

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 Uraian Proses

##### 1. Tahap pengolahan bahan baku

###### a. O-xylene

Bahan baku o-xylene ditampung dalam Liquid Vessel Tank T-01 pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Tangki penampung ini berfungsi untuk menampung o-xylene serta mengendapkan impuritas yang terdapat didalamnya berdasarkan perbedaan densitas. Dari tangki ini o-xylene dipompa keluar menggunakan pompa sentrifugal P-01 dan dialirkan ke vaporizer V-01 untuk mengubah fasa o-xylene menjadi gas. Sebagai medium pemanas vaporizer digunakan hot condensate yang dihasilkan oleh Air pre-Heater HE-01. O-xylene keluar Vaporizer dengan temperatur pada titik gelembungnya yaitu 156,6 °C dan tekanan 1,3 atm, dikarenakan pada setiap perancangan Vaporizer umpan yang masuk teruapkan 80% maka ada fase gas dan cairan, maka perlu dipisahkan di Separator SP-01. Pada Separator dipisahkan fase gas dan cairan, fase gas 80% dan cairan 20%, yang berupa cairan di recycle dengan umpan yang akan masuk ke dalam Vaporizer sehingga jumlah yang keluar dari Separator sama dengan jumlah

yang yang keluar dari tangki penyimpanan bahan baku O-Xylene. Kemudian gas o-xylene ini dialirkan ke dalam Gas Mixer M-01 untuk dicampur dengan udara.

#### b. Udara

Udara dari atmosfer dengan temperature 30 °C, setelah melewati penyaring udara F-01 untuk menghilangkan debu dan kotoran yang dapat menghambat kerja katalis, dinaikkan tekanannya dengan menggunakan Air Blower B-02 hingga mencapai tekanan 1,3 atm. Sebelum masuk Gas Mixer M-01, udara dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu 156,6 °C dalam Air Pre-Heater HE-01.

#### c. Pencampuran o-xylene dengan udara

Proses pencampuran o-xylene dengan udara berlangsung dalam Gas Mixer Ventury Type M-01. Rasio o-xylene dengan udara adalah sekitar 70 gr/m<sup>3</sup>, dimana konsentrasi ini berada dibawah ambang batas ledakan. Campuran ini kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 340 °C menggunakan hot oiltherm dalam Gas Heater HE-02, lalu masuk ke dalam Fixed Bed Multitube Catalytic Reactor R-01 pada tekanan 1,3 atm. Adanya pengontrol rasio memungkinkan untuk mendapatkan rasio udara dan o-xylene secara tetap. Hal ini penting dilakukan untuk mencegah terjadinya ledakan.

## 2. Tahap oksidasi

Campuran gas melewati reaktor R-01 pada sisi tube dengan suhu masuk 340 °C, dimana terjadi reaksi oksidasi dengan bantuan katalis vanadium

pentaoksida  $V_2O_5$ . Reaksi yang terjadi dalam tube reaktor ini sangat eksotermis pada suhu 340 – 360 °C. Pada bagian shell reaktor R-01 dialirkan pendingin yang tahan terhadap suhu tinggi, yaitu molten salt.

Pendingin garam mengalir dalam shell reaktor dengan pompa sirkulasi garam P-02. Salt yang diisikan ke dalam reaktor harus dijaga kandungan ion Cl-nya karena apabila melebihi 0,04 % maka akan terjadi korosi pada dinding shell dan tube reaktor yang berakibat kebocoran pada reaktor. Jika salt ini bereaksi dengan salah satu gas hasil reaksi reaktor yaitu toluic acid akan membentuk tri nitro toluene (TNT) yang pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan ledakan.

Hasil reaksi yang berupa gas, sebagian besar terdiri dari phthalic anhydride. Gas ini keluar dari reaktor pada suhu 350 °C, kemudian masuk ke Condencer (CN-01) hingga mencapai suhu 132 °C.

