

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG PENDIRIAN PABRIK**

Kebutuhan dunia akan refrigerant semakin meningkat. Isobutana merupakan salah satu jenis refrigerant yang sudah banyak digunakan oleh negara-negara maju seperti Kanada, Cina, dan Australia. Mereka mulai menggunakan isobutana menyusul adanya larangan penggunaan *freon* mulai tahun 2007.

Selain sebagai refrigerant, isobutana dapat digunakan sebagai pengganti *tetra etil lead* (TEL) untuk meningkatkan angka oktan bensin. Adanya program bensin bebas timbal meningkatkan permintaan akan isobutana.

Di Indonesia belum terdapat pabrik isobutana padahal kebutuhan refrigerant semakin meningkat, maka pendirian pabrik isobutana merupakan suatu ide yang menarik.

### **1.2. TINJAUAN PUSTAKA**

Proses isomerisasi merupakan salah satu proses perubahan konfigurasi molekul, tanpa mengubah jumlah atom yang ada. Senyawa hidrokarbon dengan rantai bercabang memiliki angka oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa dengan rantai lurus. Isomerisasi akan mengubah senyawa dengan rantai lurus menjadi senyawa dengan rantai yang bercabang yang akan memiliki angka oktan yang lebih tinggi. Hal ini dapat dilihat di tabel 5.2 Nelson yang dapat disajikan sebagai berikut :

Senyawa hidrokarbon	Angka oktan
Normal butana	90
Isobutana	97

Reaksi isomerisasi katalitik normal butana terjadi didalam reaktor fixed bed dengan bantuan  $H_2$  untuk mendorong isomerisasi dan meminimalkan terjadinya *cracking*. Kondisi operasi tidak terlalu berat, dilihat dari tekanan operasi yang moderat dan suhu yang tidak terlalu tinggi.

(Meyers, 1991)

Reaksi utama isomerisasi isobutana adalah :



Pemilihan jenis reaktor tergantung dari fase, jenis reaksi, dan panas reaksi. Karena proses isomerisasi merupakan reaksi katalitik pada fase gas serta menghasilkan panas yang relatif kecil (semi eksotermis) yaitu 2100 kal/mol  $nC_4H_{10}$ , maka reaksi ini dapat dijalankan dalam sebuah *single bed adiabatic* reaktor dengan *inert packing support*.

(Rase, 1977)

### 1.2.1 Macam-macam proses pembuatan isobutana

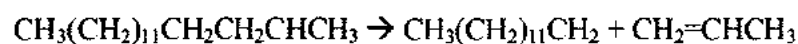
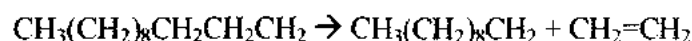
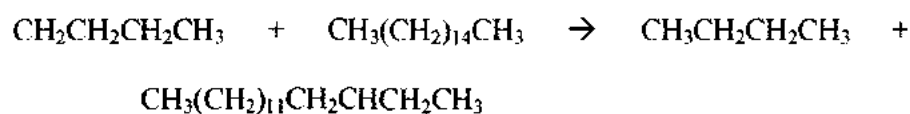
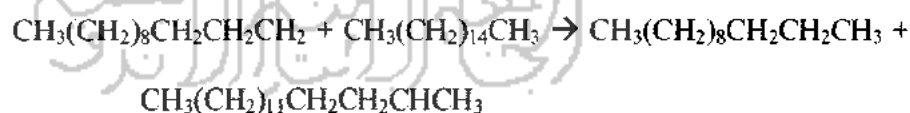
Pada saat ini ada beberapa macam proses yang digunakan dalam pembuatan parik isobutana. Untuk menentukan pemilihan proses yang tepat, maka perlu diketahui beberapa macam proses pembuatan isobutana yaitu :

#### a. Proses cracking

Proses ini dikenal dengan proses pemecahan, yaitu dimana suatu senyawa hidrokarbon yang mempunyai rantai panjang dipecah menjadi rantai yang lebih pendek. Pada proses cracking ini kurang baik karena senyawa hidrokarbon tidak hanya menghasilkan produk isobutana saja tetapi juga menghasilkan produk-produk yang lain seperti : n-butana, propena, dll.

Proses cracking ini membutuhkan suhu yang tinggi antara 500-800 °C dengan konversi 41,5%.

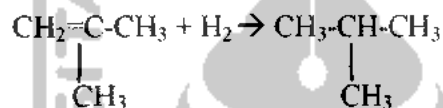
Reaksi yang terjadi :



b. Proses hidrogenasi katalitik

Pada proses ini ada bermacam-macam katalis yang digunakan seperti : platinum metals, palladium, dan rhodium adalah katalis yang aktif pada suhu dan tekanan rendah. Sedangkan nikel lebih murah dan sering digunakan, biasanya memerlukan suhu dan tekanan yang lebih tinggi.

Reaksi yang terjadi :



Proses ini terjadi pada suhu 300 °C dengan konversi 58,7 %.

c. Proses isomerisasi

Yaitu salah satu proses perubahan konfigurasi, tanpa mengubah jumlah atom yang ada. Senyawa hidrokarbon dengan senyawa rantai lurus menjadi senyawa dengan rantai yang bercabang yang memiliki angka oktan yang lebih tinggi.

