

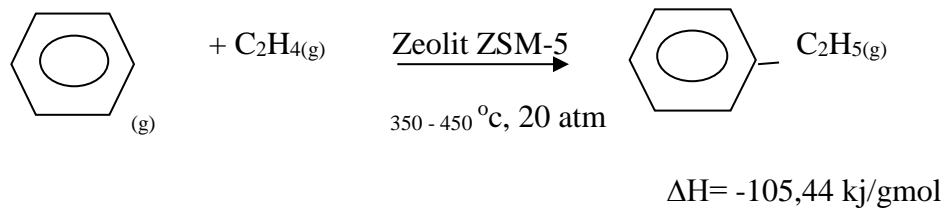
### BAB III

#### PERANCANGAN PROSES

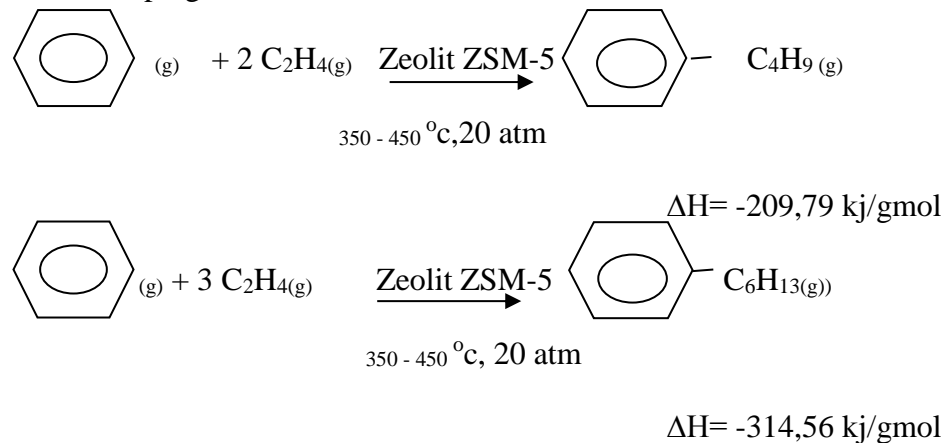
##### 3.1. Uraian Proses

Proses pembuatan etilbenzen dari benzen dan etilen merupakan proses alkilasi benzena pada fase gas yang dilakukan didalam reaktor *Fixed Bed Multi Tube* sehingga menghasilkan produk etilbenzen dengan katalis Zeolit ZSM-5. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

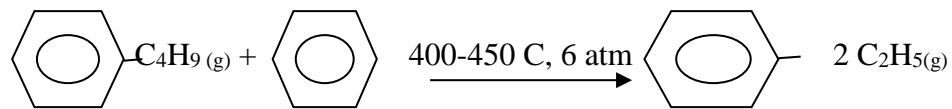
Reaksi utama :



Reaksi Samping :



Dietilbenzen yang terjadi kemudian direaksikan dengan benzen menjadi etilbenzen di dalam reaktor Transalkilasi *Fixed bed single bed*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



$$\Delta H = -31,786 \text{ kJ/gmol}$$

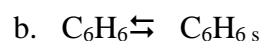
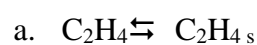
### 3.1.1. Mekanisme Reaksi

Reaksi pembentukan etilbenzen dengan proses *Mobil-Badger* adalah termasuk reaksi heterogen yang melibatkan dua fase yaitu reaktan dalam fase gas dan katalis dalam fase padat.

Tahapan reaksi pada reaksi heterogen fase gas-padat adalah sebagai berikut:

#### 3.1.1.1. Adsorpsi

Adsorpsi reaktan pada permukaan katalis :



Pada tahap ini terjadi adsorpsi reaktan pada Zeolit ZSM-5, dimana pada reaksi fase gas dengan katalis padat terjadi difusi *bulk* dan difusi Knudsen ke dalam pori-pori katalisator. Adapun harga difusivitas dari rumus Knudsen :

$$(D_K)_A = 9,7 \cdot 10^3 \cdot (a) \cdot (T/MA)^{1/2}$$

Dimana:

$(D_K)_A$  = Difusivitas Knudsen molekul A

a = jari-jari katalis

Dengan harga difusivitas yang tinggi maka suhu yang diperlukan akan tinggi pula.

Harga difusivitas dari rumus Chapman Enskog:

$$D_{AB} = \frac{0,0018583 \cdot T^{3/2} \cdot (1/MA + 1/MB)^{1/2}}{P_t \cdot \sigma_{AB}^2 \cdot \Omega_{AB}}$$

Dimana:

$D_{AB}$  = difusivitas bulk,  $\text{cm}^2/\text{dtk}$

T = suhu mutlak, K

MA,MB = berat molekul gas A dan B, gram/mol

$P_t$  = tekanan total campuran gas, atm

$\sigma_{AB, E_{AB}}$  = konstanta potensial energi untuk pasangan molekuler gas AB

$\Omega_{AB}$  = integral tumbukan yang merupakan fungsi  $(KbT)/E_{AB}$   
untuk gas nyata

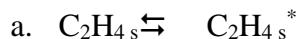
Kb = konstanta Boltzman

Harga difusivitas Chapman sangat dipengaruhi tekanan, dengan suhu yang tinggi dan tekanan yang tinggi, maka difusivitas yang dihasilkan rendah.

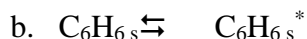
Dengan harga difusivitas yang rendah akan memberikan tahanan difusi yang besar, sehingga rezim yang berpengaruh pada tahap adsorpsi reaktan pori katalis adalah rezim fisika.

### 3.1.1.2. Aktivasi

Pada tahap ini reaktan yang telah teradsorpsi akan bersifat aktif di permukaan katalis.



Aktivasi etilen teradsorbsi menjadi etilen teraktivasi.

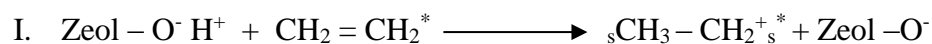


Aktivasi benzen teradsorbsi menjadi benzen teraktivasi.

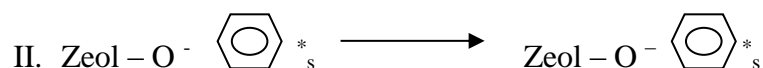
Langkah ini termasuk reaksi homogen irreversibel orde satu dengan harga kecepatan reaksi ditinjau dari persamaan Arrhenius,  $k = A.e^{-E/RT}$ . Reaktan yang telah teradsorbsi akan bersifat aktif di permukaan katalis, sehingga suhu tinggi digunakan dalam aktivasi ini. Hal ini dapat dilihat dari reaksi yang terjadi adalah reaksi homogen orde satu, dimana dengan suhu tinggi akan memperbesar energi tumbukan dan memperbanyak jumlah reaktan yang teradsorbsi.

### 3.1.2. Reaksi Permukaan

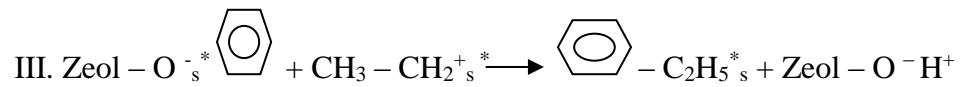
Apabila alkilasi benzen dengan etilen menggunakan katalis zeolit maka etilen yang diadsorbsi diprotonasi pada letak asam Bronstead pada permukaan katalis sehingga membentuk ion etil karbonium dimana ion karbonil akan menempel pada cincin benzen sehingga terbentuk etilbenzen. Adapun mekanisme reaksi yang terjadi:



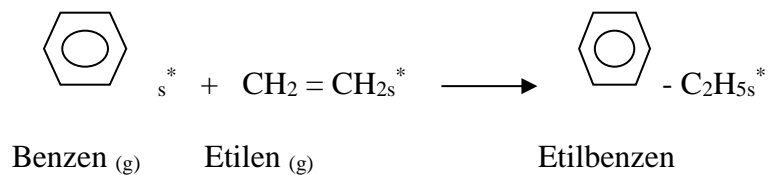
Pada tahap ini terjadi reaksi Etilen teradsorbsi dan telah teraktivasi pada permukaan katalis bereaksi dengan katalis Zeolit membentuk Etil karbonium dan  $\text{Zeol-O}^-$ .