### 3. Proses Separasi

Tahapan proses separasi ada 2, antara lain :

#### 1) Flashing

Proses flashing dilakukan melalui 2 tahap yaitu dalam F-01 dan F-02. Pada tahap ini, hasil reaksi yang masih mengandung uap sebesar 99,29792% berat dan cair sebesar 0,70208% berat dipisahkan menggunakan alat vertical flash 1 (F-01) supaya fase uap dapat terpisah dari fase cairnya. Hasilnya (suhu 132°C dan tekanan 1,15 atm) berupa, fase cair akan keluar sebagai hasil bawah dan fase uap keluar sebagai hasil atas. Fase cair sebagian besar berupa PA (Phthalic

Anhydride) dan sedikit MA(Maleic Anhydride), karbon dioksida, karbon monoksida, air dan sisa reaktan (nitrogen, oksigen dan o-xylene). Sedangkan fase uap sebagian besar berupa MA(Maleic Anhydride), karbon dioksida, karbon monoksida, air dan sisa reaktan (nitrogen, oksigen dan o-xylene) dan sebagian kecil PA (Phthalic Anhydride). Karena hasil atas F-01 masih mengandung PA (Phthalic Anhydride), maka hasil atas ini perlu dilakukan proses flashing kembali yaitu dalam vertical flash 1 (F-02). Tetapi, sebelum masuk ke dalam F-02, campuran uap ini perlu dikondensasi dalam kondensor CN-02. Keluar dari kondensor E-03, hasil reaksi berupa campuran cair-uap pada suhu 65°C dan tekanan 1,1 atm dan memiliki konsentrasi uap sebesar 99,71897% berat. Selanjutnya, campuran masuk ke dalam vertical flash 1 (F-02). Hasilnya (suhu 65°C dan tekanan 1,1 atm) berupa, fase cair akan keluar sebagai hasil bawah dan fase uap keluar sebagai hasil atas. Fase cair sebagian besar berupa PA (Phthalic Anhydride) dan sedikit MA(Maleic Anhydride), karbon dioksida, karbon monoksida, air dan sisa reaktan (nitrogen, oksigen dan o-xylene). Sedangkan fase uap sebagian besar berupa MA(Maleic Anhydride), karbon dioksida, karbon monoksida, air dan sisa reaktan (nitrogen, oksigen dan o-xylene) dan sebagian kecil PA (Phthalic Anhydride), ini merupakan off gas.

## 2) Stripping

Hasil bawah F-01 dan F-02 masuk ke dalam mixer untuk dicampur dan selanjutnya dipompa menggunakan pompa P-03 dan P-04 menuju Phthalic Anhydride Stripper (ST-01). Umpan masuk ke dalam stripper berupa fasa cair

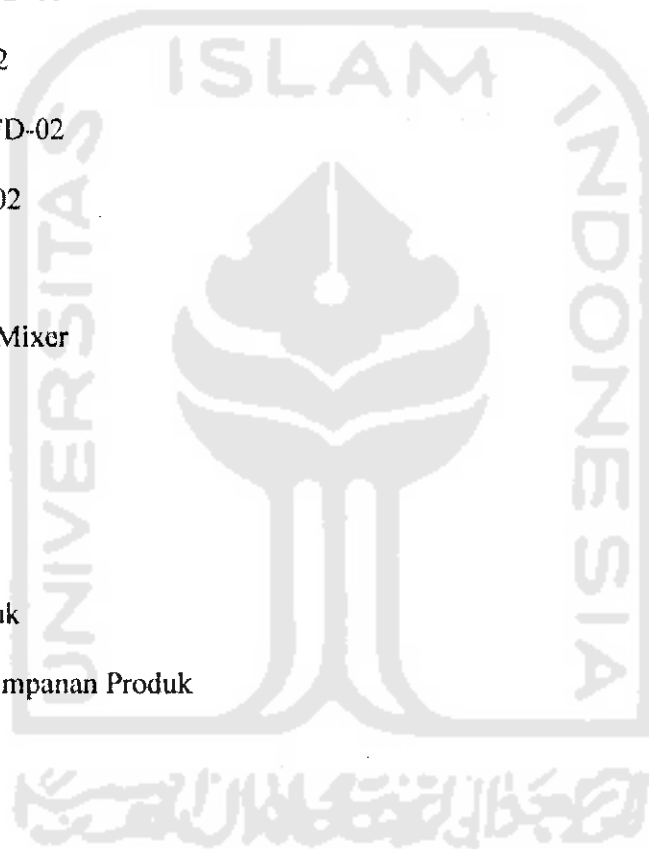
pada suhu 112°C dan tekanan 1,115 atm. Umpan ini sebagian besar berupa PA (Phthalic Anhydride) dan sedikit MA (Maleic Anhydride), karbon dioksida, karbon monoksida, air dan sisa reaktan (nitrogen, oksigen dan o-xylene). Pada stripper ini, umpan dipisahkan berdasarkan titik didih masing – masing komponen murninya. Hasil atas kolom stripper keluar berupa fase uap pada suhu 207,04°C dan tekanan 1,115 atm. Hasil atas berupa sebagian besar MA (Maleic Anhydride), karbon dioksida, karbon monoksida, air dan sisa reaktan (nitrogen, oksigen dan o-xylene) dan sedikit PA (Phthalic Anhydride). Hasil atas ini merupakan off gas, sebelumnya masuk ke heater sehingga suhu keluaranya 30°C Sedangkan hasil bawah kolom Stripper keluar berupa fasa cair pada suhu 289,6841°C dan tekanan 1,165 atm. Hasil bawah berupa sebagian besar PA (Phthalic Anhydride) dan sedikit MA (Maleic Anhydride). Hasil bawah ini merupakan produk utama yaitu PA (Phthalic Anhydride) cair, kemudian masuk kedalam HE-04 sehingga suhu produk Pthalic Anhydride masuk ke tangki penyimpanan produk adalah 30°C.