Reaksi utama isomerisasi isobutana adalah :



Proses isomerisasi terjadi pada suhu 150 °C dan tekanan 14,6 atm dengan konversi 75%.

Dari ketiga proses tersebut, proses yang dipilih adalah proses isomerisasi dengan alasan :

- 1) Beroperasi pada suhu dan tekanan yang lebih rendah, yaitu pada suhu 150 °C dan tekanan 14,6 atm. Resiko atau kondisi operasi rendah.
- 2) Pada proses isomerisasi tidak ada produk samping.
- 3) Pada proses isomerisasi konversinya lebih tinggi dari pada proses yang lainnya yaitu 75%.

### 1.2.2 Kegunaan produk

Penggunaan isobutana secara umum adalah :

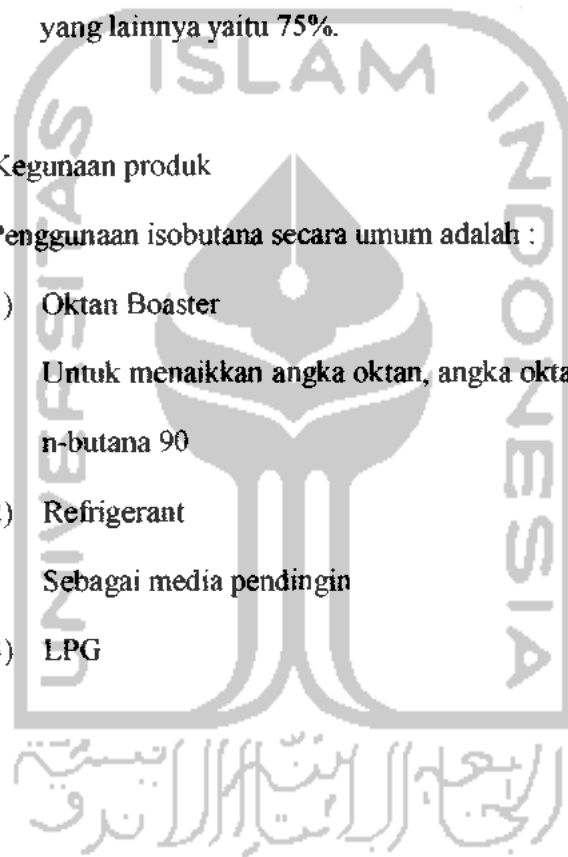
- 1) Oktan Boaster

Untuk menaikkan angka oktan, angka oktan isobutana 97 sedangkan n-butana 90

- 2) Refrigerant

Sebagai media pendingin

- 3) LPG



## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1. Spesifikasi Produk

##### *Isobutana*

Rumus kimia	: $iC_4H_{10}$
Berat Molekul	: 58,1234 kg/kmol
Kenampakan	: gas tidak berwarna
Titik didih normal	: $-11,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
Melting point	: $-159,6\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur kritis	: $408,1\text{ }^{\circ}\text{K}$
Rapat massa	: $557\text{ kmol/m}^3$
Tekanan Kritis	: $36,5\text{ bar}$
Volume kritis	: $0,263\text{ m}^3/\text{kmol}$
Kadar	: 97,56% Isobutana ; 0,29% N-butana ; 2,15% Propana

#### 2.2. Spesifikasi Bahan Baku

##### *N-Butana*

Rumus kimia	: $nC_4H_{10}$
Berat Molekul	: 58,1234 kg/kmol
Kenampakan	: gas tak berwarna
Titik didih normal	: $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

<i>Melting point</i>	: -135°C
Temperatur kritis	: 425.2 K
Tekanan Kritis	: 30 bar
Volume kritis	: 0,255 m <sup>3</sup> /gmol
<i>Specific gravity</i>	: 0,6
Kelarutan	: Tidak larut dalam air Larut dalam alkohol dan eter
Kadar	: 97,5% n-butana ; 2% Propana ; 0,5% Pentana

### 2.3. Spesifikasi Bahan Pembantu

#### 1. Asam Klorida

Rumus kimia	: HCl
Berat Molekul	: 36,461 kg/kmol
Titik didih normal	: -85,1 °C
<i>Melting point</i>	: -114,2 °C
Temperatur kritis	: 324,6 °C
Rapat massa	: 1193 kmol/L (pada Tmin = -136 C)
Tekanan Kritis	: 83,1 bar
Volume kritis	: 0,001 m <sup>3</sup> /kmol
<i>Specific gravity</i>	: 1,16 (60 °F)
Kelarutan	: Terlarut sempurna dalam air
Kadar	: 35 % HCl

## 2. Alumunium Klorida

Rumus Molekul :  $\text{AlCl}_3$

Berat molekul : 133,5 kg/kmol

Titik didih normal : 180,2 °C

Titik lebur : 190 °C

Spesific gravity : 2,44

Temperatur kritis : 356,5 °K

Diameter butir : 3,18 – 12,7 mm

Kelarutan : 69,87 g/100 g air (pada 15 °C)

## 2.4 Pengendalian Produksi

### 2.4.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Evaluasi yang digunakan yaitu standart yang hampir sama dengan standart Amerika yaitu ASTM 1972.

