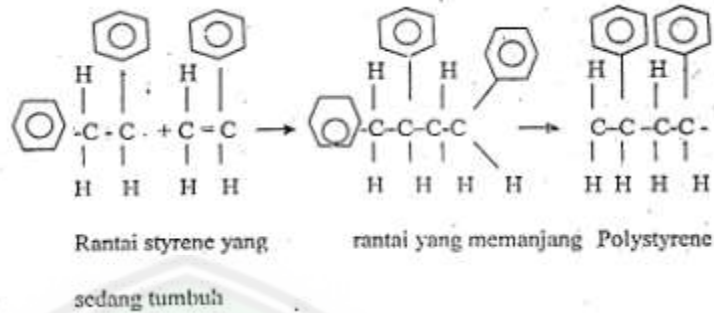


sebuah Radikal Phenyl akan masuk pada Styrene yang akan membentuk radikal Benzylic. Reaksi ini memulai pertumbuhan rantai polimer



b) Propagasi

Radikal Benzylic yang terbentuk akan menyerang monomer styrene lain secara terus menerus sehingga membentuk radikal polimer panjang.



c) Terminasi

Pada tahap ini terjadi reaksi proses propagasi dilanjutkan dengan proses terminasi yang merupakan proses penghentian propagasi. Rantai ini akan terus memanjang dengan adisi ratusan hingga puluhan ribu unit styrene. Reaksi berantai ini akan berhenti ketika monomer habis dan terjadi pemotongan rantai.

### 1.7.2 Menentukan n atau Repeating Unit

Untuk menentukan repeating unit dari polistiren dengan cara sebagai berikut :

Menurut Malcom P. Stevens pada buku kimia polimer BM untuk suatu polimer yaitu berkisar antara 15.000 hingga 20.000.

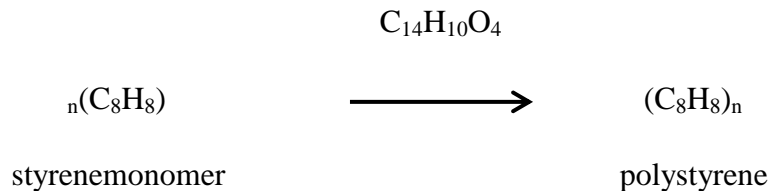
$$\text{BM polystyrene} = (\text{BM Styrenemonomer})n$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{\text{BM Polystyrene}}{\text{BM Styrene}} \\ &= \frac{17.500}{104.15} \\ &= 168.02 \end{aligned}$$

Jadi jumlah n nya itu adalah 168.02

### 1.7.3 Kinetika Reaksi

Proses pembuatan polistiren dengan metode polimerisasi larutan dalam fasa cair dengan reaksi utamanya yaitu :



katalis akan aktif dalam suhu  $90^\circ\text{C}$  dengan menggunakan tekanan 1 atm .

### 1.7.4 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika digunakan untuk mengetahui bagaimana sifat reaksi tersebut, apakah membutuhkan panas (endotermis) atau melepaskan panas (eksotermis), dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (irreversible) atau berbalik (reversible). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis/endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^0$ ) pada  $P= 1$  atm dan  $T = 298$  K.

Reaksi yang terjadi :



harga  $\Delta H_f^0$  298 reaksi dan  $\Delta G$  reaksi masing-masing, komponen dapat di lihat dari tabel berikut :

Tabel 1-4 Harga  $\Delta H_f^0$  masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H_f^0$ (kJ/kmol)
$C_8H_8$	147,46
$C_8H_{8n}$	82,9

Sumber: (Coulson Richardson s Vol.6)

$$\Delta H_{298} = (\Delta H_f^0 \text{ produk}) - (\Delta H_f^0 \text{ reaktan})$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} &= (\Delta H_f^0 (C_8H_{8n})) - (\Delta H_f^0 \cdot C_8H_8) \\ &= (82,9) - (147,46) \\ &= -64,56 \end{aligned}$$

Harga  $\Delta H_{298}$  bernilai negatif, maka reaksi pembentukan polistiren bersifat eksotermis atau mengeluarkan panas selama reaksi berlangsung, sehingga untuk menjaga agar reaksi tetap berlangsung pada kondisi proses di butuhkan cooling

. Energi Bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) digunakan untuk menentukan apakah reaksi dapat berjalan atau tidak apabila  $\Delta G$  bernilai negatif maka reaksi dapat berjalan , apabila  $\Delta G$  positif maka reaksi tidak dapat berjalan , Jika nilai  $\Delta G$  adalah nol maka reaksi terjadi secara spontan, jika,. Berikut adalah perhitungan nilai  $\Delta G$  :