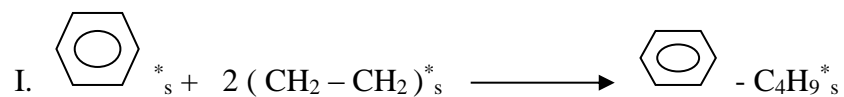
Zeol - O<sup>-</sup> bereaksi dengan benzen teradsorbsi dan telah teraktivasi pada permukaan katalis membentuk Zeol - O<sup>-</sup> benzen.



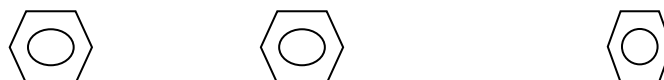
Ion karbonil selanjutnya menumbuk atau menempel pada cincin benzen sehingga membentuk etilbenzen, sedangkan proton ditangkap kembali oleh zeolit. Sehingga reaksi secara keseluruhan pada permukaan dapat ditentukan yaitu:

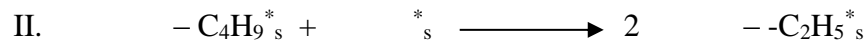


Katalis yang digunakan didalam proses alkilasi dan transalkilasi ini adalah zeolit tipe ZSM-5, katalis ini berbentuk padat, terdiri dari unsur Si dan Al dengan rasio 80% berat dan kondisi aktif pada temperatur 350 – 450 °C dan tekanan 15 -20 atm. Reaksi translakilasi merupakan reaksi samping dari pembentukan etilbenzen, dimana mekanisme reaksi yang terjadi terdiri dari 2 tahap yaitu :



Benzen teradsorbsi dan teraktivasi pada permukaan katalis bereaksi dengan dietil teradsorbsi dan teraktivasi pada permukaan katalis membentuk dietil benzene.





Dietilbenzen bereaksi dengan benzen teradsorpsi dan teraktivasi sehingga menghasilkan etilbenzen.

Reaksi yang terjadi dipermukaan adalah reaksi homogen orde dua dikarenakan yang menentukan adalah kedua reaktannya. Reaksi permukaan ini merupakan langkah yang menentukan, dikarenakan dengan melihat dari suhu yang digunakan dalam reaktor adalah tinggi. Suhu yang tinggi akan mengakibatkan tumbukkan semakin besar sehingga kecepatan reaksi akan semakin besar sehingga dalam hal ini rezim yang mempengaruhi adalah rejim kimia.

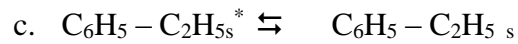
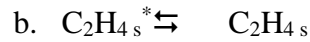
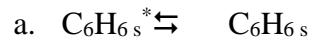
*Ditinjau dari segi termodinamika*, pembentukan etilbenzen adalah reaksi yang bersifat eksotermis dengan ethalphy standar ( $\Delta H_{298}$ ) adalah -105,42 kJ/gmol.

*Ditinjau dari segi kinetika reaksi*, pembentukan etilbenzen adalah reaksi heterogen dengan katalis padat, sehingga reaksi yang terjadi adalah reaksi antar muka gas dan padatan, dimana gas harus mendifusi dan diadsorpsi dulu pada permukaan padatan agar terjadi reaksi. Selain itu pula bahwa yang termasuk reaksi antar muka adalah reaksi irreversible yang tidak perlu dihitung harga  $\Delta G$  reaksi tersebut.

### 3.1.3. Deaktivasi

Produk yang telah dihasilkan dari permukaan katalis akan menurunkan energi aktivasi dan melepas situs aktifnya. Kecepatan

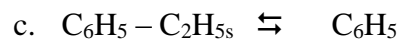
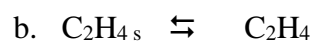
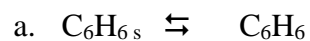
terjadinya deaktivasi sesuai dengan konsep Arrhenius,  $k = A \cdot e^{-E/RT}$



Pada tahap ini terjadi deaktivasi benzen menjadi benzen teradsorpsi, deaktivasi etilen menjadi etilen teradsorpsi dan deaktivasi etilbenzen menjadi etilbenzen teradsorpsi. Pada langkah ini diperlukan suhu tinggi ditunjukkan agar produk dapat terlepas dari situs aktifnya. Selain itu, suhu yang tinggi diperlukan untuk mempercepat deaktivasi produk dipermukaan katalis.

#### 3.1.4. Desorpsi

Produk yang akan berdifusi dari permukaan dalam mulut pori pada permukaan luar katalis kemudian dilanjutkan dengan difusi produk dari permukaan ke bulk fluid. Adapun desorpsi produk teradsorpsi di permukaan katalis :



Pada tahap ini terjadi reaksi desorpsi benzen menjadi benzen bebas, desorpsi etilen menjadi etilen bebas dan dsorpsi etilbenzen menjadi etilbenzen bebas. Kondisi pada proses desorpsi berlawanan dengan proses adsorpsi dimana suhu tinggi digunakan pada proses desorpsi, dengan didasarkan pada

persamaan Chapman :

$$D_{AB} = \frac{0,0018583.T^{3/2}.(1/MA + 1/MB)^{1/2}}{P_t.\sigma_{AB}^2.\Omega_{AB}}$$

Persamaan ini merupakan fungsi dari tekanan dan suhu, dimana bila suhu tinggi maka harga difusivitas tinggi, sehingga tekanan yang diperlukan rendah. Difusi produk dari bagian dalam pori ke permukaan luar katalis, pada reaksi pembentukan etilbenzen dikarenakan pori katalis besar maka terjadi difusi reaktan ke dalam pori dan terbentuk produk. Sehingga hal ini mengakibatkan terjadi langkah difusi produk ke luar pori ( tahanan difusi kecil) dan rejim yang berpengaruh pada tahap ini adalah rejim kimia.

### 3.1.5. Kondisi Operasi

Kondisi operasi dalam pembuatan *ethylbenzene* ini dipengaruhi oleh perbandingan mol benzena dan etilen, temperatur, tekanan, dan jenis katalis yang digunakan. Rasio molar benzena dan etilen dipilih 7:1, karena dengan rasio tersebut akan meminimumkan reaksi samping menjadi DEB ( *diethylbenzene* ) dan TEB ( *triethylbenzene* ). Bila rasio molar benzena dengan etilen lebih kecil akan menghasilkan DEB dan TEB yang lebih besar daripada *ethylbenzene*, sedangkan konversi *ethylene* adalah 99,7% dengan menggunakan katalis zeolit ZSM-5.

Proses alkilasi benzen menjadi etilbenzen dilakukan pada fase gas dengan tekanan 15 -20 atm dan suhu reaksi dijaga 350 – 450 °C dengan menggunakan katalis ZSM-5. Hal ini dilakukan dengan melihat pertimbangan pengaruh kondisi suhu dan tekanan yang tinggi di dalam



tahapan reaksi heterogen katalitik gas-padat agar reaksi berjalan sempurna. Semakin tinggi tekanan dan temperatur akan menyebabkan kecepatan reaksi bertambah cepat, namun pada temperatur yang terlalu besar akan meningkatkan terjadinya reaksi samping. Selain itu, katalis ZSM-5 digunakan agar lebih cepat mengarahkan reaksi bergeser ke kanan dengan konstanta kecepatan reaksi yang tinggi dimana katalis ini aktif pada kondisi suhu dan tekanan tinggi. Dengan melihat kondisi operasi tersebut, maka dipilih jenis reaktor *Fixed Bed Multi Tube* yang di dalam pipa-pipanya diisi katalisator dan dilengkapi dengan sistem pendingin pada *Shell* reaktor untuk mencegah kenaikan temperatur yang terlalu tinggi dan untuk menekan terjadinya reaksi samping. Hal ini dikarenakan reaksi heterogen katalitik gas-padat pembentukan etilbenzen sangat eksotermis dan bertekanan tinggi. Sedangkan pada reaktor transkilasi dipilih reaktor *Fixed Bed Single Bed* karena reaksi bereaksi tidak sangat eksotermis dan bahan yang bereaksi sedikit. Dalam *reactor* ini proses beroperasi pada suhu 400°C-450°C dan tekanan 6 atm.

