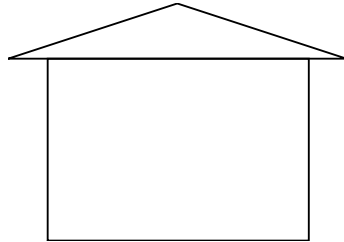




BAB V SPESIFIKASI ALAT

1. GUDANG CALCIUM CARBONATE (F-110)

Fungsi : Menampung calcium carbonate dari supplier
Dasar pemilihan : sesuai untuk bahan solid

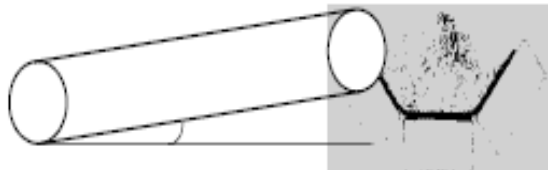


Spesifikasi :

Fungsi = Menampung limestone dari supplier
Kapasitas = 1272,7273 ton/seminggu
Bentuk = Kubus
Ukuran = panjang = 100 m
 = lebar = 100 m
 = tinggi = 100 m
Bahan konstruksi = beton
jumlah = 1 buah

2. BELT CONVEYOR-1 (J-111)

Fungsi : Memindahkan bahan dari gudang CaCO₃ ke Ball Mill
Type : Troughed belt on 45°
Dasar pemilihan : dipilih conveyor jenis sesuai bahan



Spesifikasi :

Fungsi = memindahkan barang dari gudang CaCO₃ ke Ball Mill
Type = troughed belt on 45° idelrs ith rolls of equal legth
Kapasitas maksimal = 32 ton/jam
Belt = lebar = 14 cm
 trough width = 9 in

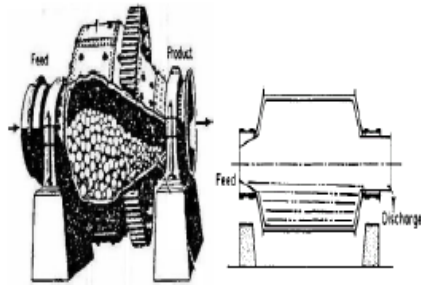


Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

skirt seal	=	2	in
belt speed	=	(7,6 / 32 * 100 ft/menit)	
	=	23,674	ft/mnt
panjang	=	32	ft
sudut elevasi	=	18	o
power	=	3,0752	
jumlah	=	1	buah

3. BALL MILL (C-112)

Fungsi	:	Menghaluskan bahan sampai 200 mesh
Type	:	Ball Mill Grinding System, Air-Lift Type
Dasar pemilihan	:	Dipilih jenis ini karena sesuai dengan bahan dan kapasitas
Kondisi operasi	:	Tekanan operasi : 1 atm
		Suhu operasi : suhu kamar
		Waktu proses : Continous



Spesifikasi :

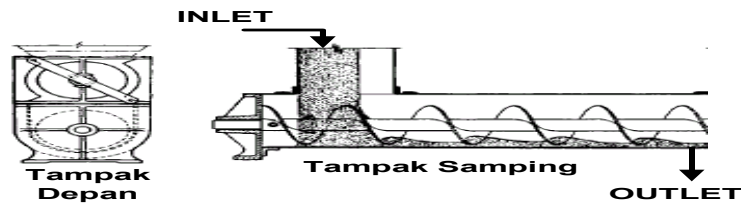
Fungsi	:	Menghaluskan bahan sampai 200 mesh
Type	:	Marcy Ball Mill
Sieve Number	:	No.200
Kapasitas maksimum	:	315 ton/hari
Ukuran ball mill	:	9 ft x 7 ft x 5 ft
Mill speed	:	20 rpm
Power	:	345 hp
Bola baja	:	- Ball charge : 30 ton
		- Ukuran bola baja : 5, 3½, 2½ in
		- Jumlah bola 5 in : 2038 buah
		- Jumlah bola 3½ in : 5942 buah
		- Jumlah bola 2½ in : 16306 buah
Jumlah ball mill	:	1 buah



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

4. SCREW CONVEYOR-1 (J-113)

Fungsi : Memindahkan CaCO_3 dari Ball Mill ke Hopper CaCO_3
Type : Plain Spouts or Chutes
Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup



Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan CaCO_3 ke Hopper CaCO_3
Type : Plain spouts or chutes
Kapasitas : 94,3379 cuft/jam
Panjang : 30 ft
Diameter : 6 in
Kecepatan putaran : 12 rpm
Power : 1,8 hp
Jumlah : 1 buah

5. BUCKET ELEVATOR- 1 (J-114)

Fungsi : Memindahkan bahan dari Screw Conveyor-1 ke Hopper CaCO_3
Type : Continuous discharge bucket elevator
Dasar pemilihan : Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu

Spesifikasi :

Fungsi = Memindahkan bahan dari Screw Conveyor-1 ke Hopper CaCO_3
Kapasitas = 7,1970 ton/jam
Bucket = Tinggi bucket = 139,33 ft
= Kecepatan bucket = 30,8442 ft/min
= Bucket spacing = 8 in
= Ukuran bucket = 8" x 5,5" x 7,75"
= Putaran head shaft = 28 rpm
Power = 4,5 hp
Jumlah = 1 buah

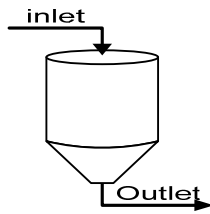
6. HOPPER CaCO_3 (F-115)

Fungsi = Menampung awal CaCO_3 sebelum masuk reaktor asam
Type = Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

posisi vertikal



Spesifikasi hopper :

Fungsi	: Menampung sementara calcium carbonate sebelum masuk reaktor asam
Type	: Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal
Kapasitas	: 7196,970 kg/jam
Diameter silinder	: 5,316 ft
Tinggi silinder	: 5,316 ft
Tebal shell	: 3/16 in
Tinggi conical	: 3,738 ft
Cone angle	: 60 °
Tebal angle	: 3/16 in
Waktu tinggal	: 1 4/16 jam
Jumlah	: 1 buah

7. TANGKI HCl (F-120)

Fungsi	: Menampung HCl 36% dari supplier
Type	: Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dish
Dasar pemilihan	: Umum digunakan pada tekanan atmosferic

Spesifikasi :