### 3.2. Spesifikasi Alat

Alat proses yang dirancang :

1. Tangki penyimpanan bahan baku
2. Pompa O-Xylene
3. Separator
4. Blower

5. HE-01
5. HE-02
7. Reaktor
8. Pompa molten salt
9. Condencer 01
10. Flash Drum 01
11. Pompa dari FD-01
12. Condencer 02
13. Pompa dari FD-02
14. Flash Drum 02
15. Mixer
16. Pompa Dari Mixer
17. Stripper
18. HE-03
19. HE-04
20. Pompa Produk
21. Tangki penyimpanan Produk



### 3.2.1. Tangki Penyimpanan Bahan Baku

- Nama alat : tangki penyimpanan bahan baku ortho xylene
- Kode : T-01
- Tipe : silinder tegak dengan alas datar dan atap conical

Material konstruksi : carbon Steel SA- 283 Grade C

Kondisi penyimpanan : cair

Waktu penyimpanan : 30 hari

Suhu penyimpanan : 30 °C

Tekanan penyimpanan : 1 atm

Jumlah : 3 buah

Volume : 1468.8256 m<sup>3</sup>

Tinggi : 5 m

Diameter : 13 m

Tebal shell : Course 1 = 0,875 in

Course 2 = 0,750 in

Course 3 = 0,625 in

Course 4 = 0,500 in

Course 5 = 0,375 in

Course 6 = 0,250 in

Tebal head : 0.188 in

Tinggi head : 9 ft

Diameter pipa :