### **3.1.6. Langkah Proses**

Secara umum, proses pembuatan etilbenzen dari benzen dan etilen dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

#### **3.1.6.1. Tahap Penyiapan Bahan Baku**

Dari bahan baku etilen dan benzen, benzen ditampung dalam tangki silinder (T-01) beratap kerucut pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan

kapasitas penyimpanan 15 hari. Dari tangki penyimpanan, *fresh* benzen dialirkan ke dalam pencampur (M-01) kemudian dicampur dengan *recycle* benzena hasil atas kolom distilasi (DC-01) yang bersuhu 79°C. Campuran benzena ini mempunyai suhu akhir sebesar 59°C. Kemudian menggunakan pompa (P-02) benzena akan dinaikkan tekanannya menjadi 20 atm. Benzena kemudian dinaikkan suhunya hingga suhu *bubble point*, yaitu 209°C menggunakan *heat exchanger* (PRH-01). Benzena kemudian diumpankan ke dalam *vaporizer* (VP-01) untuk diuapkan. Uap benzena yang dihasilkan dinaikkan suhunya lagi menggunakan *heat exchanger* (E-01) hingga suhu 350°C. Benzena siap diumpankan ke dalam reaktor alkilasi.

Bahan baku etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri Petro Chemical yang dialirkan langsung pada kondisi 30 °C, tekanan 16 atm. Etilen kemudian disimpan dalam tangki *spherical*. Sebelum dialirkan ke *reactor* etilen dinaikkan tekanannya terlebih dahulu menjadi 20 atm menggunakan kompresor (C-01). Setelah dinaikkan tekanannya, suhu etilen akan naik menjadi 85°C, setelah itu suhunya dinaikkan lagi menjadi 350°C menggunakan *heat exchanger* (E-02). Etilen siap diumpankan kedalam reaktor alkilasi.

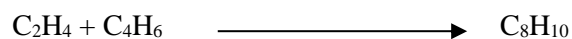
Setelah benzene dan etilene mencapai suhu yang diinginkan untuk bereaksi selanjutnya dicampur pada *mixing point* untuk selanjutnya dialirkan ke *reactor*.

### **3.1.6.2. Tahap Reaksi**

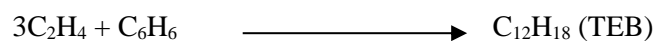
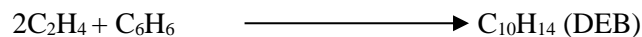
Reaksi pembentukan *ethylbenzene* terdiri dari 2 reaksi, yaitu reaksi alkilasi dan transalkilasi. *Reactor* pertama adalah *reactor* untuk proses alkilasi menggunakan reaktor jenis fixed bed multitube sedangkan pada proses transalkilasi digunakan *reactor* jenis fixed bed single bed.

#### ❖ Reaksi Alkilasi

Pada *reactor* alkilasi R-01 jenis reaktor yang digunakan adalah fixed bed multitube. Tiap pipa diisi dengan katalis zeolite ZSM -5. Reaksi yang terjadi berlangsung pada tekanan 20 atm dan suhu 350°C hingga 450°C. Di dalam *reactor* terjadi reaksi alkilasi benzene dengan *ethylene* menjadi *ethylbenzene* dengan konversi 99,7% dengan reaksi utama sebagai berikut :



berlangsung menurut reaksi :



Reaksi benzene dengan *ethylene* membentuk *ethylbenzene* berlangsung secara eksotermis. Pendinginan dilakukan pada *Shell* reaktor untuk menurunkan suhu. Pendinginan ini menggunakan dowterm A gunanya untuk menghindari "*Hot Spot*". Reaksi alkilasi pada reaktor alkilasi (R-01) bersifat eksotermis sehingga suhu keluaran reaktor akan naik menjadi 399°C. Sebelum diproses lebih lanjut, produk keluaran reaktor alkilasi (R-01) akan diturunkan tekanannya terlebih dahulu menggunakan *expansion valve* hingga tekanan keluaran menjadi 1,2 atm. Panas keluaran reaktor yang tinggi dimanfaatkan sebagai media pemanas bahan baku benzene dan etilen

pada *heat exchanger* (E-01) dan (E-02). Setelah melewati *expansion valve*, produk keluaran reaktor alkilasi (R-01) kemudian didinginkan menggunakan *cooler* (CL-01) melalui), suhu keluarannya turun menjadi sebesar 250°C.

#### ❖ **Reaksi Transalkilasi**

Pada *reactor* transkilasi yaitu *Fixed Bed Single Bed* terjadi reaksi transalkilasi antara benzene dan DEB membentuk *ethylbenzene* dengan konversi 100 %, menurut reaksi :



Pada reaksi Transalkilasi ini DEB hasil dari menara distilasi (CD-03) bersuhu 147°C dialirkan ke *reactor* transkilasi dan dicampur dengan benzene hasil *recycle* menara distilasi (CD-01) bersuhu 78°C menggunakan pencampur (M-04) untuk direaksikan kembali dalam *reactor* transkilasi. Suhu dari hasil campuran kedua umpan ini adalah sebesar 97°C. Kemudian campuran umpan ini dinaikkan tekanannya dari 1 atm menjadi 6 atm menggunakan pompa sentrifugal (P-14). Kemudian campuran umpan ini akan diuapkan menggunakan *vaporizer* 2 (VP-02), dengan suhu masuk sebesar 122°C dan suhu keluaran *vaporizer* 2 (VP-02) sebesar 161°C. Sebelum masuk ke *reactor* transalkilasi (R-02), terlebih dahulu campuran ini dinaikkan suhunya menjadi 400°C menggunakan *heat exchanger* (HE-04). Campuran uap siap diumpankan masuk *reactor* transalkilasi (R-02). Reaksi transalkilasi bersifat eksotermis sehingga pada keluaran *reactor* transalkilasi (R-02) suhu produk keluaran *reactor* akan naik menjadi 401°C

dan tekanannya akan turun menjadi 5,8 atm. Seperti halnya pada *reactor* alkilasi (R-01), sebelum diproses lebih lanjut produk keluaran *reactor* akan diturunkan tekanannya terlebih dahulu dari 5,8 atm menjadi 1,2 atm. Panas produk keluaran *reactor* transalkilasi dimanfaatkan sebagai media pemanas umpan masuk *reactor* transalkilasi (R-02). Setelah tekanannya diturunkan produk keluaran *reactor* didinginkan dalam *cooler* (CL-04) menjadi 250°C, untuk dikondensasi menjadi suhu 97°C sehingga dapat dicampur dengan keluaran kondenser parsial (CDP-01).

### **3.1.6.3. Tahap Pemurnian**

Produk keluaran reaktor alkilasi (R-01) yang telah dimanfaatkan panasnya sebagai media pemanas umpan, kemudian akan dikondensasikan menggunakan kondenser parsial (CDP-01) untuk memisahkan *inert* yang berupa metana, etana dan sisa etilen yang tidak bereaksi. Suhu masuk kondenser parsial (CDP-01) adalah sebesar 250°C dan dikondensasikan hingga suhu keluarnya mencapai 90°C. Gas metana, etana dan etilen yang tidak terkondensasi dikeluarkan melalui *vent* yang terdapat pada kondensar parsial (CDP-01). Sedangkan cairan hasil keluaran dari kondenser parsial (CDP-01) dicampur dengan cairan hasil keluaran dari keluaran kondenser (CDP-02) untuk diumpankan menuju menara distilasi 1 (CD-01). Umpan masuk pada menara distilasi 1 (CD-01) pada suhu 91°C dan tekanan 1,2 atm. Hasil atas menara distilasi 1 (CD-01) adalah berupa benzena yang akan digunakan kembali sebagai umpan reaktor alkilasi (R-01) dan sebagai

umpan reaktor transalkilasi (R-02). Sedangkan hasil bawah berupa produk etilbenzena dan produk samping dietilbenzena. Umpan masuk menara distilasi 2 (CD-02) dalam kondisi cair jenuh yaitu pada suhu 147°C. Hasil atas menara distilasi berupa produk etilbenzena. Sedangkan hasil bawah berupa produk samping berupa dietilbenzena dan trietilbenzena. Umpan masuk menara distilasi 3 (CD-03) dalam kondisi cair jenuh yaitu pada suhu 194°C. Hasil atas menara distilasi berupa produk samping dietilbenzena yang nantinya digunakan sebagai umpan pada reaktor transalkilasi (R-02). Sedangkan hasil bawah berupa produk samping trietilbenzene yang dialirkan ke tangki penyimpanan produk samping. Produk etilbenzena dari hasil atas menara distilasi 2 (CD-02) sebelum disimpan pada tangki penyimpanan (T-02) pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm, diturunkan dahulu suhunya dengan cara dilewatkan pada *cooler* (CL-02). Begitu juga dengan trietilbenzene hasil dari menara distilasi 3 (CD-03) diturunkan suhunya dengan *cooler* (CL-03) sebelum disimpan pada tangki penyimpanan (T-03) pada suhu 40°C.