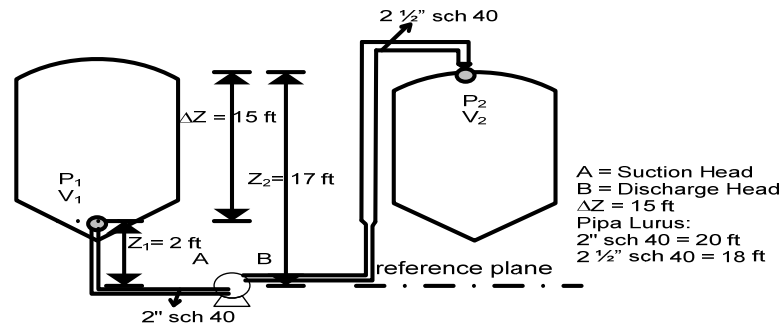
Fungsi	: Menampung HCL dari supplier
Type	: Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dish
Volume	: 51786 cuft
Diameter	: 40,4053 ft
Tinggi	: 40,4053 ft
Tebal sheel	: 1/5 in
Tebal tutup atas	: 5/8 in
Tebal tutup bawah	: 1/4 in
Bahan konstruksi	: Stainless Steel 316
Jumlah	: 2 buah (Perry 7 ^{ed} , Tabel 28-11)



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

8. POMPA -1 (L-121)

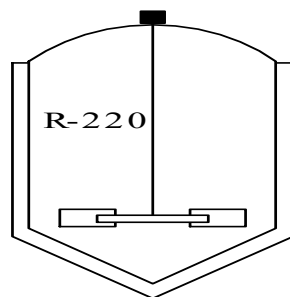
Fungsi : Mengalirkan HCl dari tangki HCl ke reaktor asam-1
Type : Centrifugal pump



Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan HCl dari tangki HCl ke reaktor asam
Type : Centrifugal Pump
Bahan konstruksi : Galvanized Iron
Rate volumetrik : 61,490 gpm
Total Dynamic Head : 38,228 ft.lbf/lbm
Efisiensi Pompa : 60%
Efisiensi motor : 81%
Bhp : 1,1 hp
Power Motor : 1,3 hp
Jumlah : 1 buah

9. REAKTOR ASAM (R-210)



Fungsi : Untuk mereaksikan CaCO_3 dengan asam klorida (HCl)
Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical dishe dan tutup bawah berbentuk conical, dilengkapi dengan pengaduk dan jaket.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Spesifikasi Reaktor Asam :

Fungsi	: Untuk mereaksikan batu kapur (CaCO_3) dengan asam klorida (HCl)
Type	: Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical dishead dan tutup bawah berbentuk conical, dilengkapi dengan pengaduk dan jaket.
Bahan konstruksi	: Carbon steel, SA - 283 Grade C
Kondisi operasi	
Suhu operasi	: 30 °C = 303,15 K
Tekanan operasi	: 1 atm = 14,7 psi
Waktu tinggal	: 1,25 jam
Proses operasi	: Batch
Jumlah	: 1 buah

Dimensi Reaktor 1 :

Tinggi bejana	: 15 ft
Diameter bejana	: 7 ft
Tebal bejana	: 3/16 in

Dimensi Tutup :

Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tebal tutup bawah	: 3/16 in
Tinggi tutup atas	: 3,713 ft
Tinggi tutup bawah	: 1,854 ft

Pengaduk :

Jenis pengaduk	: Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller	: 2 buah
Diameter impeller	: 2,4738 ft
Lebar blade	: 0,495 ft
Panjang blade	: 0,618 ft
Jarak impeller dari dasar	: 2,474 ft
Lebar baffle	: 0,618 ft
Power motor	: 39 hp

Jaket

Tebal jacket	: 1/5 in
tinggi jacket	: 16,984 ft

Nozzle



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Nozzle inlet asam klorida : 3 in
Nozzle slurry : 3 in

Sistem Penyangga

Panjang : 109,870 in

Base Plate

Luas base plate : 27,41964 in

10. Scrubber (D-136)

Fungsi : Menyerap gas CO_2
menggunakan air
Tipe : Packed column
Bahan konstrul: Carbon steel SA-283 grade C
Kondisi operas: Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Waktu operasi : 45,0 menit

spesifikasi :

Dimensi Scrubber :

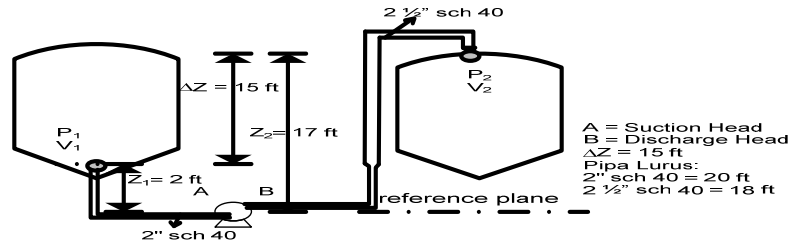
Diameter = 11,740 ft = 3,6 m
Tinggi total = 46,960 ft = 14,5 m
Tebal shell = 4/16 in
Tebal tutup = 4/16 in
Jenis packing = Ceramic Ring
Ukuran packing = 1 in
Jumlah = 1 buah



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

11. POMPA -2 (L-211)

Fungsi : Mengalirkan larutan CaCl_2 dari reaktor asam ke reaktor netralisasi
Type : Centrifugal pump



Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan larutan CaCl_2 dari reaktor 1 ke reaktor 2
Type : Centrifugal Pump
Bahan konstruksi : Galvanized Iron
Rate volumetrik : 73,251 gpm
Total Dynamic Head : 26,385 ft.lbf/lbm
Efisiensi Pompa : 61%
Efisiensi motor : 81%
Bhp : 1,1 hp
Power Motor : 1,3 hp
Jumlah : 1 buah

12. TANGKI PENAMPUNG SEMENTARA - 1 (F-116)

Fungsi : Menampung produk sementara sebelum masuk ke reaktor netralisasi
Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical dishead dan tutup bawah berbentuk conical,
Bahan : Carbon steel, SA - 283 Grade C

Spesifikasi Tangki Penampung Sementara :

Nama alat : Tangki Penampung Sementara
Fungsi : Menampung produk sementara sebelum masuk ke reaktor netralisasi
Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical dishead dan tutup bawah berbentuk conical, dilengkapi dengan pengaduk
Bahan konstruksi : Carbon steel, SA - 283 Grade C
Kondisi operasi
Suhu operasi : $80\text{ }^{\circ}\text{C} = 353,15\text{ K}$
Tekanan operasi : $1\text{ atm} = 14,7\text{ psi}$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Waktu operasi : 1 jam
Proses operasi : Continue
Jumlah : 1 buah

Dimensi Tangki sementara 1:

Tinggi bejana : 14,3 ft
Diameter dalam bejana : 7,14 ft
Tebal bejana : 3/16 in

Dimensi Tutup :

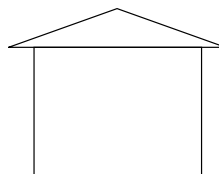
Tebal tutup atas : 3/16 in
Tebal tutup bawah : 3/16 in
Tinggi tutup atas : 3,2516 ft
Tinggi tutup bawah : 1,7727 ft

Pengaduk :

Jenis pengaduk : Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller : 3 buah
Diameter impeller : 2,3803 ft
Lebar blade : 0,476 ft
Panjang blade : 0,595 ft
Jarak impeller dari dasar : 2,380 ft
Lebar baffle : 0,595 ft
Type poros : Commercial hot rolled steel
Putaran : 120 rpm
Power motor : 81,902 hp

13. GUDANG Ca(OH)₂ (F-130)

Fungsi : menampung kalsium hidroksida dari supplier
Dasar pemilihan : sesuai untuk bahan solid
Gudang berbentuk persegi panjang dan terbuat dari beton.