Adapun parameter yang akan diukur adalah :

- a. Kemurnian dari bahan baku n-Butana
- b. Kandungan di dalam n-Butana
- c. Kadar air
- d. Kadar zat pengotor



#### 2.4.2 Pengendalian Kualitas Produk

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standart dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

a. Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor/analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

b. Pengendalian Kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

c. Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

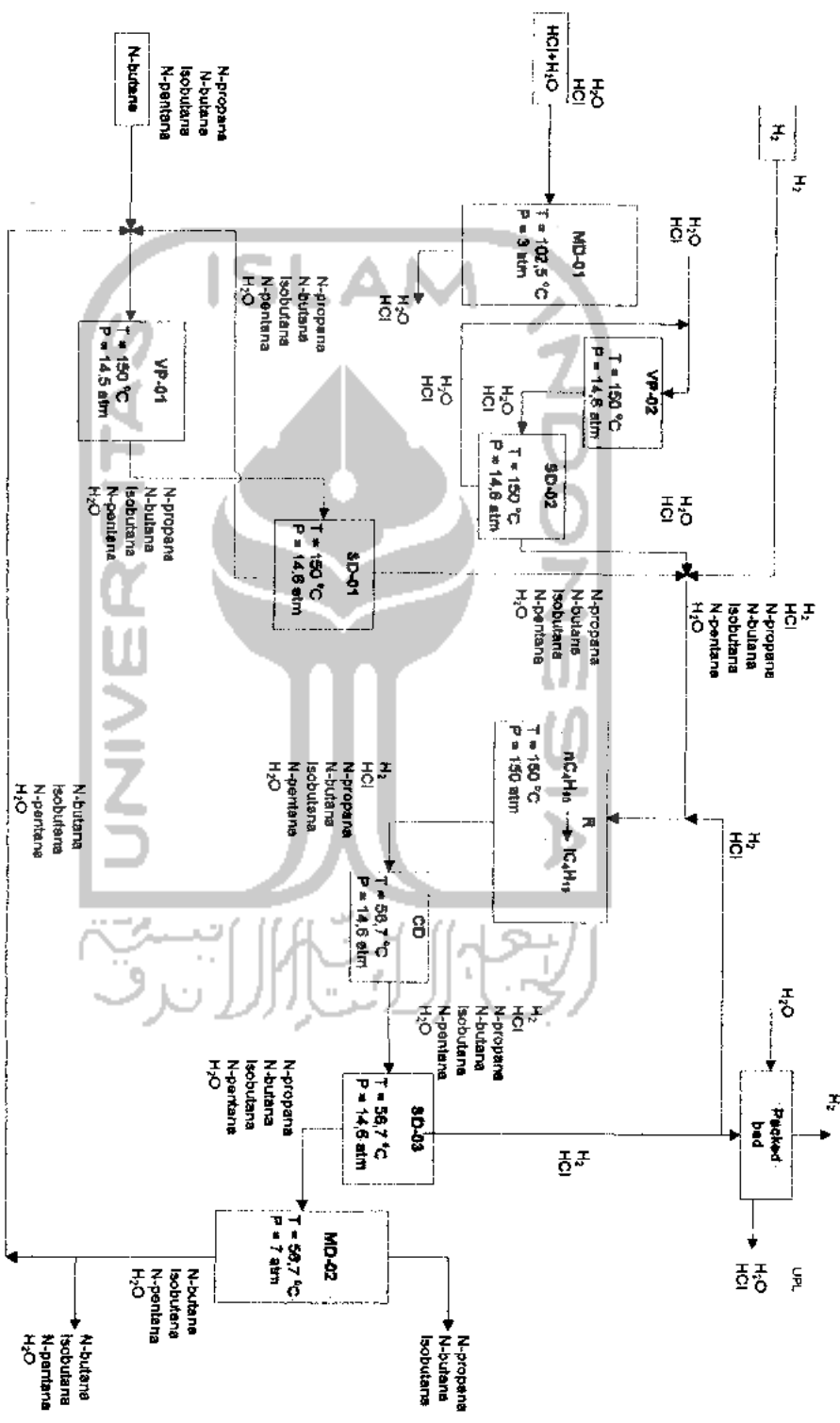
d. Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

### 2.4.3 Pengendalian Kualitas Proses

Untuk memperoleh hasil produksi yang optimal, maka dibutuhkan pengendalian terhadap proses produksi yang dijalankan. Hal ini berkaitan dengan alat proses yang digunakan, kondisi operasi pada tiap proses serta berkaitan dengan system control pada tiap alat. Pengendalian kualitas proses harus dilakukan untuk menghindari terjadinya hal – hal yang tidak diinginkan.





Gambar 2.1. Diagram alir kualitatif

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 URAIAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan, maka pada perancangan pabrik Isobutana perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

##### 3.1.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku n-Butana dengan suhu 30 °C dan tekanan 4 atm dari tangki distributor dialirkan melalui pipa ke Vaporizer (VP-01) untuk diubah fasenya dari cair ke fase gas. Vaporizer bekerja pada kondisi suhu 150 °C dan tekanan 14,6 atm. Sedangkan bahan baku HCl 35% dipekatkan menjadi larutan HCl 99,7%, bahan baku HCl 35% dari tangki penyimpanan 01 (TP-01) dialirkan dengan pompa (P-02) dan dipanaskan dari suhu 30 °C menjadi suhu 102,5 °C dengan menggunakan HE-02. Kemudian larutan HCl ini dialirkan ke MD-01 untuk dipekatkan menjadi larutan HCl 99,7% sebagai hasil atas. Sedangkan bahan pendukung lainnya yaitu H<sub>2</sub> dilirkan dari tabung-tabung penyimpanan diekspansikan dari tekanan 200 atm menjadi 14,6 atm menggunakan ekspansi valve. Penyimpanan larutan HCl 35% dilakukan pada suhu 30 °C dan tekanan 2 atm.