### 3.2. Spesifikasi Peralatan Proses

Alat Proses yang dirancang adalah:

1. Tangki penyimpanan
2. Pompa
3. Kompresor
4. *Heat exchanger*

5. *Vaporizer*
6. Reaktor
7. Tangki Separator
8. Kolom distilasi
9. Kondensor kolom distilasi
10. *Expansion valve* kolom distilasi
11. Akumulator

### **3.2.1. Tangki Penyimpanan**

#### **3.2.1.1. Tangki Penyimpanan Bahan Baku Benzen**

Fungsi	: Menyimpan bahan baku Benzen cair selama 15 hari
Tipe	: Tangki silinder beratap kerucut
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 44.253 bbl.
Bahan	: <i>Carbon steel SA-285 Grade C</i>
Diameter	: 90 ft
Tinggi	: 42 ft
Tebal <i>Shell</i>	: a. <i>Course 1</i> : 0,25 in. b. <i>Course 2</i> : 0,25 in. c. <i>Course 3</i> : 0,25 in. d. <i>Course 4</i> : 0,25 in. e. <i>Course 5</i> : 0,25 in.

f. *Course 6* : 0,25 in.

g. *Course 7* : 0,25 in.

Tebal *head* : 1,2867 in.

Tinggi Tangki : 62,4204 ft

Harga : \$ 605.547

**Kondisi Penyimpanan**

Tekanan : 1,2 atm

Suhu : 30°C



### 3.2.1.2. Tangki Penyimpanan Bahan Baku Etilen

Fungsi : Menyimpan bahan baku Benzen cair selama 1 hari

Tipe : Tangki *spherical*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 20.641 bbl.

Bahan : *Carbon steel SA-283 Grade C*

Diameter : 50 ft

Tinggi : 60 ft

Tebal *Dinding* : 10 in

Harga : \$ 732.278

#### **Kondisi Penyimpanan**

Tekanan : 259,93 psi

Suhu : 30°C

### 3.2.1.3. Tangki Penyimpanan Produk *Ethylbenzene*

Kode : T-02

Fungsi : Menyimpan produk *Ethylbenzene* cair selama 7 hari

Tipe : *Cylindrical-Conical Roof-Flat Bottom*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 32.230 bbl

Bahan : *Carbon steel SA-283 Grade C*

Diameter : 70 ft

Tinggi : 36 ft

Tebal *Shell* : a. *Course* 1 : 3/4 in  
 b. *Course* 2 : 3/4 in  
 c. *Course* 3 : 5/8 in  
 d. *Course* 4 : 1/2 in  
 e. *Course* 5 : 1/2 in  
 f. *Course* 6 : 3/8 in

Tebal *head* : 1 in

Harga : \$ 382.849

#### **Kondisi Penyimpanan**

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40°C

#### **3.2.1.4. Tangki Penyimpanan Produk *Triethylbenzene***

Kode : T-03

Fungsi : Menyimpan produk *Triethylbenzene* cair selama 7 hari

Tipe : *Cylindrical-Conical Roof-Flat Bottom*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 755 bbl

Bahan : *Carbon steel SA-283 Grade C*

Diameter : 15 ft

Tinggi : 24 ft

Tebal *Shell* : a. *Course* 1 : 1/4 in

b. *Course* 2 : 1/4 in

c. *Course* 3 : 1/4 in

d. *Course* 4 : 1/4 in

Tebal *head* : 3/8 in

Harga : \$ 51.962

### **Kondisi Penyimpanan**

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40°C

## **3.2.2. Pompa**

### **3.2.2.1. Pompa ( P-01 )**

Nama : Pompa ( P-01 )

Fungsi : Mengalirkan bahan baku Benzen dari truk ke tangki penyimpanan (T-01)

Tipe : Pompa sentrifugal

Kapasitas pompa : 0,1628 cuft / detik

Total *head* : 19,34 m

Daya pompa : 2 HP

Bahan : *Commercial steel*

Harga : \$ 530

Jumlah : 1

### ***Pipa***

Diameter nominal : 3 in

*Inside* Diameter : 3,068 in

*Outside Diameter* : 3,5 in

*Schedule number* : 40

### **3.2.2.2.Pompa ( P-02 )**

Nama : Pompa ( P-03 )

Fungsi :Mengalirkan bahan baku benzene dari tangki penyimpanan ke *Mixer* (M-01)

Tipe : Pompa sentrifugal

Kapasitas pompa : 0,1570 cuft / detik

Total *head* : 2,343 m

Daya pompa : 0,25 HP

Harga : \$ 519

Jumlah : 1

#### ***Pipa***

Diameter nominal : 3 in

*Inside Diameter* : 3,068 in

*Outside Diameter* : 3,5 in

*Schedule number* : 40

### **3.2.2.3.Pompa ( P-03 )**

Nama : Pompa ( P-03 )

Fungsi : Mengalirkan bahan baku Benzen dari *Mixer* (M-01) ke *PRE-Heater* (PRH-01)

Tipe : Pompa sentrifugal  
Kapasitas pompa : 0,5239 cuft / detik  
Total *head* : 5,1939 m  
Daya pompa : 1,5 HP  
Bahan : *Commercial steel*  
Harga : \$ 1.070  
Jumlah : 1

### ***Pipa***

Diameter nominal : 6 in  
*Inside Diameter* : 6,065 in  
*Outside Diameter* : 6,625 in  
*Schedule number* : 40

### **3.2.2.4.Pompa ( P-04 )**

Nama : Pompa ( P-04 )  
Fungsi : Mengalirkan bahan baku Benzen dari *PRE-Heater*  
(PRH-01) ke *vaporizer* (VP-01)  
Tipe : Pompa sentrifugal  
Kapasitas pompa : 1,4546 cuft / detik  
Total *head* : 5,1847 m  
Daya pompa : 2,5 HP  
Bahan : *Commercial steel*  
Harga : \$ 1.974

Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 8 in

*Inside* Diameter : 7,981 in

*Outside* Diameter : 8,625 in

*Schedule number* : 40

**3.2.2.5.Pompa ( P-05 )**

Nama	: Pompa ( P-05 )
Fungsi	: Mengalirkan produk kondensor parsial (CDP-01) ke <i>flushdrum</i> (FD-01)
Tipe	: Pompa sentrifugal
Kapasitas pompa	: 3,1790 cuft / detik
Total <i>head</i>	: 6,2577 m
Daya pompa	: 3 HP
Bahan	: <i>Commercial steel</i>
Harga	: \$ 3.155
Jumlah	: 1

***Pipa***

Diameter nominal	: 10 in
<i>Inside</i> Diameter	: 10,02 in
<i>Outside</i> Diameter	: 10,75 in
<i>Schedule number</i>	: 40

**3.2.2.6.Pompa ( P-06 )**

Nama	: Pompa ( P-06)
Fungsi	: Mengalirkan produk dari HE-03 ke Menara distilasi (DC-01)
Tipe	: Pompa sentrifugal
Kapasitas pompa	: 2,0878 cuft / detik

Total *head* : 15,1792 m  
Daya pompa : 10 HP  
Bahan : *Commercial steel*  
Harga : \$ 2.452  
Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 10 in  
*Inside* Diameter : 10,02 in  
*Outside* Diameter : 10,75 in  
*Schedule number* : 40

**3.2.2.7.Pompa ( P-07)**

Nama : Pompa ( P-07 )  
Fungsi : Mengalirkan produk dari ACC-01 kembali ke MD-01 dan ke pipa percabangan *recycle benzene*  
Tipe : Pompa sentrifugal  
Kapasitas pompa : 1,0516 cuft / detik  
Total *head* : 5,24 m  
Daya pompa : 3 HP  
Bahan : *Commercial steel*  
Harga : \$ 1.652  
Jumlah : 1

***Pipa***



Diameter nominal : 8 in

*Inside Diameter* : 7,981 in

*Outside Diameter* : 8,625 in

*Schedule number* : 40

### **3.2.2.8.Pompa ( P-08 )**

Nama : Pompa ( P-08 )

Fungsi : Mengalirkan produk dari RB-01 ke MD-02

Tipe : Pompa sentrifugal

Kapasitas pompa : 0,2844 cuft / detik

Total *head* : 12,26 m

Daya pompa : 2 HP

Bahan : *Commercial steel*

Harga : \$ 741

Jumlah : 1

#### ***Pipa***

Diameter nominal : 4 in

*Inside Diameter* : 4,026 in

*Outside Diameter* : 4,5 in

*Schedule number* : 40

### **3.2.2.9.Pompa (P-09)**

Nama : Pompa ( P-09 )