Spesifikasi :

Fungsi = menampung kalsium hidroksida dari supplier
Kapasitas = 46,4254 ton/minggu

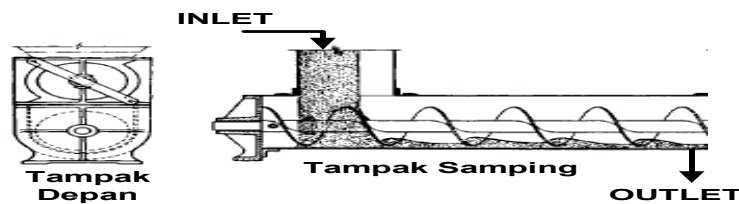


Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Bentuk	=	Kubus	
Ukuran	=	panjang	= 50 m
		lebar	= 50 m
		tinggi	= 50 m
Bahan konstruksi	=	beton	
jumlah	=	1 buah	

14. SCREW CONVEYOR-2 (J-131)

Fungsi	:	Memindahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari gudang ke bucket elevator-2
Type	:	Plain Spouts or Chutes
Dasar pemilihan	:	Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup



Spesifikasi :

Fungsi	:	memindahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari gudang menuju Bucket elevator-
Type	:	Plain spouts or chutes
Kapasitas	:	4,9680 cuft/jam
Panjang	:	30 ft
Diameter	:	6 in
Kecepatan putaran	:	12 rpm
Power	:	0,1 hp
Jumlah	:	1 buah

15. BUCKET ELEVATOR-2 (F-132)

Fungsi	:	memindahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari screw conveyor-2 ke hopper $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Type	:	Continuous discharge bucket elevator
Dasar pemilihan	:	untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu

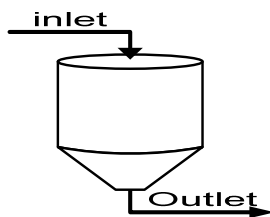


Spesifikasi :

Fungsi	=	Memindahkan Ca(OH)_2 dari Screw Conveyor ke Hopper Ca(OH)_2
Kapasitas	=	0,2763 ton/jam
Bucket	=	Tinggi bucket = 13 ft
	=	Kecepatan bucket = 1,1843 ft/min
	=	Bucket spacing = 8 in
	=	Ukuran bucket = 8" x 5,5" x 7,75"
	=	Putaran head shaft = 28 rpm
Power	=	4,5 hp
Jumlah	=	1 buah

16. HOPPER Ca(OH)_2 (F-133)

Fungsi	: Menampung sementara Ca(OH)_2 sebelum masuk tangki pelarutan
Type	: Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal

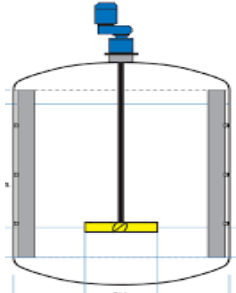


Spesifikasi hopper :

Fungsi	: Menampung awal Ca(OH)_2 sebelum masuk tangki pelarutan
Type	: Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal
Kapasitas	: 276,342 kg/jam
Diameter silinder	: 1,993 ft
Tinggi silinder	: 0,188 ft
Tebal shell	: 3/16 in
Tinggi conical	: 0,860 ft
Cone angle	: 60 °
Tebal angle	: 3/16 in
Waktu tinggal	: 1 4/16 jam
Jumlah	: 1 buah



17. TANGKI PELARUTAN Ca(OH)_2 (M-134)



Fungsi : Melarutkan Ca(OH)_2 dalam air untuk membuat larutan Ca(OH)_2 20%
Type : Silinder tegak, tutup atas dan tutup bawah elliptical dished dilengkapi pengaduk

Spesifikasi Tangki Pelarutan :

Fungsi : Mencampurkan Ca(OH)_2 dan H_2O untuk membuat larutan Ca(OH)_2 20%

Type : Silinder tegak, tutup atas dan tutup bawah elliptical dished dilengkapi pengaduk

Bahan konstruksi : Carbon steel, SA - 283 Grade C

Kondisi operasi

Suhu operasi : 30 °C = 303,15 K

Tekanan operasi : 1 atm = 14,7 psi

Waktu tinggal : 1.25 jam

Proses operasi : Batch

Jumlah : 1 buah

Dimensi Tangki Pengencer:

Tinggi bejana : 7 ft

Diameter bejana : 3 ft

Tebal bejana : 3/16 in

Dimensi Tutup :

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 1,636 ft

Tinggi tutup bawah : 1,636 ft



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

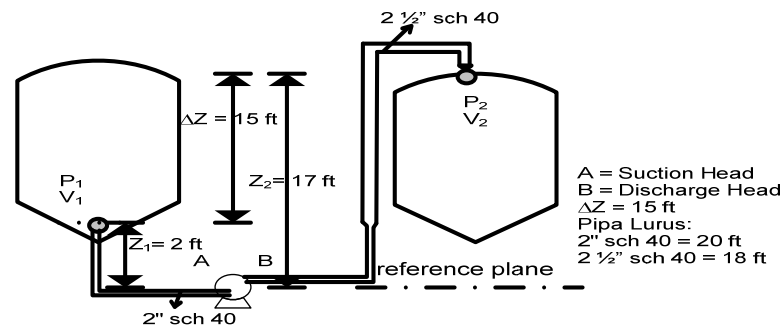
Pengaduk :

Jenis pengaduk	:	Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 bual
Jumlah impeller	:	1 buah
Diameter impeller	:	1,0907 ft
Lebar blade	:	0,218 ft
Panjang blade	:	0,273 ft
Jarak impeller dari dasar	:	1,091 ft
Lebar baffle	:	0,273 ft
Power motor	:	2 hp

18. POMPA -3 (L-135)

Fungsi : mengalirkan larutan Ca(OH)_2 dari tangki pelarutan Ca(OH)_2 ke reaktor netralisasi

Type : Centrifugal pump



Spesifikasi :

Fungsi : mengalirkan larutan Ca(OH)_2 dari tangki pelarutan Ca(OH)_2 ke reaktor netralisasi

Type	:	Centrifugal Pump
Bahan konstruksi	:	Galvanized Iron
Rate volumetrik	:	5,486 gpm
Total Dynamic Head	:	33,375 ft.lbf/lbm
Efisiensi Pompa	:	45%
Effisiensi motor	:	80%
Bhp	:	0,1 hp
Power Motor	:	0,1 hp
Jumlah	:	1 buah

19. REAKTOR NETRALISASI (R-220)

Fungsi : Mereaksikan Feed Keluar dari Reaktor Asam dengan Larutan Ca(OH)_2 20%

Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

dishead dan tutup bawah berbentuk conical, yang dilengkapi dengan pengaduk dan jaket.