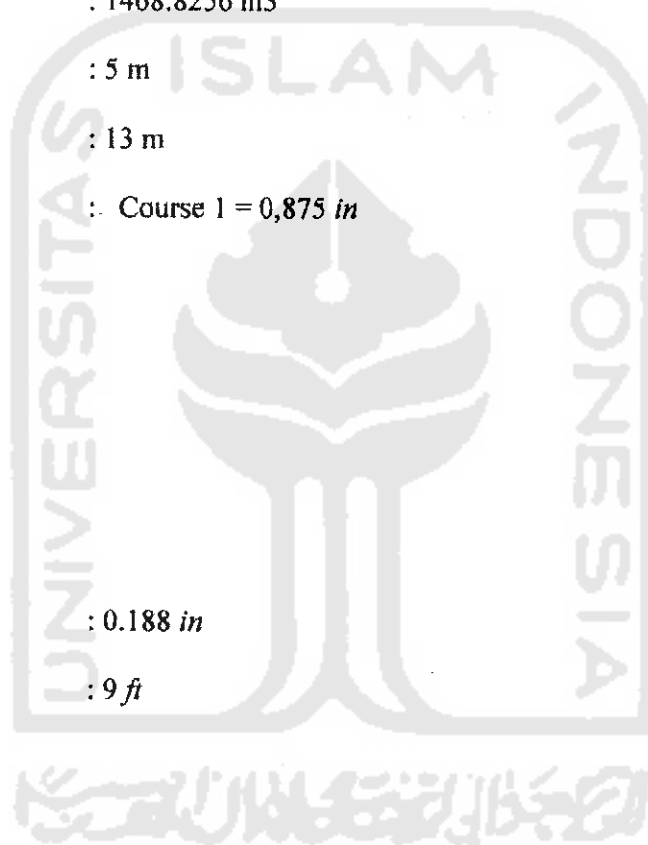
Pemasukan

$D_{nom} = 18 \text{ in}$

ID = 17,25 in

OD = 18 in

Sch = 30



### Pengeluaran

$$D_{\text{nom}} = 2 \text{ in}$$

$$ID = 2,067 \text{ in}$$

$$OD = 2,38 \text{ in}$$

$$Sch = 40$$

### 3.2.3. Separator

Tugas : Memisahkan uap dan cairan yang belum teruapkan dari vaporizer 1 (V-01)

Jenis : *Vessel* tegak dengan *elliptical dished head*

Jumlah : 1 (satu) buah.

#### Kondisi operasi

- suhu : 156,6 °C.
- tekanan : 1,3 atm.

#### Dimensi

- ID *shell* : 0,46 m.
- Tebal *shell* :  $\frac{3}{4}$  in.
- Tinggi *shell*: 1,4 m.

Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade D*



### 3.2.2. Pompa O-Xylene

Nama alat	: OX pump
Kode alat	: P-01
Fungsi	: memompa bahan baku o-xylene ke vaporizer (V-01)
Tipe	: centrifugal pump
Power pompa	: 1,47 HP
Power motor	: 2 HP
Pipa yang digunakan :	
D nominal	= 2 in
OD	= 2,380 in
ID	= 2,067 in
Sch. No.	= 40
Flow area	= 0,0233 ft <sup>2</sup>
Tebal dinding	= 0,203 in

### 3.2.4. Blower

Kode	: B-01
Fungsi	: Mengalirkan udara sekaligus menaikkan tekanannya dari 1 - 1,4 atm
Tipe	: <i>Single stage centrifugal</i>
Tujuan	: Menghitung kebutuhan tenaga <i>blower</i>
Tenaga Blower	: 0.01 HP

### 3.2.5. Air Preheater

Kode : HE-01

Fungsi : Memanaskan udara dari suhu 25oC menjadi 156°C

Jenis : Double pipe

Ukuran Luas Transfer Panas :66,024 ft<sup>2</sup>

Panjang : 3,65 m

Jumlah hair pin

*Annulus* : Gas keluar reaktor    *Inner Pipe* : Gas recycle

IPS : 4                      IPS : 3

Sct. : 40                    Sch : 40

*Operation Condition*

<i>Inner Pipe</i>		<i>Annulus</i>
25.15	Tin, C	360.15
156	Tout, C	310.15
76	<i>houtside</i>	355.33
UC	62.5993	
UD	421.473	
<i>Rd calc.</i>	-0.014	
<i>Rd required</i>	0.003	
9.4128	<i>Calc dP</i>	349.398
10	<i>Allow. dP</i>	10

### 3.2.6. Heater

Kode : HE-01

Fungsi : Memanaskan udara dari suhu 156°C menjadi  
310°C

Jenis : Double pipe

Ukuran Luas Transfer Panas :66,024 ft<sup>2</sup>

Panjang : 3,65 m

Jumlah hair pin

#### Operation Condition

<i>Inner Pipe</i>		<i>Annulus</i>
156.3	Tin, C	360.15
340	Tout, C	310.15
76	<i>houtside</i>	355.33
UC	62.5993	
UD	2457.229	
<i>Rd calc.</i>	-0.016	
<i>Ra required</i>	0.003	
10.4864	<i>Calc dP</i>	389.285
10	<i>Allow. dP</i>	10