##### 3.1.2 Proses Isomerisasi n-Butana

Reaksi pembuatan Isobutana dari n-Butana merupakan reaksi isomerisasi pada fase gas-gas dengan menggunakan katalis AlCl<sub>3</sub>.

Pada reaksi ini dipakai reaktor Fixed bed dimana katalis  $\text{AlCl}_3$  berada didalam reaktor. Bahan baku n-Butana, larutan HCl 99,7% dan  $\text{H}_2$  dimasukkan pada reaktor Fixed bed yang bekerja pada kondisi operasi suhu  $150\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan 14,6 atm.

Dalam reaksi pembentukan isobutana ini, produk keluar pada suhu  $150\text{ }^\circ\text{C}$ , tekanan 14,5 atm kemudian dialirkan ke kondensor 03 (CD-03).

### 3.1.3 Proses Pemisahan Dan Pemurnian Produk

Proses pemisahan gas  $\text{H}_2$  dan HCl terjadi dalam separator drum (SD-03) setelah sebelumnya dilewatkan kedalam kondensor untuk mengembunkan komponen-komponen selain  $\text{H}_2$  dan HCl. Dari SD-03 produk yang berupa cairan kemudian dimasukkan kedalam menara distilasi (MD-02) setelah sebelumnya dilewatkan melalui expansion valve untuk menurunkan tekanan dari 14,5 atm menjadi 7 atm.

Proses pemurnian terjadi di MD-02, yang mana umpan berupa cair jernih pada kondisi suhu  $56,7\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan 7 atm. Produk atas MD-02 berupa larutan isobutana 97,56% dengan impurities n-Propana 2,15% dan n-Butana 0,29% kemudian di dinginkan menggunakan HE-03 untuk kemudian disimpan di tangki penyimpanan (TP-02) pada suhu  $35\text{ }^\circ\text{C}$  tekanan 5 atm. Sedangkan produk bawah MD-02 direcycle sebagai umpan VP-01 setelah sebagian di buang ke UPL.

### 3.2 SPESIFIKASI ALAT

Spesifikasi peralatan pada perancangan pabrik isobutana dari bahan baku n-butana dengan kapasitas 150.000 ton/tahun meliputi :

#### 3.2.1 Spesifikasi alat proses

##### 1. Tangki Penyimpan Asam Klorida (TP-02)

Kode	: T-02
Fungsi	: Menyimpan asam klorida sebanyak 56317,5 kg untuk kebutuhan 15 hari operasi
Jenis	: Tangki silinder vertikal, <i>conical roof</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	:
Jumlah	: 2 buah
Tekanan	: 2 atm
Suhu	: 30°C
Tinggi	: 4,572 m
Diameter	: 4,572 m
Volume	: 33,9439 m <sup>3</sup>
Tebal <i>head</i>	: 0,375 in
Tebal <i>shell</i>	: 0,25 in
Harga	: US \$ 394.413,80

##### 2. Tangki Penyimpan Produk Isobutana (TP-02)

Kode	: T-02
Fungsi	: Menyimpan isobutana sebanyak 5454545,4720 kg untuk kebutuhan 15 hari operasi
Jenis	: Tangki silinder vertikal, <i>torispherical roof</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	:
Jumlah	: 2 buah
Tekanan	: 5 atm

#### 4. Menara Distilasi 01

Kode : MD-01  
 Fungsi : Memekatkan larutan HCl dari 35% menjadi larutan HCl 99,7%  
 Jenis : *Packed Bed*  
 Kondisi operasi : Distilat : 59,0477 °C  
 Bottom : 131,6380 °C

Tekanan : 3 atm

Spesifikasi :

*Shell*

- a. Diameter : 0,8607 m
- b. Tinggi : 7,6674 m
- c. tebal : 3/16 in

*Head*

- d. Tebal : ¼ in
- e. Jenis : Elliptical Dished Head

*Packed Bed*

- f. jenis : Pall Rings ,Ceramic
- g. *Packing size* : 25 mm

Jumlah : 1 buah

Harga : US \$ 105.241,20

#### 5. Menara Distilasi 02

Kode : MD-02

Fungsi : Memisahkan Isobutana dari cairan hasil Separator (S-02)

Jenis : *Sieve Tray*

Spesifikasi :

Kolom distilasi atas :

- a. Tekanan : 6,9 atm
- b. Temperatur *bubble point* : 49,9719 °C
- c. Temperatur *dew point* : 50,8483 °C

d. Diameter	: 3,4418 m
e. Jumlah <i>tray</i>	: 22 buah
f. <i>Tray spacing</i>	: 0,4000 m
Kolom distilasi bawah	:
g. Tekanan	: 7,1 atm
h. Temperatur <i>dew point</i>	: 71,4451 °C
i. Temperatur <i>bubble point</i>	: 66,9920 °C
j. Diameter	: 3,3673 m
k. Jumlah <i>tray</i>	: 40 buah
l. <i>Tray spacing</i>	: 0,4000 m
Tebal <i>head</i>	: 5/16 in
Tebal <i>Shell</i>	: 5/8 in
Tebal isolator	: 1,1496 in
Tinggi	: 26,4000 m
Jumlah <i>plate actual</i>	: 62
Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 1.292.899,96