Spesifikasi Reaktor 2 :

Nama alat	: Reaktor Netralisasi
Fungsi	: Mereaksikan Feed Keluar dari Reaktor Asam dengan Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20%
Type	: Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical dishead dan tutup bawah berbentuk conical, yang dilengkapi dengan pengaduk dan jaket.
Bahan konstruksi	: Carbon steel, SA - 283 Grade C
Kondisi operasi	
Suhu operasi	: $30\text{ }^\circ\text{C} = 303,15\text{ K}$
Tekanan operasi	: $1\text{ atm} = 14,7\text{ psi}$
Waktu tinggal	: 1,25 jam
Proses operasi	: Batch
Jumlah	: 1 buah

Dimensi Reaktor :

Tinggi bejana	: 14,60 ft
Diameter dalam bejana	: 7,30 ft
Tebal bejana	: 3/16 in

Dimensi Tutup :

Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tebal tutup bawah	: 1/4 in
Tinggi tutup atas	: 6,8359 ft
Tinggi tutup bawah	: 3,9249 ft

Pengaduk :

Jenis pengaduk	: Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller	: 1 buah
Diameter impeller	: 4,8654 ft
Lebar blade	: 0,973 ft
Panjang blade	: 1,216 ft
Jarak impeller dari dasar	: 4,865 ft
Lebar baffle	: 1,215 ft
Type poros	: Commercial hot rolled steel
Putaran	: 50 rpm
Power motor	: 70,7641 hp
Tebal Jacket	: 8/16 in



Tinggi Jacket : 179,08 ft

20. POMPA-4 (L-221)

Fungsi : Memindahkan produk dari Reaktor Netralisasi ke RDVF

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi pompa :

Fungsi = Memindahkan produk dari Reaktor Netralisasi
ke Rotary Drum Vacuum Filter

Jenis = Centrifugal pump

Kapasitas = 20571,2775 kg/jam

Power Pompa = 0,6765 hp

Effisiensi Pompa = 0,6000

Effisiensi Motor = 0,8100

Power Motor = 1,3920 hp

Jumlah = 1 pompa

Bahan konstruksi = Galvanized Iron

21. ROTARY DRUM VACUUM FILTER (H-310)

Fungsi : Memisahkan Filtrat dan Cake

Type : Standart rotary drum vacuum filter

Dasar Pemilihan : Sesuai dengan bahan

Spesifikasi :

Fungsi = Memisahkan Filtrat dan Cake

Type = Standart rotary drum vacuum filter

diameter = 0,91 m = 2,9855 ft

Panjang = 3,00 m = 9,8424 ft

Putaran = 6 Rpm

Power motor = 3,73 Hp

Bahan = Carbon Steel

Jumlah = 1 Buah

22. BAK PENAMPUNG LIMBAH ROTARY DRUM VACUUM FILTER (F-311)

fungsi : menampung limbah cake dari RDVF

Spesifikasi :

fungsi : menampung limbah cake dari RDVF

kapasitas : 0,2152 m³



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

bentuk : empat persegi panjang

ukuran : panjang = 0,7550 m
lebar = 1,7550 m
tinggi = 0,3775 m

bahan konstruksi = beton

jumlah = 1 buah

23. POMPA-5 (F-312)

Fungsi : Memindahkan produk dari RDVF ke Mixing Tank

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi pompa :

Fungsi = Memindahkan produk dari Rotary Drum Vacuum Filter
ke Mixing Tank

Jenis = Centrifugal pump

Kapasitas = 20269,5447 kg/jam

Power Pompa = 0,733 hp

Effisiensi Pompa = 0,600

Effisiensi Motor = 0,800

Power Motor = 1,527 hp

Jumlah = 1 pompa

Bahan konstruksi = Galvanized Iron

24. MIXING TANK (M-320)

Fungsi : Menampung produk sementara sebelum masuk ke evaporator
dan menampung mother liquor dari centrifuge

Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk torispherical
dishead dan tutup bawah berbentuk conical,

Bahan : Carbon steel, SA - 283 Grade C

Spesifikasi Mixing Tank :

Nama alat : Mixing Tank

Fungsi : Menampung produk sementara sebelum masuk ke
evaporator dan menampung mother liquor dari centrifuge

Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk
torispherical dishead dan tutup bawah berbentuk conical,

Bahan konstruksi : Carbon steel, SA - 283 Grade C



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Kondisi operasi

Suhu operasi : 30 °C = 303,15 K
Tekanan operasi : 1 atm = 14,7 psi
Waktu operasi : 1 jam
Proses operasi : Continue
Jumlah : 1 buah

Dimensi mixing tank :

Tinggi bejana : 14,62 ft
Diameter dalam bejana : 7,31 ft
Tebal bejana : 3/16 in

Dimensi Tutup :

Tebal tutup atas : 3/16 in
Tebal tutup bawah : 3/16 in
Tinggi tutup atas : 3,3322 ft
Tinggi tutup bawah : 1,8215 ft

Pengaduk :

Jenis pengaduk : Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller : 2 buah
Diameter impeller : 2,4366 ft
Lebar blade : 0,487 ft
Panjang blade : 0,609 ft
Jarak impeller dari dasar : 2,437 ft
Lebar baffle : 0,609 ft
Type poros : Commercial hot rolled steel
Putaran : 100 rpm
Power motor : 34,974 hp

25. POMPA-6 (L-322)

Fungsi : Memindahkan produk dari Mixing Tank ke Evaporator
Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi pompa :

Fungsi = Memindahkan produk dari Mixing Tank ke Evaporator
Jenis = Centrifugal pump
Kapasitas = 20269,5447 kg/jam



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Power Pompa	=	0,634 hp
Effisiensi Pompa	=	0,600
Effisiensi Motor	=	0,810
Power Motor	=	1,304 hp
Jumlah	=	1 pompa
Bahan konstruksi	=	Galvanized Iron

26. HEATER (E-321)

Fungsi	:	Memanaskan udara dari suhu 30°C menjadi suhu 60°C
Tipe	:	Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube)
Dasar Pemilihan	:	Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar

Spesifikasi Heater

Fungsi	:	Menaikkan suhu Udara dari suhu 30°C ke suhu 60°C sebelum memasuki Evaporator
Type	:	Shell and tube heat exchanger
Panjang Tube	:	15 ft
Diameter Tube (ID)	:	0,8700 in
Diameter Tube (OD)	:	1 in
Jumlah Tube Standar	:	16 buah
Flow area per tube	:	0,59 in ²
Outside surface per lin ft	:	0,26 ft ²
BWG	:	16
Pitch	:	Square in
Pitch Size	:	1,3 in
Phase	:	2
Diameter Shell	:	8 in
Jumlah	:	1 buah
Bahan konstruksi	:	Carbon Steel