### 3.2.7. Reaktor

Nama alat	: reaktor
Kode	: R-01
Fungsi	: tempat berlangsungnya reaksi antara oxylene dan udara menjadi pthalic anhydride
Tipe	: fixed bed multitube
Bahan konstruksi	
- Tube	: baja komersial ASA Standar B.36.10
- Shell	: stainless steel SA-204 Grade A
Jumlah tube	: 9272 buah
Kondisi operasi	: non isothermal - non adiabatik
Temperatur	: 350 °C
Tekanan	: 2 atm
Fase reaksi	: reaktan gas dengan katalis padat
Katalis	: V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Pendingin	: molten salt
Tinggi reaktor	: 9.92 m
Volume reaktor	: 494.05 m <sup>3</sup>
Tebal shell	: 5/16 in
Tinggi head	: 0,33 m

Dimensi shell	
- ID	= 204,77 in
- B	= 51,19 in
- pass	= 1

Dimensi tube	
- OD	= 1,35 in
- ID	= 1,049 in
- Sch	40
- pitch	= 1,64 in
- pass	1

### 3.2.8. Pompa Molten

Kode alat : P-02

Fungsi : memompakan molten salt ke reaktor

Tipe : centrifugal pump

Power pompa : 2.44 HP

Power motor : 3 HP

Pipa yang digunakan :

D nominal = 2 in

OD = 2,380 in

ID = 2,067 in

Sch. No. = 40

Flow area = 0,0233 ft<sup>2</sup>

Tebal dinding = 0,203 in

### 3.2.9. Condencer 01

Kode : CD-01

Fungsi : mengembunkan hasil keluaran reactor

Jenisnya : shell and tube

Shell side		Tube side
120	h outside (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	992
$U_C = 107.05 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$		
$U_D = 72.39 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$		
$R_d = 0,0039$		
0.05	$\Delta P$ perhitungan (psi)	7.3
2	$\Delta P$ diijinkan (psi)	10

### 3.2.10. Flash Drum 01

Kode : FD-01

Fungsi : memisahkan cairan dan uap hasil keluaran reaktor

Tipe : silinder vertikal berbentuk torispherical

Kapasitas tiap tangki : 176.5259 m<sup>3</sup>

Diameter tangki : 0.03 m

Tinggi tangki	: 0.77 m
Bahan konstruksi	: Austenitic Stainless Steel, AISI tipe 304
Kondisi	:
Tekanan	: 1.3 atm
Suhu	: 405.93 K

### 3.2.11. Pompa dari FD-01

Kode alat	: P-03
Fungsi	: memompakan hasil bawah FD-01 menuju mixer
Tipe	: centrifugal pump
Power pompa	: 0.97 HP
Power motor	: 1.197 HP
Pipa yang digunakan :	
D nominal	= 2 in
OD	= 2,380 in
ID	= 2,067 in
Sch. No.	= 40
Flow area	= 0,0233 ft <sup>2</sup>

### 3.2.12. Condencer 02.

Kode	: CD-02
Fungsi	: mengembunkan hasil keluaran atas FD-01
Jenisnya	: shell and tube

Shell side		Tube side
120	h outside (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	992
$U_C = 107,05 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$		
$U_D = 129,25 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$		
$R_d = 0,0039$		
0,07	$\Delta P$ perhitungan (psi)	7,48
2	$\Delta P$ diijinkan (psi)	10

### 3.2.13. Flash Drum 02

Kode	: FD-02
Fungsi	: memisahkan cairan dan uap hasil keluaran reaktor
Tipe	: silinder vertikal berbentuk torispherical
Kapasitas tiap tangki	: 932.34 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 0.6 m
Tinggi tangki	: 2.366 m
Bahan konstruksi	: Austenitic Stainless Steel, AISI tipe 304
Kondisi	:
Tekanan	: 1.1 atm
Suhu	: 338.15 K



### 3.2.14. Pompa dari FD-02

Nama alat : FD-02 Pump  
 Kode alat : P-04  
 Fungsi : memompakan hasil bawah FD-02  
 Tipe : centrifugal pump  
 Power pompa : 1.53 HP  
 Power motor : 2 HP  
 Pipa yang digunakan :

D nominal = 2 in  
 OD = 2,380 in  
 ID = 2,067 in  
 Sch. No. = 40  
 Flow area = 0,024 ft<sup>2</sup>  
 Tebal dinding = 0,204 in