#### 6. Packed bed

Kode	: PB
Fungsi	: Memurnikan H <sub>2</sub> dari HCl
Tipe	: Packed bed
Spesifikasi	:

##### *Shell*

a. Diameter	: 0,2379 m
b. Tinggi	: 3,1823 m
c. tebal	: 3/16 in

##### *Head*

d. Tebal	: ¼ in
e. Jenis	: Elliptical Dished Head



*Packed Bed*

f. jenis	: Pall Rings ,Ceramic
g. <i>Packing size</i>	: 25 mm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US \$ 80.7906,86

**7. Separator 01**

Kode	: SP-01
Fungsi	: Memisahkan campuran uap dan cair umpan yang keluar dari vaporizer (VP-01)
Tipe	: Silinder Vertikal
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-240 A</i>
Kondisi operasi	: Suhu operasi : 150 °C Tekanan operasi : 14,6 atm
Dimensi alat	: Diameter : 1,0668 m Tinggi : 4,7136 m
Tebal <i>shell</i>	: 3/4 in
Tebal <i>head</i>	: 5/8 in
Harga	: US \$ 148.725,37

**8. Separator 02**

Kode	: SP-02
Fungsi	: Memisahkan campuran uap dan cair yang keluar dari vaporizer 02 (VP-02)
Tipe	: Silinder Vertikal
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-240 A</i>
Kondisi operasi	: Suhu operasi : 56,7 °C Tekanan operasi : 14,5 atm
Dimensi alat	: Diameter : 0,5460 m Tinggi : 2,1567 m
Tebal <i>shell</i>	: 1/2 in

h. Panjang pipa	: 6 ft ( 1,8288 m)
i. Uc	: 12,7923 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
j. Ud	: 12,3174 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
Harga	: US \$ 1.659,99

### 11. Heat exchanger 02

Kode	: HE-02
Fungsi	: Memanaskan HCl umpan Menara Distilasi dari suhu 30 °C sampai suhu 102,5 °C.
Jenis	: <i>Double pipe</i>
Spesifikasi	:
<i>Annulus</i>	
a. OD	: 1,660 in
b. ID	: 1,2780 in
c. <i>Pressure drop</i>	: 0,0351 psi
<i>Inner pipe</i>	
d. ID	: 0,2150 in
e. OD	: 2,067 in
f. <i>Pressure drop</i>	: 0,0003 psi
g. Luas penampang	: 1,6920 ft <sup>2</sup>
h. Panjang pipa	: 12 ft
i. Uc	: 431,5749 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
j. Ud	: 238,3818 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
Harga	: US \$ 3.286,80

### 12. Heat exchanger 03

Kode	: HE-03
Fungsi	: Menurunkan suhu dari 50 °C sampai suhu 30 °C.
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>

Spesifikasi :

*Shell*

- a. *Baffle space* : 12,5
- b. *IDs* : 15,25 in
- c. *Passes* : 1

*Tube*

- d. *ODt* : 1 in
- e. *IDt* : 0,87 in
- f. *BWG* : 16
- g. *L* : 20 ft
- h. *passes* : 2
- i. *Pitch* : 1 ½ in, *square pitch*

Harga : US \$ 12.949,59

**13. Kondenser 01**

Kode : CD-01

Fungsi : Untuk mengkondensasikan produk atas menara distilasi  
(MD-01)

Jenis : *Double pipe*

Spesifikasi :

*Anulus*

- a. *ID* : 1,66 in
- b. *OD* : 2,067 in
- c. *Pressure drop* : 0,2512 psi

*Innerpipe*

- d. *OD* : 0,54 in
- e. *ID* : 1,38 in
- f. *L* : 12 ft
- g. *Pressure drop* : 0,0812 psi
- h.  $U_D$  : 2,0201 Btu/jam ft<sup>2</sup>°F
- i.  $U_c$  : 18,7938 Btu/jam ft<sup>2</sup>°F



Harga : US \$ 91.176,65

#### 14. Kondenser 02

Kode : CD-02

Fungsi : Untuk mengkondensasikan produk atas menara distilasi (MD-02)

Jenis : *shell and tube*

Spesifikasi :

*Shell side*

a. ID	: 33 in
b. Baffle space	: 33 in
c. Passes	: 1
d. Pressure drop	: 0,0975 psi

*Tube side*

e. OD	: 1 in
f. BWG	: 16
g. Passes	: 1
h. ID	: 0,87 in
i. L	: 20 ft
j. Pressure drop	: 0,0437 psi
k. Susunan tube	: Square pitch
l. $U_D$	: 148,6688 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
m. $U_c$	: 204,9882 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F

Harga : US \$ 36.794,92

#### 15. Kondenser 03

Kode : CD-03

Fungsi : Mengembunkan gas keluar reaktor (R-01)

Jenis : *shell and tube*

Spesifikasi :