27. EVAPORATOR (V-330)

Fungsi	:	Memekatkan larutan CaCl ₂
Type	:	Standard Vertical Tube Evaporator

Spesifikasi

Bagian Shell :

Diameter evaporator	=	1,938 ft
Diameter centerwall	=	5,813 ft



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Tinggi shell	=	3,875	ft
Tebal shell	=	3/16	in
Tebal tutup bawah	=	3/16	in
Tebal tutup atas	=	3/16	in

Bagian Tube :

OD	=	1,250	in
BWG	=	18	
ID	=	1,150	in
Flow area per tube (a't)	=	1,0400	in ²
Surface per lin ft (a")	=	0,3271	ft ²
disusun	=	persegi	
pitch	=	2	in
Panjang tube	=	5,000	ft
Jumlah tube	=	112	buah
Bahan konstruksi	=	Carbon Steel SA - 203	Grade C
Jumlah evaporator	=	1	buah

28. BAROMETRIC CONDENSOR (E-334)

Fungsi	:	Mengubah H ₂ O fase uap menjadi fase liquid
Type	:	1-2 shell and tube Heat Exchanger (Fixed Tube)
Dasar Pemilihan	:	Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar.

Spesifikasi Condensor :

Bagian Shell :

Diameter condensor	=	39,000	ft
Tinggi shell	=	6,500	ft
Tebal shell	=	3/16	in
Tebal tutup	=	3/16	in

Bagian Tube :

OD	=	1,3125	in
BWG	=	18	
ID	=	1,500	in
Flow area per tube (a't)	=	1,5400	in ²
Surface per lin ft (a")	=	0,3925	ft ²
disusun	=	Segitiga	
pitch	=	1	in



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Panjang tube = 20 ft
Jumlah tube = 881 buah

Faktor Pengotor :

Rd ketentuan = 0,001 jam ft² °F/Btu
Rd hitung = 0,0139 jam ft² °F/Btu
Bahan konstruksi = Carbon Steel SA - 203 Grade C
Jumlah condensor = 1 buah

29. STEAM JET EJECTOR (G-335)

Fungsi : Untuk memvakumkan evaporator
Type : Single Stage Steam Jet Ejector densitas udara 80 ° C
Dasar Pemilihan : Kondisi vacuum cukup besar

Spesifikasi :

Fungsi : Untuk memvakumkan evaporator
Type : Single Stage Steam Jet Ejector
Kapasitas : 1305,793 kg/jam
Waktu Evakuasi : 4263 menit
Panjang : 2 inch
Jumlah : 1 buah

30. HOTWELL (F - 336)

Fungsi : Untuk menampung kondensat dari barometric Condensor
dan Steam Jet Ejector
Bentuk : Balok Terbuka

Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menampung kondensat dari barometric Condensor
dan Steam Jet Ejector
Bentuk : Balok Terbuka
Kapasitas : 6528,966 kg/jam
Ukuran Hot Well
Panjang : 5,5 ft
Lebar : 5,5 ft
Tinggi : 10,9 ft
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 buah



31. POMPA-7 (L-333)

Fungsi : Memindahkan produk dari Tangki penampung sementara ke Crystallizer

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi pompa :

Fungsi = Memindahkan produk dari Mixing Tank ke Evaporator

Jenis = Centrifugal pump

Kapasitas = 13740,58 kg/jam

Power Pompa = 0,25 hp

Effisiensi Pompa = 0,45

Effisiensi Motor = 0,80

Power Motor = 0,70 hp

Jumlah = 1 pompa

Bahan konstruksi = Galvanized Iron

32. SWENSON WALKER CRYSTALLIZER (S-340)

Fungsi = Kristalisasi larutan Calcium Chloride dengan pendinginan

Type = Swenson-Walker Crystallizer

Dasar Pemilihan = Umum digunakan untuk kristalisasi dengan pendinginan

Spesifikasi :

Kapasitas = 1890,0888 cuft

Diameter = 8,5996 ft

Panjang = 28,6366 ft

Luas Cooling Area = 1011,2 ft²/ft³

Power = 21 Hp

Jumlah = 2 buah (1 buah standby running)

33. CENTRIFUGE (H-350)

Fungsi = Memisahkan cake dan filtrat

Type = Disk Bowl Centrifuge
(automatic kontinyu discharge cake)

Dasar Pemilihan = Sesuai dengan jenis bahan, efisiensi tinggi

Spesifikasi

Perry 7th ed, tabel 18-12, hal 18-112

Type = Disk Bowl Centrifuge



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Kapasitas	=	164,7069	gallon/menit
Bahan konstruksi	=	Carbon Stell	
Jumlah	=	2	buah
Kecepatan putar	=	7500	rpm
Power motor	=	6	hp

34. POMPA -8 (L-351)

Fungsi : Memindahkan produk dari Centrifuge ke mixing tank

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi pompa :

Fungsi = Memindahkan produk dari centrifuge ke mixing tank

Jenis	=	Centrifugal pump
Kapasitas	=	5074,198 kg/jam
Power Pompa	=	0,14 hp
Effisiensi Pompa	=	0,420
Effisiensi Motor	=	0,800
Power Motor	=	0,421 hp
Jumlah	=	1 pompa
Bahan konstruksi	=	Galvanized Iron

35. SCREW CONVEYOR-3 (J-351)

Fungsi : mengirim kristal CaCl₂ ke Rotary Dryer

Type : Plain spouts or chutes

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup

Spesifikasi :

Kapasitas	:	158,99	cuft/jam
Panjang	:	30	ft
Diameter	:	14	in
Kecepatan putaran	:	45	rpm
Power	:	2,6247	Hp
Jumlah	:	1	buah

36. ROTARY DRYER (B-360)

Fungsi : Mengeringkan CaCl₂ dengan bantuan udara panas

Dasar pemilihan : Sesuai untuk pengeringan padatan



Spesifikasi :

Fungsi	: Meringkakan CaCl_2 dengan bantuan udara panas
Tipe	: Single Shell Direct Rotary Dryer
Kapasitas	: 17319,7640 lb/jam
Ukuran	: Diameter = 3,2808 ft Panjang = 19,6850 ft Slope = 0,0984 ft/ft
Putaran	: 7,0 rpm
Kecepatan udara	: 39690,00 lb/j ft ²
Kecepatan putaran	: 75 ft/menit
Time of passage	: 3,6309 menit
Jumlah flight	: 3 buah
Tinggi radial flight	: 0,3281 ft
Power	: 5 Hp
Jumlah	: 1 buah

37. BLOWER (G-361)

Fungsi	: Memindahkan udara dari udara bebas ke air chamber
Tipe	: Centrifugal Blower
Dasar Pemilihan	: Sesuai dengan jenis bahan, efisiensi tinggi