Tabel 1-5 Data mencari  $\Delta G$

$$\Delta G = \Delta H - T \times \Delta S$$

$C_8H_8$	$\Delta H = -69,9$
	$\Delta S = -0,015$
T	120

Sumber:(Billmeyer,1994)

$$\Delta G = -69,9 - (120 \times -0,015)$$

$$\Delta G = -57,3$$

Perhitungan harga konstanta kesetimbangan (K) dapat ditinjau dari rumus sebagai berikut :

$$\Delta H_G = -RT \ln K$$

Atau

$$K = \exp^{-\Delta H_G/RT}$$

Dimana :

$\Delta H_G$  = energi bebas Gibbs standar, (Kj/mol)

R = Tetapan gas ideal, (0,008314 Kj/mol. K)

T = Temperatur, K

K = Konstanta Kesetimbangan

(S.K Dogra & S. Dogra, 1990)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan pada  $T_{\text{reaktor}} = 393$  K adalah sebagai berikut

$$\Delta G = - RT \cdot \ln K$$

$$\ln K = \Delta G / -RT$$

$$\ln K = -57,3 / -8,3145 \times 393$$

$$K = \exp 2708,3889$$

$$K = 7,9 \times 10^{+E05}$$

Karena nilai K bernilai positif maka dapat disimpulkan reaksi berjalan secara irrevesibel atau searah ke arah prodak.

## 1.8 Spesifikasi Bahan

### 1.8.1 Spesifikasi Bahan Baku

#### a. Stirena Monomer

Stirene adalah komponen aromatik paling sederhana dengan sebuah rantai sisi tidak jenuh. Stirene monomer murni memiliki bau yang enak. Bau yang tajam menusuk disebabkan oleh adanya aldehid yang terbantu karena kontak dengan udara.

- Rumus Kimia :  $C_8H_8$
- Massa Molekul : 104,2 g/mol
- Wujud : cair
- Titik leleh :  $-31\text{ }^\circ\text{C}$
- Titik didih :  $145\text{ }^\circ\text{C}$  pada 1,013 hPa
- Titik nyala :  $31\text{ }^\circ\text{C}$  pada 1,013 hPa
- Tekanan uap : 6,67 hPa pada  $20\text{ }^\circ\text{C}$
- Viskositas : 0.762 cP pada  $20\text{ }^\circ\text{C}$
- Densitas :  $909\text{ kg/m}^3$
- Kelarutan air : 320 mg/l pada  $25\text{ }^\circ\text{C}$

( Idesa Petroquimica)

#### b. Ethyl Benzene

Etilbenzena adalah senyawa organik dengan rumus  $C_8H_{10}$ . Ini adalah cairan yang sangat mudah terbakar, tidak berwarna dengan bau yang mirip dengan bensin. Hidrokarbon aromatik monosiklik ini penting dalam industri petrokimia sebagai perantara dalam produksi styrene, pendahulu polistirena, bahan plastik yang umum. Pada 2012, lebih dari 99% etilbenzena yang dihasilkan dikonsumsi dalam produksi styrene.

- Rumus kimia :  $C_8H_{10}$
- Berat molekul : 106.17 g/mol
- Wujud : Cair



- Titik leleh : -95 °C
- Titik didih : 136 °C
- Titik nyala : 15 °C
- Viskositas : 0,773 cP pada 20 °C
- Densitas : 0,867 g/ml pada 25 °C

(cdh chemical)

## 1.8.2 Spesifikasi Katalis

### a. Benzoil Peroksida

Sebagai inisiator dari polimerisasi pada pembuatan polimer stiren dan resin lainnya, digunakan pada industri tekstil, pembuatan cat, bleaching dalam food processing.

- Rumus kimia :  $C_{14}H_{10}O_4$
- Wujud : padat
- Titik leleh : 79,5 - 81 °C (175,1 – 177,8 °F)
- Titik didih : 218 °C
- Titik nyala : 80 °C (176 °F)
- Tekanan uap : 0,08 mbar pada 20 °C
- Densitas : 0,990 g/ml pada 25 °C
- Viskositas : 1.33 cP pada 20 °C

(gs mds)

## 1.8.3 Spesifikasi Produk

### a. Polystyrene

- Rumus kimia :  $(C_8H_8)_n$
- Wujud : padat berbentuk pellet
- Titik leleh : 270 °C
- Kekuatan tarik (t) : 46-60 Mpa
- Densitas : 65.5 lb/ft<sup>3</sup>
- Viskositas : 109 MI/g

Hoehn Plastics Safety Data Sheet