*Shell side*

a. ID	: 39 in
-------	---------

- b. *Baffle space* : 19.5 in
- c. *Passes* : 2
- d. *Pressure drop* : 1,2888 psi

*Tube side*

- e. OD : 7,44 in
  - f. BWG : 16
  - g. *Passes* : 2
  - h. ID : 9 in
  - i. L : 12 ft
  - j. *Pressure drop* : 0,0053 psi
  - k. *Susunan tube* : Square pitch
  - l.  $U_D$  : 144,3886 Btu/jam ft<sup>2</sup> °F
  - m.  $U_c$  : 513,5495 Btu/jam ft<sup>2</sup> °F
- Harga : US \$ 354.802,72

**16. Akumulator 01**

- Kode : AC-01
  - Fungsi : Menampung hasil kondensasi CD-01
  - Jenis : *Horizontal Drum*
  - Spesifikasi :
  - Kondisi operasi :
    - a. Suhu : 55,2403 °C
    - b. Tekanan : 1 atm
  - Dimensi alat :
    - c. Diameter : 1 m
    - d. Panjang (L) : 4 m
    - e. Tebal *shell* : ½ in
    - f. Tebal *head* : ³/₁₆ in
    - g. Tinggi *head* : 0,1872 m
    - h. Tekanan : 1 atm
- Harga : US \$ 21.337,97

h. *Pressure drop* : 0,0209 psi  
 Harga : US \$ 92.146,09

### 19. Reboiler 02

Kode : Rb-02  
 Fungsi : Menguapkan kembali cairan hasil bawah menara distilasi  
 (MD-02)

Spesifikasi :

*Shell side*

- a. ID : 25 in  
 b. *Baffle space* : 17,25 in  
 c. *Passes* : 2

*Tube side*

- d. OD : 1 in  
 e. BWG : 16  
 f. *Passes* : 2  
 g. ID : 0,87 in  
 h. *Pressure drop* : 0,0121 psi  
 i. *Uc* : 250 Btu/hr ft<sup>2</sup> °F  
 Harga : US \$ 99.590,00

### 20. Vaporizer 01

Kode : Vp-01  
 Tugas : Memanaskan dan menguapkan umpan reaktor  
 Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*  
 Kondisi : 150 °C, 14,6 atm

Spesifikasi :

*Shell side*

- a. IDs : 21,25 in  
 b. *Baffle space* : 10 in  
 c. *Pressure drop* : 0,8767 psi

d. *Passes* : 1

*Tube side*

e. OD : 0,75 in

f. ID : 0,62 in

g. BWG : 16

h. *Passes* : 2

i. *Pressure drop* : 0,2182 psi

j. Ud : 133,0659 btu/hr ft<sup>2</sup> °F

k. Uc : 152,5598 btu/hr ft<sup>2</sup> °F

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel SA 285 grade C

Harga : US \$ 744.933,02

**21. Vaporizer 02**

Kode : Vp-02

Tugas : Memanaskan dan menguapkan hasil akumulator

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Kondisi : 150 °C, 14,6 atm

Spesifikasi :

*Shell side*

a. IDs : 15,07 in

b. *Baffle.space* : 8 in

c. *Pressure drop* : 0,0478 psi

d. *Passes* : 1

*Tube side*

e. OD : 0,75 in

f. ID : 0,62 in

g. BWG : 16

h. *Passes* : 2

i. *Pressure drop* : 0,0256 psi

j. Ud : 80,8769 btu/hr ft<sup>2</sup> °F

k. Uc	: 107,9568 btu/hr ft <sup>2</sup> °F
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Carbon steel SA 285 grade C
Harga	: US \$ 1.744,93

## 22. Ekspansion Valve

Kode	: EV-01
Tugas	: Menurunkan tekanan gas
Jenis	: Reciprocating, 1 Stage
Kapasitas	: 1009,6992 kg
Kondisi Operasi	
a. Rasio Kompresi	: 2,92
b. Daya motor	: 0,16 hp
c. Daya kompresor	: 0,13 hp
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Carbon steel SA 285 grade C
Harga	: \$ 9.312,60

## 23. Pompa (P-01)

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku HCL ke tangki penyimpanan (TP-01) sebanyak 2933,2020 kg/jam.
Jenis	: <i>Multistage stage centrifugal pump</i>
Tipe	: <i>Radial flow impeller</i>
Kapasitas	: 8,5632 gpm
Ukuran pipa	
NPS	: ½ in
Sch No	: 40
OD	: 0,840 in



ID	: 0,824 in
Head pompa	: 72,7474 ft
Tenaga pompa	: 0,2091 Hp
Tenaga motor	: ¾ Hp Standar NEMA
Putaran standar	: 2900 rpm
Jumlah	: 2 buah
Harga	: US\$ 2.727,92

#### 24. Pompa (P-02)

Fungsi	: Untuk memompa umpan larutan HCL dari tangki HCL ke HE-01 sebanyak 195,54680 kg/jam.
Jenis	: <i>single stage centrifugal pump</i>
Tipe	: <i>Radial flow impeller</i>
Kapasitas	: 0,5709 gpm
Ukuran pipa	
NPS	: 1/8 in
Sch No	: 40
OD	: 0,405 in
ID	: 0,269 in
Head pompa	: 14,1724 ft
Tenaga pompa	: 0,0027 Hp
Tenaga motor	: 1/8 Hp Standar NEMA
Putaran standar	: 2900 rpm

Jumlah : 2 buah  
 Harga : US\$ 1.513,36

## 25. Pompa (P-03)

Fungsi : Untuk mengalirkan bahan baku n-butana dari distributor ke vaporizer (VP-01) sebanyak 20434,94382 kg/jam.