Spesifikasi :

Fungsi	: Memindahkan udara dari udara bebas ke air chamber
Tipe	: Turbo blower
Kapasitas	: 3243089,3 cuft/menit
HP shaft	: 3855 hp
Power	: 2699 hp
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel
Jumlah	: 1 buah

38. AIR CHAMBER (E-362)

Fungsi	: Memanaskan udara dari suhu 30°C menjadi suhu 120°C
Tipe	: Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube)
Dasar Pemilihan	: Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar

Spesifikasi

Fungsi	: Menaikkan suhu Udara dari suhu 30°C ke suhu 120°C sebelum memasuki Rotary Dryer
--------	---



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Type	:	Shell and tube heat exchanger
Panjang Tube	:	15 ft
Diameter Tube (ID)	:	0,87 in
Diameter Tube (OD)	:	1 in
Jumlah Tube Standar	:	398 buah
Flow area per tube	:	0,5940 in ²
Outside surface per lin ft	:	0,2618 ft ²
BWG	:	16
Pitch	:	Square in
Pitch Size	:	1,25 in
Phase	:	2
Diameter Shell	:	31 in
Jumlah	:	1 buah
Bahan konstruksi	:	Carbon Steel

39. SILO FUEL OIL (F-363)

Fungsi	:	Untuk menyimpan bahan bakar untuk air chamber
Type	:	Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal

Spesifikasi silo :

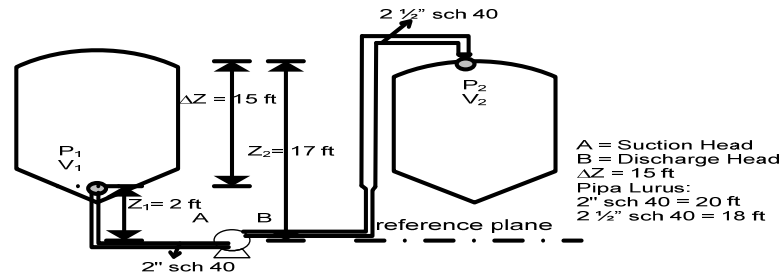
Fungsi	:	Menampung bahan bakar untuk air chamber
Type	:	Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal
Volume tangki	:	92077,688 cuft
Diameter silinder	:	48,951 ft
Tinggi silinder	:	48,951 ft
Tebal shell	:	4/16 in
Tinggi conical	:	41,527 ft
Cone angle	:	60 °
Tebal angle	:	4/16 in
Jumlah	:	1 buah

40. POMPA- 10 (L- 364)

Fungsi	:	Mengalirkan Fuel oil ke air chamber
Type	:	Centrifugal pump



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”



Spesifikasi :

- Fungsi : mengalirkan fuel oil ke air chamber
- Type : Centrifugal Pump
- Bahan konstruksi : Galvanized Iron
- Rate volumetrik : 9836 gpm
- Total Dynamic Head : 370,33 ft.lbf/lbm
- Efisiensi Pompa : 60%
- Effisiensi motor : 81%
- Bhp : 1289,63 hp
- Power Motor : 1592,1 hp
- Jumlah : 1 buah

41. CYCLONE (H-363)

- Fungsi : Untuk memisahkan padatan yang terikut udara
- Tipe : Cyclone separator
- Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan

Spesifikasi :

- Fungsi : Untuk memisahkan padatan yang terikut udara
- Tipe : Cyclone Separator
- Kapasitas : 1742750,084 lb/jam
- Ukuran : Bc = 112,0362 in ; Lc = 896,2900 in
Dc = 448,1450 in ; Sc = 56,0181 in
De = 224,0725 in ; Zc = 896,2900 in
Hc = 224,0725 in ; Jc = 112,0362 in
- Tebal shell : 3/16 in
- Tebal tutup atas : 4/16 in
- Tebal tutup bawah : 3/16 in
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 283 Grade C
- Jumlah : 1 buah



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

42. COOLING CONVEYOR (J-370)

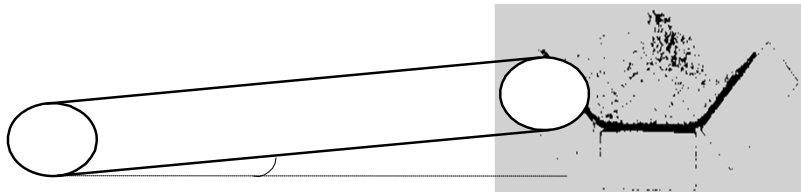
Fungsi : Mendinginkan bahan sampai dengan 30°C
Tipe : Plain spout of chutes.

Spesifikasi :

Fungsi : Mendinginkan produk sampai dengan 30°C
Tipe : Plain spout of chutes.
Kapasitas : 139,5030 cuft/jam
Panjang : 50 ft
Diameter : 14 in
Kecepatan putaran : 45 rpm
Power : 3 hp
Jumlah : 1 buah

43. BELT CONVEYOR - 2 (J-371)

Fungsi : Memindahkan bahan dari Cooling conveyor ke Bucket Elevator-3
Type : Troughed belt on 45 ° idlers with rolls of equal leght
Dasar pemilihan : dipilih conveyor jenis belt sesuai dengan bahan



Spesifikasi :

Fungsi : memindahkan bahan dari cooling conveyor ke bucket elevator-3
Type : Troughed belt on 45 ° idlers with rolls of equal leght
Kapasitas maksimum : 32 ton/jam
Belt : Width : 14 in
Trough width : 9 in
Skirt seal : 2 in
Belt speed : (7,3 / 32) x 100 ft/mnt
= 22,8125 ft/mnt
Panjang : 9 ft
Sudut elevasi : 27 °



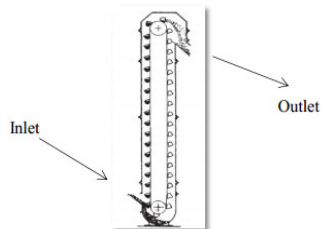
Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Power : 3 hp
Jumlah : 1 buah

44. BUCKET ELEVATOR-3 (J-371)

Fungsi : Memindahkan CaCl_2 dari Cooling conveyor ke silo produk

Tipe : *Continuous bucket elevator*



Spesifikasi :

Fungsi = Memindahkan CaCl_2 dari Cooling conveyor
Kapasitas = 7,3033 ton/jam
Bucket = Tinggi bucket = 10,43 ft
= Kecepatan bucket = 31,2997 ft/min
= Bucket spacing = 8 in
= Ukuran bucket = 8" x 5,5" x 7,75"
= Putaran head shaft = 28 rpm
Power = 4,5 hp
Jumlah = 1 buah

45. SILO PRODUK (F-380)

Fungsi : Menampung sementara produk , untuk kemudian diangkut ke packing

Type : Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal

Spesifikasi silo :

Fungsi : Menampung sementara produk , untuk kemudian diangkut ke packing

Type : Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal

Kapasitas : 7303,265 kg/jam
Diameter silinder : 6,053 ft
Tinggi silinder : 6,503 ft
Tebal shell : 4/16 in



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Tinggi conical : 4,376 ft
Cone angle : 60 °
Tebal angle : 4/16 in
Jumlah : 1 buah



BAB VI

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

VI.1 INSTRUMENTASI

Dalam proses industri kimia, instrumentasi mempunyai peranan yang sangat penting dalam pengendalian suatu rangkaian proses. Instrumentasi disini berfungsi sebagai alat ukur yang terdiri dari indikator (penunjuk), pencatat dan alat kontrol (pengendali). Adapun kondisi operasi dari suatu peralatan yang diatur oleh instrumentasi adalah suhu, tekanan, rate aliran, tinggi cairan/padatan dalam suatu tangki dan sebagainya.