Fungsi : Mengalirkan produk dari ACC-02 kembali ke MD-02  
 dan ke CL-04  
 Tipe : Pompa sentrifugal  
 Kapasitas pompa : 0,2315 cuft / detik  
 Total *head* : 5,48 m.  
 Daya pompa : 0,75 HP  
 Bahan : *Commercial steel*  
 Harga : \$ 655  
 Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 4 in  
*Inside* Diameter : 4,026 in  
*Outside* Diameter : 4,5 in  
*Schedule number* : 40

**3.2.2.10. Pompa (P-10)**

Nama : Pompa ( P-10)  
 Fungsi :Mengalirkan produk dari cooler-02 ke tangki  
 penyimpanan produk T-02  
 Tipe : Pompa sentrifugal  
 Kapasitas pompa : 0,3322 cuft / detik  
 Total *head* :11,4794 m  
 Daya pompa : 1,5 HP

Bahan : *Commercial steel*

Harga : \$ 814

Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 4 in

*Inside* Diameter : 4,026 in

*Outside* Diameter : 4,5 in

*Schedule number* : 40

**3.2.2.11. Pompa (P-11)**

Nama : Pompa ( P-11 )

Fungsi : Mengalirkan produk dari RB-02 ke MD-03

Tipe : Pompa sentrifugal

Kapasitas pompa : 0,0457 cuft / detik

Total *head* : 11,16 m

Daya pompa : 0,5 HP

Bahan : *Commercial steel*

Harga : \$ 248

Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 2 in

*Inside* Diameter : 2,067 in

*Outside* Diameter : 2,38 in

*Schedule number* : 40

### **3.2.2.12. Pompa (P-12)**

Nama : Pompa ( P-12 ) .

Fungsi : Mengalirkan produk dari ACC-03 kembali ke MD-03 dan menuju ke CL-03

Tipe : Pompa sentrifugal

Kapasitas pompa : 0,0377 cuft / detik

Total *head* : 5,6 m

Daya pompa : 0,13 HP

Bahan : *Commercial steel*

Harga : \$ 220

Jumlah : 1

#### ***Pipa***

Diameter nominal : 1,5 in

*Inside* Diameter : 1,61 in

*Outside* Diameter : 1,9 in

*Schedule number* : 40

### **3.2.2.13. Pompa (P-13)**

Nama : Pompa ( P-13 )

Fungsi : Mengalirkan produk dari cooler-04 ke tangki penyimpanan produk T-03

Tipe : Pompa sentrifugal  
 Kapasitas pompa : 0,0034 cuft / detik  
 Total *head* : 13,0162 m  
 Daya pompa : 0,05 HP  
 Bahan : *Commercial steel*  
 Harga : \$ 52  
 Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 3/4 in  
*Inside Diameter* : 0,824 in  
*Outside Diameter* : 1,05 in  
*Schedule number* : 40

**3.2.2.14. Pompa (P-14)**

Nama : Pompa ( P-14 )  
 Fungsi : Mengalirkan produk dari PRH-02  
 Tipe : Pompa sentrifugal  
 Kapasitas pompa : 0,1428 cuft / detik  
 Total *head* : 5,8876 m  
 Daya pompa : 0,75 HP  
 Bahan : *Commercial steel*  
 Harga : \$ 490  
 Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 3 in

*Inside Diameter* : 3,068 in

*Outside Diameter* : 3,5 in

*Schedule number* : 40

**3.2.2.15. Pompa (P-15)**

Nama : Pompa ( P-15 )

Fungsi : Mengalirkan produk dari PRH-02 ke VP-02

Tipe : Pompa sentrifugal

Kapasitas pompa : 0,1585 cuft / detik

Total head : 6,2601 m

Daya pompa : 0,75 HP

Bahan : *Commercial steel*

Harga : \$ 521

Jumlah : 1

***Pipa***

Diameter nominal : 3 in

*Inside Diameter* : 3,068 in

*Outside Diameter* : 3,5 in

*Schedule number* : 40

**3.2.2.16. Pompa (P-16)**

Nama	: Pompa ( P-16 )
Fungsi	: Mengalirkan produk dari VP-02 ke Mixer-02
Tipe	: Pompa sentrifugal
Kapasitas pompa	: 0,1428 cuft / detik
Total head	: 10,6211 m
Daya pompa	: 1 HP
Bahan	: Commercial steel
Harga	: \$ 490
Jumlah	: 1
Pipa	
Diameter nominal	: 3 in
Inside Diameter	: 3,068 in
Outside Diameter	: 3,5 in
Schedule number	: 40

### **3.2.3. Compressor ( K-01 )**

Nama	: Kompresor ( K-01 )
Fungsi	: Menaikkan tekanan gas Etilen dari 16 atm menjadi 20 atm
Jenis kompresor	: Sentrifugal
<i>Power</i>	: 2 HP
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2.861

### 3.2.4. Heat Exchanger

#### 3.2.4.1. Pre Heater I

Kode	: PRH-01
Fungsi	: Memanaskan Benzen sampai kondisi cair jenuh untuk diumpankan ke <i>Vaporizer</i> (VP-01)
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Harga	: \$ 34.048
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida dingin : 168.832 lb/jam

Fluida panas : 54.496 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida panas : steam)*

- ID : 35 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 8,75 in
- *Pressure Drop* : 0,56. psi

#### ❖ *Tube side (fluida dingin : Benzene)*

- ID : 1,15 in
- OD : 1 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 2



- *Tube pitch* : 1 ¼ in
- Jumlah *tube* : 608 buah
- Panjang *tube* : 20 ft
- *Pressure Drop* : 0,14 psi
- Rd : 0,0047

*Clean coefficient* : 191,23 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

*Design coefficient* : 100,81 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

#### 3.2.4.2.Pre Heater II

- Kode : PRH-02
- Fungsi : Memanaskan Benzen sampai kondisi cair jenuh untuk diumpankan ke *Vaporizer* (VP-02)
- Tipe : *Double Pipe*
- Bahan : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304
- Harga : \$ 6.331
- Jumlah : 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 4.199 lb/jam

Fluida dingin : 21.311 lb/jam

#### ❖ *Annulus side (fluida panas : Steam)*

- ID : 4,5 in
- OD : 6,065 in

- *Pressure Drop* : 0,5696 psi

❖ ***Inner pipe (fluida dingin : Ethylbenzene, Benzene, Toluene, DEB dan TEB)***

- ID : 4,026 in

- *Pressure Drop* : 0,1545 psi

-  $R_D$  : 0,0039

-  $U_C$  : 164,9331 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

-  $U_D$  : 100 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

Jumlah hairpin : 8 buah

Panjang : 20 ft

**3.2.4.3.Heater I**

Kode : HE-01

Fungsi : Menaikkan suhu benzene agar sesuai dengan kondisi sebelum masuk reaktor

Tipe : *Shell and Tube*

Bahan : *Austenitic stainless steel, AISI tipe 304*

Harga : \$ 33.161

Jumlah : 1

❖ ***Kapasitas***

Fluida panas : 103.937 lb/jam

Fluida dingin : 168.832 lb/jam

❖ ***Shell side (fluida panas : steam)***

- ID : 35 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 8,75 in
- *Pressure Drop* : 0,8472 psi

❖ *Tube side (fluida dingin : Benzene)*

- ID : 0,314 in
- OD : 3/4 in
- BWG : 17
- Jumlah *pass* : 1
- *Tube pitch* : 1 in
- Jumlah *tube* : 970 buah
- Panjang *tube* : 16 ft
- *Pressure Drop* : 0,0105 psi
- $R_D$  : 0,0072
- $U_C$  : 78,4807 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 50,0589 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

#### 3.2.4.4.Heater II

- Kode : HE-02
- Fungsi : Menaikkan suhu gas etilen agar sesuai dengan kondisi sebelum masuk reactor
- Tipe : *Shell and Tube*
- Bahan : *Austenitic stainless steel, AISI tipe 304*

Harga : \$ 7.833

Jumlah : 1

❖ **Kapasitas**

Fluida panas : 14.154 lb/jam

Fluida dingin : 8.693 lb/jam

❖ **Shell side (fluida panas : steam)**

- ID : 13 1/4 in

- Jumlah Pass : 1

- Baffle Space : 3,3125 in

- Pressure Drop : 0,8344 psi

❖ **Tube side (fluida dingin : Etilene)**

- ID : 0,606 in

- OD : 3/4 in

- BWG : 15

- Jumlah pass : 2

- Tube pitch : 1 in

- Jumlah tube : 106 buah

- Panjang tube : 16 ft

- Pressure Drop : 0,044 psi

-  $R_D$  : 0,0085

-  $U_C$  : 81,0097 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

-  $U_D$  : 48,0063 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.4.5.Heater III