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Mixed flow impeller*

Kapasitas : 132,3574 gpm

Ukuran pipa

NPS : 2 ½ in

Sch No : 40

OD : 2,875 in

ID : 2,469 in

Head pompa : 11,8737 ft

Tenaga pompa : 0,2378 Hp

Tenaga motor : ½ Hp Standar NEMA

Putaran standar : 2900 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 6.700,00

**26. Pompa (P-04)**

Fungsi : Untuk mengalirkan bahan baku n-butana arus umpan dan recycle ke vaporizer (VP-01) sebanyak 33916,03579 kg/jam

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Axial flow impeller*

Kapasitas : 820,9535 gpm

Ukuran pipa

NPS : 5 in

Sch No : 40

OD : 5,2724 in

ID : 5,5 in

Head pompa : 14,2943 ft

Tenaga pompa : 1,0606 Hp

Tenaga motor : 1 ½ Hp Standar NEMA

Putaran standar : 2900 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 6.700,00

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

Fungsi : Untuk mengalirkan HCl ke vaporizer (VP-02) sebanyak 65,14642 kg/jam.

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Radial flow impeller*

Kapasitas : 0,3128 gpm

Ukuran pipa

NPS : 1/8 in

Sch No : 40

OD : 0,405 in

ID : 0,269 in

Head pompa : 16,0826 ft

Tenaga pompa : 0,0010 Hp

Tenaga motor : 1/8 Hp Standar NEMA

Putaran standar : 2900 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 1.513,36

#### 28. Pompa (P-06)

Fungsi : Untuk mengalirkan cairan refluk dari separator (SP-02) sebanyak 16,28661 kg/jam.

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Radial flow impeller*

Kapasitas : 0,0380 gpm

Ukuran pipa

NPS : 1/8 in

Sch No : 40

OD : 0,405 in  
 ID : 0,269 in  
 Head pompa : 14,8275 ft  
 Tenaga pompa : 0,0002 Hp  
 Tenaga motor : 1/8 Hp Standar NEMA  
 Putaran standar : 2900 rpm  
 Jumlah : 2 buah  
 Harga : US\$ 1.513,36

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

Fungsi : Untuk mengalirkan produk bawah menara distilasi  
 (MD-01) sebanyak 130,40042 kg/jam.  
 Jenis : *Single stage centrifugal pump*  
 Tipe : *Radial flow impeller*  
 Kapasitas : 0,5287 gpm  
 Ukuran pipa  
 NPS : 1/8 in  
 Sch No : 40

OD : 0,405 in  
 ID : 0,269 in  
 Head pompa : 17,5865 ft  
 Tenaga pompa : 0,0022 Hp  
 Tenaga motor : 1/8 Hp Standar NEMA

Putaran standar : 2900 rpm  
 Jumlah : 2 buah  
 Harga : US\$ 1.513,36

### 30. Pompa (P-08)

Fungsi : Untuk mengalirkan cairan refluk dari separator (SP-01) sebanyak 8479,00894 kg/jam.

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Mixed flow impeller*

Kapasitas : 163,7048 gpm

Ukuran pipa

NPS : 2 ½ in

Sch No : 40

OD : 2,875 in

ID : 2,469 in

Head pompa : 7,009822148 ft (2,1366 m)

Tenaga pompa : 0,1449 Hp

Tenaga motor : 3/8 Hp Standar NEMA

Putaran standar : 2900 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 12.728,81

**31. Pompa (P-09)**

Fungsi : Untuk mengalirkan hasil atas MD-02 dari akumulator ke HE-03 sebanyak 18939,39394 kg/jam.

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Mixed flow impeller*

Kapasitas : 362,5418 gpm

Ukuran pipa

NPS : 4 in

Sch No : 40

OD : 4,5 in

ID : 4,026 in

Head pompa : 36,4868 ft

Tenaga pompa : 0,6773 Hp

Tenaga motor : 1 ½ Hp Standar NEMA

Putaran standar : 2900 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 50.915,24

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

Fungsi : Untuk mengalirkan produk dari tangki penyimpanan ke distributor sebanyak 284090,90910 kg/jam.

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Axial flow impeller*

Kapasitas : 1680,1673 gpm

Ukuran pipa

NPS : 10 in

Sch No : 40

OD : 10,75 in

ID : 10,020 in

Head pompa : 15,0812 ft

Tenaga pompa : 4,1991 Hp

Tenaga motor : 7 Hp Standar NEMA

Putaran standar : 2900 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 58.926,35

### 33. Pompa (P-11)

Fungsi : Untuk mengalirkan produk bawah MD-02 sebagian direcycle dan sebagian masuk ke UPL sebanyak 13976,76889 kg/jam.