Pada uraian diatas dapat disederhanakan bahwa dengan adanya alat instrumentasi maka :

1. Proses produksi dapat berjalan sesuai dengan kondisi-kondisi yang telah ditentukan sehingga diperoleh hasil yang optimum.
2. Proses produksi berjalan sesuai dengan efisiensi yang telah ditentukan dan kondisi proses tetap terjaga pada kondisi yang sama.
3. Membantu mempermudah pengoperasian alat.
4. Bila terjadi penyimpangan selama proses produksi, maka dapat segera diketahui sehingga dapat ditangani dengan segera.

Adapun variabel proses yang diukur dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

- a. Variabel yang berhubungan dengan energi, seperti temperatur, tekanan, dan radiasi.
- b. Variabel yang berhubungan dengan kuantitas dan laju, seperti pada kecepatan aliran fluida, ketinggian liquid dan ketebalan.
- c. Variabel yang berhubungan dengan karakteristik fisika dan kimia, seperti densitas, kandungan air.

Yang harus diperhatikan didalam pemilihan alat instrumentasi adalah :

- a. Level, Range dan Fungsi dari alat instrumentasi.
- b. Akurasi hasil pengukuran.
- c. Bahan konstruksi material.



- d. Pengaruh yang ditimbulkan terhadap kondisi operasi proses yang berlangsung.
- e. Mudah diperoleh di pasaran.
- f. Mudah dipergunakan dan mudah diperbaiki jika rusak.

Instrumentasi yang ada dipasaran dapat dibedakan dari jenis pengoperasian alat instrumentasi tersebut, yaitu alat instrumentasi manual atau otomatis. Pada dasarnya alat-alat kontrol yang otomatis lebih disukai dikarenakan pengontrolannya tidak terlalu sulit, kontinyu, dan efektif, sehingga menghemat tenaga kerja dan waktu. Akan tetapi mengingat faktor-faktor ekonomis dan investasi modal yang ditanamkan pada alat instrumentasi berjenis otomatis ini, maka pada perencanaan pabrik ini sedianya akan menggunakan kedua jenis alat instrumentasi tersebut. Adapun fungsi utama dari alat instrumentasi otomatis adalah :

- a. Melakukan pengukuran.
- b. Sebagai pembanding hasil pengukuran dengan kondisi yang ditentukan.
- c. Melakukan perhitungan.
- d. Melakukan koreksi.

Oleh karena itu dalam perencanaan pendirian pabrik ini pengoperasian peralatan proses lebih cenderung menggunakan alat kontrol otomatis. Namun demikian tenaga kerja masih sangat diperlukan dalam pengawasan proses.

A. Pemilihan Instrumentasi

Untuk dapat menentukan jenis instrumentasi yang perlu digunakan pada suatu peralatan, terlebih dahulu perlu ditinjau kondisi operasi. Jadi harus diketahui input apa saja yang tak dapat dikontrol serta output dari alat kontrol yang diinginkan. Pemakaian instrumentasi harus menguntungkan baik ditinjau dari segi proses maupun ekonomi.

- a. Mudah dalam pengawasan dan pengaturan
- b. Mudah dalam perawatan dan perbaikan
- c. Mudah dalam mendapatkan suku cadang
- d. Harga peralatan relatif murah dengan kualitas yang memadai

B. Macam-Macam Instrumentasi

1. Pengatur suhu



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

- a. T.C. (Temperatur Controller)
Fungsi : Mengendalikan suhu agar dapat dipertahankan pada harga yang telah ditentukan.
2. Pengatur Tekanan
 - a. P.C. (Pressure Controller)
Fungsi : Mengatur tekanan agar dapat dipertahankan pada harga yang diperlukan.
3. Pengatur Berat
 - a. W.C. (Weight Controller)
Fungsi : Mengatur berat solid yang dikeluarkan dari bin agar dapat dipertahankan pada harga yang diperlukan.
4. Pengatur Aliran
 - a. F.C. (Flow Controller)
Fungsi : Mengendalikan rate aliran
5. Pengatur Tinggi Liquida
 - a. L.I. (Level Indikator)
Fungsi : Penunjuk tinggi bahan dalam aliran.
 - b. L.C. (Level Controller)
Fungsi : Pengatur tinggi bahan dalam peralatan agar bertahan pada ketinggian yang telah ditentukan



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Tabel VI.1. Instrumentasi Pada Pabrik

No	Nama Alat	Kode	Instrumentasi
1	Hopper CaCO ₃	F-115	(WC)
2	Tangki HCl 36%	F-120	(LC)
3	Reaktor Asam	R-210	(TC;LC;PC)
4	Pompa-1	L-121	(FC)
5	Reaktor Netralisasi	R-220	(TC;LC)
6	Pompa-2	L-211	(FC)
7	Hopper Ca(OH) ₂	F-133	(WC)
8	Tangki pelarutan Ca(OH) ₂	M-134	(LC; FC)
9	Rotary Drum Vacuum Filter	H-310	(FC;LC)
10	Pompa-3	L-135	(FC)
11	Mixing tank	M-320	(LC)
12	Heater	E-321	(TC)
13	Pompa-4	L-221	(FC)
14	Evaporator	V-330	(TC;PC;LC)
15	Tangki penampung sementara	F-332	(LC)
16	Pompa-5	L-312	(FC)
17	Barometric condensor	E-334	(TC)
18	Hot well	F-336	(LC)
19	Crystallizer	S-340	(TC;LC)
20	Pompa-6	L-322	(FC)
21	Pompa-7	L-331	(FC)
22	Pompa-8	L-333	(FC)
23	Pompa-9	L-351	(FC)
24	Centrifuge	H-350	(LC)
25	Air Chamber	E-362	(TC)
26	Blower	G-361	(FC)
27	Rotary Dryer	B-360	(TC)



28	Pompa - 10	L-364	(FC)
29	Cooling Conveyor	J-370	(TC)
30	Silo CaCl ₂	F-380	(WC)

VI.2 KESELAMATAN KERJA

A. Usaha Keselamatan

Kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi pada seseorang dalam hubungan kerja yang disebabkan oleh bahaya yang berkaitan dengan pekerjaan. Kecelakaan ini menimbulkan kerugian bagi karyawan, perusahaan dan masyarakat.