Kode	: HE-03
Fungsi	: Menaikkan suhu produk agar sesuai dengan kondisi sebelum masuk Menara distilasi (DC-01)
Tipe	: <i>Double Pipe</i>
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Harga	: \$ 2.683
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 106 lb/jam

Fluida dingin : 198.768 lb/jam

#### ❖ *Annulus side (fluida panas : Dowterm A)*

- ID : 3,5 in
- OD : 4,026 in
- *Pressure Drop* : 0,0032 psi

#### ❖ *Inner pipe (fluida dingin : Ethylbenzene, Benzene, Toluene, DEB dan TEB)*

- ID : 3,068 in
- *Pressure Drop* : 9,7741 psi
- $R_D$  : 0,0032
- $U_C$  : 185,5793 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 115 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

Jumlah hairpin : 2 buah

Panjang : 20 ft

#### 3.2.4.6.Heater IV

Kode : HE-04

Fungsi : Menaikkan suhu Benzene dan DEB agar sesuai dengan kondisi sebelum masuk Reaktor Transkilasi (R-02)

Tipe : *Shell and Tube*

Bahan : *Austenitic stainless steel, AISI tipe 304*

Harga : \$ 929

Jumlah : 1

##### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 47471,65725 lb/jam

Fluida dingin : 21311,4879 lb/jam

##### ❖ *Shell side (fluida panas : dowerterm A)*

- ID : 21,25 in

- Jumlah *Pass* : 1

- *Baffle Space* : 10,625 in

- *Pressure Drop* : 9,9857 psi

##### ❖ *Tube side (fluida dingin : Benzene, DEB dan TEB)*

- ID : 1,4 in

- OD : 1,5 in

- BWG : 18

- Jumlah *pass* : 1
- *Tube pitch* : 1,875 in
- Jumlah *tube* : 76 buah
- Panjang *tube* : 12 ft
- *Pressure Drop* : 0,2468 psi
- $R_D$  : 0,018
- $U_C$  : 494,1176 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 50 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

#### 3.2.4.7.Cooler-I

- Kode : CL-01
- Fungsi : Mendinginkan produk *Ethylbenzene* keluaran R-01
- Bahan : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304
- Tipe : *Shell and Tube*
- Harga : \$ 19.764
- Jumlah : 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 177.525 lb/jam

Fluida dingin : 1.674 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida dingin : Dowterm A)*

- ID : 37 in
- Jumlah *Pass* : 1

- *Baffle Space* : 9,25 in
- *Pressure Drop* : 0,0000 psi

❖ ***Tube side (fluida panas : produk keluaran reactor Benzene, Toluene, EB, DEB, TEB, dan gas Etilene)***

- ID : 0,902 in
- OD : 1 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 6
- *Tube pitch* : 1,25 in
- Jumlah *tube* : 614 buah
- Panjang *tube* : 8 ft
- *Pressure Drop* : 0,0515 psi
- $R_D$  : 0,0190
- $U_C$  : 912,9011 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 49,7201 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

#### **3.2.4.8.Cooler-II**

- Kode : CL-02
- Fungsi : Menurunkan suhu hasil dari CD-02 (hasil atas Menara Distilasi-02) menuju ke tangki penyimpanan produk EB
- Bahan : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304
- Tipe : *Shell and Tube*
- Harga : \$ 12.036



Jumlah : 1

❖ **Kapasitas**

Fluida panas : 33.403 lb/jam

Fluida dingin : 158.995 lb/jam

❖ **Shell side**

- ID : 19 1/4 in

- Jumlah *Pass* : 1

- *Baffle Space* : 4,8125 in

- *Pressure Drop* : 1,9006 psi

❖ **Tube side (fluida panas : produk keluaran MD-02 Ethylbenzen)**

- ID : 1,15 in

- OD : 1,25 in

- BWG : 18

- Jumlah *pass* : 4

- *Tube pitch* : 1,5625 in

- Jumlah *tube* : 86 buah

- Panjang *tube* : 20 ft

- *Pressure Drop* : 5,1048 psi

-  $R_D$  : 0,0034

-  $U_C$  : 107,0398 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

-  $U_D$  : 78,2932 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.4.9. Cooler III

Kode	: CL-03
Fungsi	: Menurunkan suhu hasil dari RB-03 (hasil bawah menara distilasi-03) menuju ke tangki penyimpanan produk TEB
Tipe	: <i>Double Pipe</i>
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Harga	: \$ 1.050
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 745 lb/jam

Fluida dingin : 3.324 lb/jam

#### ❖ *Annulus side (fluida panas : produk keluaran MD-03 TEB dan DEB)*

- ID : 1,66 in
- OD : 2,067 in
- *Pressure Drop* : 0,019 psi

#### ❖ *Inner pipe (fluida dingin : water)*

- ID : 1,38 in
- *Pressure Drop* : 0,091 psi
- $R_D$  : 0,0034
- $U_C$  : 202,2757 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 150 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

Jumlah hairpin : 1 buah

Panjang : 12 ft

#### 3.2.4.10. Cooler IV

Kode : CL-04

Fungsi : Menurunkan suhu hasil dari R-02

Bahan : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304

Tipe : *Shell and Tube*

Harga : \$ 7.833

Jumlah : 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 21311,4879 lb/jam

Fluida dingin : 203,1845 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida dingin : dowerterm A)*

- ID : 23,25 in

- Jumlah *Pass* : 1

- *Baffle Space* : 23,25 in

- *Pressure Drop* : 0,0026 psi

#### ❖ *Tube side (fluida dingin : Benzene)*

- ID : 1,15 in

- OD : 1,25 in

- BWG : 18

- Jumlah *pass* : 1

- *Tube pitch* : 1,5625 in
- Jumlah *tube* : 140 buah
- Panjang *tube* : 6 ft
- *Pressure Drop* : 0,00008705 psi.
- $R_D$  : 0,0032
- $U_C$  : 723,1441 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 30 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.5. Vaporizer

#### 3.2.5.1. Vaporizer I

- Kode : VP-01
- Fungsi : Menguapkan bahan baku Benzene
- Tipe : *Shell and Tube*
- Bahan : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304
- Harga : \$ 59.583
- Jumlah : 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida dingin : 168.832 lb/jam

Fluida panas : 54.496 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida panas : steam)*

- ID : 35 in

- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 8,75 in
- *Pressure Drop* : 0,56 psi

❖ ***Tube side (fluida dingin : Benzene)***

- ID : 1,15 in
- OD : 1 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 2
- *Tube pitch* : 1 ¼ in
- Jumlah *tube* : 608 buah
- Panjang *tube* : 20 ft
- *Pressure Drop* : 0,13 psi
- Rd : 0,0047

*Clean coefficient* : 191,23 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

*Design coefficient* : 100,81 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.5.2.Vaporizer II

Kode	: VP-02
Fungsi	: Menguapkan bahan baku Benzene dan DEB
Tipe	: <i>Double Pipe</i>
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Harga	: \$ 11.079
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 4.199 lb/jam

Fluida dingin : 21.311 lb/jam

#### ❖ *Annulus side (fluida panas : Steam)*

- ID : 4,5 in
- OD : 6,065 in
- *Pressure Drop* : 0,5696 psi

#### ❖ *Inner pipe (fluida dingin : Ethylbenzene, Benzene, Toluene, DEB dan TEB)*

- ID : 4,026 in
- *Pressure Drop* : 0,2410 psi
- $R_D$  : 0,0049
- $U_C$  : 197,2361 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 100 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

Jumlah hairpin : 1 buah

Panjang : 20 ft

### 3.2.6. Reaktor

#### 3.2.6.1. Reaktor Alkilasi

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi alkilasi benzen menjadi <i>ethylbenzene</i> , <i>diethylbenzene</i> , dan <i>triethylbenzene</i>
Tipe	: <i>Fixed bed multi tube</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA-302 grade B</i>
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 4.911.170

#### Kondisi Operasi

Tekanan operasi	: 20 atm
Suhu operasi	: 350 – 450°C
Fase reaksi	: gas

#### Katalis

Jenis	: ZSM – 5
Diameter	: 0,003 m
Bentuk	: <i>Spherical.</i>
<i>Bulk density</i>	: 450 kg/m <sup>3</sup>

#### Dimensi Reaktor

<i>Inside Diameter</i>	: 1,2 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,0254 m

Tinggi : 4,619 m

Jumlah tube : 750

Volume total : 2,8 m<sup>3</sup>

#### ***Head***

Bentuk : *Elliptical Dished Head*

Tebal : 0,0254 m

Tinggi : 0,3356 m

#### **3.2.6.2.Reaktor Transkilasi**

Kode : R-02

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi transkilasi benzen dengan *diethylbenzene* menjadi *ethylbenzene*

Tipe : *Fixed bed single bed*

Bahan : *Carbon steel SA-302 grade B*

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 941.790

#### **Kondisi Operasi**

Tekanan operasi : 6 atm

Suhu operasi : 400 – 450°C

Fase reaksi : gas

#### **Katalis**

Jenis : ZSM – 5

Diameter : 0,003 m



Bentuk : *Spherica*.