Jenis : *Single stage centrifugal pump*

Tipe : *Mixed flow impeller*

Kapasitas : 293,5606 gpm

Ukuran pipa

NPS : 4 in



Sch No : 40  
 OD : 4 ½ in  
 ID : 4,026 in  
 Head pompa : 22,5594 ft  
 Tenaga pompa : 0,3311 Hp  
 Tenaga motor : ¾ Hp Standar NEMA  
 Putaran standar : 2900 rpm  
 Jumlah : 2 buah  
 Harga : US\$ 72.740.79

#### 34. Pompa (P-12)

Fungsi : Untuk mengalirkan arus recycle hasil bawah MD-02 menuju vaporizer (VP-01) sebanyak 13479,09197 kg/jam.  
 Jenis : *Single stage centrifugal pump*  
 Tipe : *Mixed flow impeller*  
 Kapasitas : 60,0009 gpm

#### Ukuran pipa

NPS : 3 in  
 Sch No : 40  
 OD : 3,5 in  
 ID : 3,068 in

Head pompa	: 16,0344 ft
Tenaga pompa	: 0,2118 Hp
Tenaga motor	: ½ Hp Standar NEMA
Putaran standar	: 2900 rpm
Jumlah	: 2 buah
Harga	: US\$ 48.493,86

### 3.3 PERENCANAAN PRODUKSI

Setting perencanaan produksi isobutana dari bahan baku n-butana dengan kapasitas 150.000 ton/tahun.

#### 3.3.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.1. Neraca Massa Total

Komponen	Masuk		Keluar	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9,2342	407,19697	9,2342	407,19697
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	341,83450	19868,58366	22,32681	1297,71005
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,02757	1,60273	319,5353	18572,47634
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2,74520	159,56046	2,74520	159,56046
H <sub>2</sub> O	1,76168	127,10542	1,76168	127,10542
H <sub>2</sub>	5,10513	10,29194	5,10513	10,29194
HCl	1,87711	68,44138	1,87711	68,44138
Total	362,58542	20642,78255	362,58542	20642,78255

### 3.3.2 Neraca Massa Peralatan Proses

**Tabel 3.2. Neraca Massa di Reaktor**

Komponen	Masuk		Keluar	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9,2342	407,19697	9,2342	407,19697
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	534,2712	31053,65598	214,7635	12482,78237
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	14,7692	858,43525	334,2769	19429,30886
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	22,1150	1595,60456	22,1150	1595,60456
H <sub>2</sub> O	0,0705	1,27014	0,0705	1,27014
H <sub>2</sub>	51,0513	102,91937	51,0513	102,91937
HCl	17,8326	650,19310	17,8326	650,19310
<b>Total</b>	<b>649,3439</b>	<b>34669,27536</b>	<b>649,3439</b>	<b>34669,27536</b>

**Tabel 3.3. Neraca Massa di Menara Distilasi-01**

Komponen	Masuk		Keluar	
	Umpan	Distilat	Bottom	
	kg/jam	kg/jam	kg/jam	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	-	-	
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-	
H <sub>2</sub> O	127,10542	0,12711	126,97831	
H <sub>2</sub>	-	-	-	
HCl	68,44138	65,01931	3,42207	
<b>SubTotal</b>	<b>195,54680</b>	<b>65,14642</b>	<b>130,40038</b>	
<b>Total</b>	<b>195,54680</b>	<b>195,54680</b>		

**Tabel 3.4. Neraca Massa di Menara Distilasi-02**

Komponen	Masuk	Keluar	
	Umpan	Distilat	Bottom
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	407,19697	407,19697	-
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	12482,78237	54,92424	12427,85813
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	19429,30886	18477,27273	952,03613
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1595,60456	-	1595,60456
H <sub>2</sub> O	1,27014	-	1,27014
H <sub>2</sub>	-	-	-
HCl	-	-	-
SubTotal	33916,16290	18939,39394	14976,76896
Total	33916,16290	33916,16290	

### 3.3.3 Penentuan Neraca Panas

**Tabel 3.5. Neraca Panas di Reaktor**

Komponen	masuk	keluar
nC <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-3538294,9292	152340231564,9140
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-354758969,6800	4516934306530,3000
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-9825685,7238	8451007209664,0100
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-22456478,6418	746629120194,9300
H <sub>2</sub> O	-4337,1619	-60735717,0190
H <sub>2</sub>	-298913,2218	13160682185,1974
HCl	-1894825,5320	0,0000
ΔHR	338926643,1254	
Q akumulasi		-13880064665284,1000
	-53850861,7700	-53850861,7700

**Tabel 3.6. Neraca Panas di Menara Distilasi-01**

<b>KOMPONEN</b>	<b>Masuk</b>	<b>Keluar</b>
	kcal/jam	kcal/jam
Enthalpi masuk	77107,3711	
Beban reboiler	55760,1221	
Enthalpi hasil atas		1427,7499
Enthalpi hasil bawah		129120,6355
Beban kondensor		228144,6562
<b>Total</b>	<b>358693,0416</b>	<b>358693,0416</b>

**Tabel 3.7. Neraca Panas di Menara Distilasi-02**

<b>KOMPONEN</b>	<b>Masuk</b>	<b>Keluar</b>
	kcal/jam	kcal/jam
Enthalpi masuk	1141280,2229	
Beban reboiler	12118716,4389	
Enthalpi hasil atas		710626,5841
Enthalpi hasil bawah		1129368,3374
Beban kondensor		11420001,7403
<b>Total</b>	<b>13259996,6618</b>	<b>13259996,6618</b>