### 3.2.15. Mixer

Nama alat : Mixer  
 Kode : M-02  
 Fungsi : Mencampurkan keluaran FD-01 dan FD-02  
 Type : Tangki silinder dengan pengaduk  
 Waktu tinggal : 15 menit  
 Diameter : 3,334 m  
 Tinggi : 3,334 m

Kondisi :  
 Tekanan : 1.15 atm  
 Suhu : 385.55 K

### 3.2.16. Pompa dari Mixer-02

Nama alat : M-02 Pump  
 Kode alat : P-05  
 Fungsi : memompakan hasil keluaran mixer menuju stripper  
 Tipe : centrifugal pump  
 Power pompa : 0.81 HP  
 Power motor : 1 HP  
 Pipa yang digunakan :  
 D nominal = 2 in  
 OD = 2,380 in  
 ID = 2,067 in  
 Sch. No. = 40  
 Flow area = 0,024 ft<sup>2</sup>  
 Tebal dinding = 0,204 in

### 3.2.17. HE-03

Nama alat : cooler  
 Kode : HE-03

Fungsi	: menurunkan temperatur fluida keluar atas stripper
Jenis	: shell and tube
Bahan konstruksi	: carbon steel SA-283 Grade C
Media pendingin	: water, 54 atm, 140 °C
Tube Side	
GD	: 0,75 in
BWG	: 16
ID	: 0,62 in
Panjang	: 16 ft
Jumlah	: 838
Shell Side	
Pitch	: 1 in, square pitch
Pass	: 8
Baffle space	: 7 in

### 3.2.18. HE-04

Nama alat	: cooler
Kode	: HE-04
Fungsi	: menurunkan temperatur fluida keluar bawah stripper
Jenis	: shell and tube
Bahan konstruksi	: carbon steel SA-283 Grade C
Media pendingin	: water, 54 atm, 140 °C

**Tube Side**

OD	: 0,75 in
BWG	: 16
ID	: 0,62 in
Panjang	: 16 ft
Jumlah	: 838

**Shell Side**

Pitch	: 1 m, square pitch
Pass	: 8
Baffle space	: 7 in

**3.2.19. Stripper**

Nama alat	: Stripper
Kode	: ST-01
Fungsi	: Memisahkan produk Pthalic Anhydride dengan fase gas
Jumlah	: 1 buah
Tipe	: Packed Tower
Bahan Komstruksi	: Carbon steel
Bahan Isian	: Ceramic Rashing Ring
Dimensi Stripper	:
▪ Diameter	= 0,21 m
▪ Tinggi	= 4.2 m

- Luas  $= 2.8 \text{ m}^2$

### 3.2.20. Pompa Produk

Nama alat	: Pompa Produk
Kode alat	: P-06
Fungsi	: memompakan hasil keluaran stripper
Tipe	: centrifugal pump
Power pompa	: 1,08 HP
Power motor	: 1,33 HP
Pipa yang digunakan :	
D nominal	= 2 in
OD	= 2,380 in
ID	= 2,067 in
Sch. No.	= 40
Flow area	= 0,024 ft <sup>2</sup>
Tebal dinding	= 0,204 in

### 3.2.21. Tangki Penyimpanan Produk

Nama alat	: tangki penyimpanan produk
Kode	: T-02
Tipe	: silinder tegak dengan alas datar dan atap conical
Material konstruksi	: carbon Steel SA- 283 Grade C

Kondisi penyimpanan : cair  
 Waktu penyimpanan : 7 hari  
 Suhu penyimpanan : 280 °C  
 Tekanan penyimpanan : 1 atm  
 Jumlah : 1 buah  
 Volume : 7045,77m<sup>3</sup>  
 Tinggi : 4,875 m  
 Diameter : 13 m  
 Tebal shell :  
 Course 1 = 0,875 in  
 Course 2 = 0,750 in  
 Course 3 = 0,625 in  
 Course 4 = 0,500 in  
 Course 5 = 0,375 in  
 Course 6 = 0,250 in  
 Tebal head : 0.188 in  
 Tinggi head : 9 ft  
 Diameter pipa :  
 Pemasukan  
 $D_{nom} = 18 \text{ in}$   
 $ID = 17,25 \text{ in}$   
 $OD = 18 \text{ in}$   
 $Sch = 30$