*Bulk density* : 450 kg/m<sup>3</sup>

### **Dimensi Reaktor**

*Inside Diameter* : 1,2 m

Tebal *Shell* : 0,006 m

Tinggi : 4,18 m

Jumlah tube : 300

Volume total : 1,8 m<sup>3</sup>

### **Head**

Bentuk : *Elliptical Dished Head*

Tebal : 0,006 m

Tinggi : 0,2 m

## **3.2.7. Separator**

### **3.2.7.1. Flush Drum**

Kode : FD-01

Fungsi : Memisahkan cairan dan uap hasil keluaran kondensor parsial (CDP-01)

Tipe : Silinder vertikal berbentuk *torispherical*

Harga : \$ 251.570

Jumlah : 4

Kapasitas tangki : 107 ft<sup>3</sup>

Diameter tangki : 2,424 ft

Tinggi tangki : 26,788 ft  
Bahan konstruksi : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304  
Kondisi : campuran cair - gas  
Tekanan : 0,96 atm  
Suhu : 363,099 °K

### 3.2.7.2.Separator I

Kode : S-01  
Fungsi : Memisahkan cairan dan uap hasil keluaran vaporizer-01  
Tipe : Silinder vertikal berbentuk *torispherical*  
Harga : \$ 202.126  
Jumlah : 1  
Kapasitas tangki : 236 ft<sup>3</sup>  
Diameter tangki : 5 ft  
Tinggi tangki : 17,52 ft  
Bahan konstruksi: *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304  
Kondisi : campuran cair - gas  
Tekanan : 23,17 atm  
Suhu : 340,49 °K

### 3.2.7.3.Separator II

Kode : S-02  
Fungsi : Memisahkan cairan dan uap hasil keluaran vaporizer-01

Tipe	: Silinder vertikal berbentuk <i>torispherical</i>
Harga	: \$ 76.341
Jumlah	: 1
Kapasitas tangki	: 32,08 ft <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 2,5 ft
Tinggi tangki	: 12,17 ft
Bahan konstruksi:	<i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Kondisi	: campuran cair - gas
Tekanan	: 6,28 atm
Suhu	: 495,63 °K

### **3.2.8. Expansion Valve**

#### **3.2.8.1. Expansion Valve I**

Kode	: EV-01
Fungsi	: Menurunkan tekanan produk Etilbenzen dari 20 atm ke 1,2 atm
Jenis	: Globe Valve
Bahan	: <i>Carbon steel SA-302 grade B</i>
Harga	: \$ 70
Jumlah	: 1
Ukuran pipa	:
- ID	: 4,026
- OD	: 4,5

- Sch N : 40
- NPS : 4

### 3.2.8.2. Expansion Valve II

Kode	: EV-01
Fungsi	: Menurunkan tekanan produk Etilbenzen dari 6 atm ke 1,2 atm
Jenis	: Globe Valve
Bahan	: <i>Carbon steel SA-302 grade B</i>
Harga	: 118
Jumlah	: 1
Ukuran pipa	:
- ID	: 10,02 in
- OD	: 10,75 in
- Sch N	: 40
- NPS	: 10 in

### 3.2.9. Menara Distilasi

#### 3.2.9.1. *Benzene Column* – ( DC-01 )

Kode	: DC-01
Fungsi	: Memisahkan Benzena dari produk etilbenzen untuk digunakan sebagai <i>recycle</i> bahan baku untuk pembuatan produk pada reaktor alkilasi dan reaktor transkilasi.
Harga	: \$ 1.797.160

Jumlah : 1  
Jenis menara : *tray tower (sieve tray)*  
Bahan konstruksi : *carbon steel SA 283 grade C*  
Jumlah plate actual : 39 buah tanpa reboiler, 40 buah dengan reboiler  
Lokasi umpan masuk : Plate ke-31  
R<sub>min</sub> : 0,2997  
R : 0,4496

❖ **Kondisi operasi menara**

Kondisi umpan : Suhu : 364,0132 K  
Tekanan : 1,2 atm  
Kondisi atas kolom : Suhu : 359,541 K  
Tekanan : 1,2 atm  
Kondisi bawah kolom : Suhu : 483,52 K  
Tekanan : 1,2 atm

❖ **Dimensi kolom**

Diameter : 4,38 m  
Tebal *Shell* :  $\frac{5}{16}$  in  
Tebal *top head* :  $\frac{7}{16}$  in  
Tebal *bottom head*:  $\frac{3}{4}$  in  
*Tray spacing* : 20,67 in  
Tinggi menara : 22 m

### 3.2.9.2. Ethylbenzene Column – ( DC-02 )

Kode	: DC-02
Fungsi	: Memisahkan produk etilbenzen dari produk samping berupa TEB dan DEB untuk dialirkan ke tangki penyimpanan produk (T-02)
Harga	: 1.527.048
Jenis menara	: <i>tray tower (sieve tray)</i>
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel SA 283 grade C</i>
Jumlah plate actual	: 33 buah tanpa reboiler, 34 buah dengan reboiler
Lokasi umpan masuk	: Plate ke-11
Rmin	: 0,4809
R	: 0,9619

#### ❖ Kondisi operasi menara

Kondisi umpan	: Suhu	: 429 K
	Tekanan	: 1,2 atm
Kondisi atas kolom	: Suhu	: 416,307 K
	Tekananan	: 1,2 atm
Kondisi bawah kolom	: Suhu	: 467,053 K
	Tekanan	: 1,2 atm

#### ❖ Dimensi kolom

Diameter	: 2,24 m
Tebal <i>Shell</i>	: $\frac{1}{4}$ in

Tebal *top head* :  $\frac{5}{16}$  in  
 Tebal *bottom head*:  $\frac{5}{16}$  in  
*Tray spacing* : 19,69 in  
 Tinggi menara : 18 m

### 3.2.9.3. *Triethylbenzene Column* – ( DC-03 )

Kode : DC-03  
 Fungsi : Memisahkan produk samping trietilbenzen dari DEB untuk dialirkan ke tangki penyimpanan produk (T-03) dan memisahkan DEB untuk direaksikan kembali dengan benzena pada rekator transkilasi agar membentuk etilbenzen  
 Harga : \$ 1.237.708  
 Jumlah : 1  
 Jenis menara : *tray tower (sieve tray)*  
 Bahan konstruksi : *carbon steel SA 283 grade C*  
 Jumlah plate actual : 35 buah tanpa reboiler, 36 buah dengan reboiler  
 Lokasi umpan masuk : Plate ke-13  
 Rmin : 1,0045  
 R : 6,0296

#### ❖ **Kondisi operasi menara**

Kondisi umpan : Suhu : 467 K

	Tekanan	: 1,2 atm
Kondisi atas kolom	: Suhu	: 464,622 K
	Tekanan	: 1,2 atm
Kondisi bawah kolom	: Suhu	: 496,33 K
	Tekanan	: 1,2 atm

❖ **Dimensi kolom**

Diameter	: 1,67 m
Tebal <i>Shell</i>	: $\frac{1}{4}$ in
Tebal <i>top head</i>	: $\frac{1}{4}$ in
Tebal <i>bottom head</i>	: $\frac{1}{4}$ in
<i>Tray spacing</i>	: 17,72 in
Tinggi menara	: 17,2 m



### 3.2.10. Condesor

#### 3.2.10.1. Condensor Benzene Column

Kode	: CD-01
Fungsi	: Mengembunkan hasil atas menara destilasi / <i>Benzene Column</i> (DC-01)
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Harga	: \$ 289.111
Jumlah	: 2

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 79.629 lb/jam

Fluida dingin : 481.886 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida panas : Benzene)*

- ID : 39 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 19,5 in
- *Pressure Drop* : 1,3854 psi

#### ❖ *Tube side (fluida dingin : Water)*

- ID : 1,4 in
- OD : 1,5 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 1

- *Tube pitch* : 1,875 in
- Jumlah *tube* : 307 buah
- Panjang *tube* : 13 ft
- *Pressure Drop* : 0,2063 psi
- $R_D$  : 0,0043
- $U_C$  : 419,7002 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 150 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.10.2. Condensor Ethylbenzene Column

Kode	: CD-02
Fungsi	: Mengembunkan hasil atas menara destilasi / <i>Ethylbenzene</i> Column (DC-02)
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Harga	: \$ 65.124
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 33.403 lb/jam

Fluida dingin : 451.216 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida panas : Water)*

- ID : 25 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 12,5 in
- *Pressure Drop* : 9,1074 psi

#### ❖ *Tube side (fluida dingin : Benzene)*

- ID : 1,4 in
- OD : 1,5 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 1
- *Tube pitch* : 1,875 in

- Jumlah *tube* : 115 buah
- Panjang *tube* : 20 ft
- *Pressure Drop* : 0,1682 psi
- $R_D$  : 0,0177
- $U_C$  : 438,5542 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 50 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.10.3. Condensor Triethylbenzene Column

Kode	: CD-03
Fungsi	: Mengembunkan hasil atas menara destilasi / <i>Triethylbenzene</i> Column (DC-03)
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Harga	: \$ 52.191
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 5.322 lb/jam

Fluida dingin : 202.844 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida panas : Water)*

- ID : 25 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 12,5 in
- *Pressure Drop* : 1,8375 psi

#### ❖ *Tube side (fluida dingin : Triethylbenzene)*

- ID : 1,4 in
- OD : 1,5 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 6
- *Tube pitch* : 1,875 in

- Jumlah *tube* : 98 buah
- Panjang *tube* : 8 ft
- *Pressure Drop* : 0,9510 psi
- $R_D$  : 0,0177
- $U_C$  : 440,9449 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 50 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

#### 3.2.10.4. Condesor Parsial (CDP-01)

Kode	: CDP-01
Fungsi	: Mengembunkan sebagian hasil reactor (R-01) untuk dipisahkan dari gas etilen yang tidak bereaksi
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Harga	: \$ 251.570
Jumlah	: 2

##### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 88.763 lb/jam

Fluida dingin : 77.029 lb/jam

##### ❖ *Shell side (fluida panas : produk keluaran reactor (R-01))*

- ID : 25 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 6,25 in
- *Pressure Drop* : 3,7665 psi

##### ❖ *Tube side (fluida dingin : Water)*

- ID : 0,902 in
- OD : 1 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 4
- *Tube pitch* : 1,25 in

- Jumlah *tube* : 282 buah
- Panjang *tube* : 12 ft
- *Pressure Drop* : 0,0308 psi
- $R_D$  : 0,0116
- $U_C$  : 105,3502 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 47,3994 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F



### 3.2.10.5. Condensor Total

Kode	: CD-04
Fungsi	: Mengembunkan hasil keluaran reactor transkilasi (R-02)
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Harga	: \$ 48.872
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 21307,82 lb/jam

Fluida dingin : 21722,7223 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida panas : Water)*

- ID : 31 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 15,5
- *Pressure Drop* : 0,0063 psi

#### ❖ *Tube side (fluida dingin : Triethylbenzene)*

- ID : 1,4 in
- OD : 1,5 in
- BWG : 18
- Jumlah *pass* : 1
- *Tube pitch* : 1,875 in
- Jumlah *tube* : 184

- Panjang *tube* : 10 ft
- *Pressure Drop* :. 0,0031
- $R_D$  : 0,058
- $U_C$  : 724,1799
- $U_D$  : 17

### 3.2.11. Reboiler

#### 3.2.11.1. *Reboiler Benzene Column*

- Kode : RB-01
- Fungsi : Menguapkan hasil bawah menara *Benzene Column* DC-01
- Bahan : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304
- Tipe : *Shell and Tube*
- Harga : \$ 66.498
- Jumlah : 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 52.299 lb/jam

Fluida dingin : 39.476 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida dingin : Ethylbenzene)*

- ID : 25 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 10 in

- *Pressure Drop* : Negligible

❖ *Tube side (fluida panas : Steam)*

- ID : 0,62 in

- OD : 0,74 in

- BWG : 16

- Jumlah *pass* : 4

- *Tube pitch* : 1 in

- Jumlah *tube* : 422 buah

- Panjang *tube* : 13 ft

- *Pressure Drop* : 0,3247 psi

-  $R_D$  : 0,003

-  $U_C$  : 250 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

-  $U_D$  : 150 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.11.2. Reboiler Ethylbenzene Column

Kode	: RB-02
Fungsi	: Menguapkan hasil bawah menara <i>Ethylbenzene</i> Column DC-02
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Harga	: \$ 47.613
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 12070,9628 lb/jam

Fluida dingin : 6072,6496 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida dingin : Diethylbenzene dan Triethylbenzene)*

- ID : 17,25 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 6,9 in
- *Pressure Drop* : Negligible

#### ❖ *Tube side (fluida panas : Steam)*

- ID : 0,62 in
- OD : 0,75 in
- BWG : 16
- Jumlah *pass* : 1
- *Tube pitch* : 1 in
- Jumlah *tube* : 203 buah
- Panjang *tube* : 15 ft
- *Pressure Drop* : 0,0049 psi
- $R_D$  : 0,006
- $U_C$  : 250 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

-  $U_D$  : 100 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.11.3. Reboiler Triethylbenzene Column

Kode	: RB-03
Fungsi	: Menguapkan hasil bawah menara <i>Ethylbenzene</i> Column DC-03
Bahan	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Harga	: \$ 62.606
Jumlah	: 1

#### ❖ *Kapasitas*

Fluida panas : 5329,9045 lb/jam

Fluida dingin : 6072,6496 lb/jam

#### ❖ *Shell side (fluida dingin :Triethylbenzene)*

- ID : 27 in
- Jumlah *Pass* : 1
- *Baffle Space* : 10,8 in
- *Pressure Drop* : Negligible

#### ❖ *Tube side (fluida panas : Steam)*

- ID : 1,12 in
- OD : 1,5 in
- BWG : 16
- Jumlah *pass* : 1
- *Tube pitch* : 1,875 in
- Jumlah *tube* : 136 buah
- Panjang *tube* : 19 ft
- *Pressure Drop* : 0,0221 psi
- $R_D$  : 0,006
- $U_C$  : 250 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F
- $U_D$  : 100 Btu/hour.ft<sup>2</sup>.°F

### 3.2.12. Accumulator

#### 3.2.12.1. Accumulator *Benzene*

Kode	: AC-01
Fungsi	: Menampung keluaran kondensor <i>Benzene</i> Column ( DC – 01 )
Harga	: \$ 65.094
Jumlah	: 1
Tipe	: silinder horisontal berbentuk <i>torispherical</i>
Kapasitas tiap tangki	: 1.184 ft <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 6,20 ft
Panjang tangki	: 39,62 ft
Bahan konstruksi	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Kondisi penyimpanan	
Wujud	: sub cool
Tekanan	: 1,2 atm
Suhu	: 359,54 °K

#### 3.2.12.2. Accumulator *Ethylbenzene*

Kode	: AC-02
Fungsi	: Menampung keluaran kondensor <i>Ethylbenzene</i> Column ( DC – 02 )
Tipe	: silinder horisontal berbentuk <i>torispherical</i>
Harga	: \$ 15.326
Jumlah	: 1
Kapasitas tiap tangki	: 106,32 ft <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 2,78 ft
Panjang tangki	: 17,94 ft
Bahan konstruksi	: <i>Austenitic stainless steel</i> , AISI tipe 304
Kondisi penyimpanan	
Wujud	: sub cool
Tekanan	: 1,2 atm

Suhu : 416,26 °K

**3.2.12.3. Accumulator *Triethylbenzene***

Kode : AC-03  
Fungsi : Menampung keluaran kondensor *Triethylbenzene*  
Column ( DC – 03 )  
Tipe : silinder horisontal berbentuk *torispherical*  
Harga : \$ 4.138  
Jumlah : 1  
Kapasitas tiap tangki : 11,99 ft<sup>3</sup>  
Diameter tangki : 1,34 ft  
Panjang tangki : 8,86 ft  
Bahan konstruksi : *Austenitic stainless steel*, AISI tipe 304  
Kondisi penyimpanan  
Wujud : sub cool  
Tekanan : 1,2 atm  
Suhu : 464,57 °K