Pelaksanaan usaha keselamatan kerja bertujuan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja, dengan cara mengambil langkah-langkah pencegahan untuk menghindari kecelakaan kerja tersebut.

B. Sebab-Sebab Kecelakaan Kerja

1. Lingkungan Fisik

Lingkungan fisik ini meliputi mesin, peralatan, bahan-bahan produksi dan lingkungan kerja (suhu, penerangan, dll). Kecelakaan kerja dapat terjadi karena kesalahan perancangan, aus, rusak, kesalahan dalam pembelian, peletakan, penyusunan peralatan, bahaya produksi, serta adanya lingkungan kerja yang tidak memenuhi syarat (panas, bising, penerangan yang kurang, dll)

2. Manusia

Kecelakaan kerja yang disebabkan oleh manusia, antara lain disebabkan oleh :

- Tidak cocoknya manusia terhadap mesin atau lingkungan kerja
- Kurangnya ilmu pengetahuan dan keterampilan kerja
- Ketidakmampuan fisik atau mental serta faktor bakat lainnya
- Kurangnya motivasi dan kesadaran akan keselamatan kerja



3. Sistem Manajemen

Merupakan unsur terpenting, sebab sistem manajemen ini merupakan pengatur dari kedua unsur diatas. Kesalahan sistem manajemen dapat menyebabkan kecelakaan kerja, contohnya :

- a) Manajemen yang tidak memperhatikan keselamatan kerja
- b) Prosedur kerja yang tidak diterapkan dengan baik
- c) Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi pabrik
- d) Tidak adanya inspeksi peralatan
- e) Tidak adanya sistem penanggulangan bahaya

VI.2.1 PENINGKATAN KESELAMATAN KERJA

A. Lingkungan Fisik

Peningkatan usaha keselamatan kerja yang berkaitan dengan lingkungan fisik meliputi :

- a) Perencanaan mesin dan peralatan dengan memperhatikan keselamatan kerja
- b) Pengolahan alat yang benar
- c) Menciptakan suasana kerja yang nyaman (suhu dan penerangan yang cukup)

B. Manusia

Pemeliharaan, penempatan, dan pembinaan karyawan agar setiap pegawai dapat menempati posisi pekerjaan sesuai dengan kemampuannya dan menumbuhkan kesadaran akan keselamatan kerja

C. Sistem Manajemen

Sistem manajemen yang benar meliputi :

- a) Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang keselamatan kerja, dengan pelaksanaan dan pengawasan
- b) Melaksanakan prosedur kerja, yang tetap berpedoman pada keselamatan kerja karyawan



- c) Membuat usaha-usaha untuk mengatasi bahaya yang mungkin timbul di tempat kerja

VI.2.2 ALAT PELINDUNG DIRI

Untuk mengurangi akibat kecelakaan kerja maka setiap perusahaan harus menyediakan alat pelindung diri yang sesuai dengan jenis pekerjaan kepada setiap karyawannya :

- a) Alat pelindung mata
- b) Alat pelindung muka
- c) Masker (gas, debu, dll)
- d) Sarung tangan
- e) Sepatu pengaman
- f) Baju pelindung

Usaha-usaha yang dilakukan untuk menjaga keselamatan pekerja di pabrik adalah sebagai berikut :

1. Usaha peralatan pabrik seperti baja/tangki harus disediakan seleksi bahan konstruksi, juga penyediaan alat-alat kontrol tekanan dan suhu, yang kesemuanya itu untuk, menghindari terjadinya peledakan.
2. Perpipaan yang mengandung steam pemanasan maupun bahan panas diberi tanda peringatan dan dijauhkan dari jalan lalu lalang (manway).
3. Dalam ruang pelistrikan agar diberi penerangan yang cukup agar operator dapat bekerja dengan baik. Kabel-kabel listrik yang berdekatan dengan peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi agar diberi isolasi yang cukup.
4. Pada tiap gedung yang tinggi harus dipasang penangkal petir.
5. Kontruksi dari bangunan pabrik harus diperhatikan kekuatannya, terutama yang digunakan untuk menyangga suatu alat proses.
6. Untuk peralatan yang bergerak sebaiknya dipasang pagar-pagar pengamanan dari jarak yang cukup antara unit-unit untuk mempermudah pemeliharaan.



7. Untuk mencegah bahaya kebakaran, sebaiknya setiap ruangan disediakan alat pemadam kebakaran. Tata ruang pada lokasi pabrik diatur sehingga bisa dilewati mobil pemadam kebakaran dan sebaiknya bangunannya dibuat terpisah, sehingga apabila terjadi kebakaran apinya bisa dilokalisir.
8. Harus dipasang alarm pada setiap peralatan pabrik yang berbahaya, agar semua personil dapat segera mengetahui dan bertindak apabila ada bahaya.
9. Limbah pabrik yang direncanakan ini berupa Air, dimana air ini dialirkan ke unit pengolahan air untuk dipergunakan lagi, atau kalau tidak bisa akan dibuang ke sungai yang ada didekat lokasi pabrik (karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya).
10. Hal ini yang perlu diperhatikan yaitu perawatan secara periodik terhadap seluruh peralatan dan instalasi pabrik.

VI.2.3 KESEHATAN KERJA

Kesehatan kerja juga merupakan hal yang sangat penting. Kesehatan kerja ini meliputi :

1. Industrial Hygiene / Hygiene perusahaan
Menyangkut bidang teknis dan dititik beratkan pada persoalan kebersihan dan hal-hal yang berhubungan dengan kesehatan bagi karyawan
2. Hyperkes / Hygiene perusahaan dan kesehatan kerja
Menyangkut bidang teknis dan bidang medis. Disini seluruh karyawan dituntut untuk terjun secara aktif dalam persoalan Hyperkes atau keselamatan kerja
3. Toxicology
Merupakan ilmu yang mempelajari masalah racun dalam industri dan penyakit-penyakit akibat keracunan
4. Gizi kerja



Gizi ini diberikan khusus pada karyawan perusahaan yang tujuannya untuk meningkatkan produktivitas

5. Sanitasi
6. Ventilasi Industri

Pemasangan fan yang bertujuan untuk memberikan kenyamanan dan mengurangi keadaan yang beracun. Keselamatan dan kesehatan kerja yang terpadu dalam lingkungan kerja merupakan suatu persyaratan mutlak diperlukan dan harus dipenuhi agar kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar.

VI.2.4 BAHAYA KECELAKAAN

Karena kesalahan mekanik sering terjadi dikarenakan kelalaian pengerjaan maupun kesalahan konstruksi dan tidak mengikuti aturan yang berlaku. Bentuk kerusakan yang umum adalah karena korosi dan ledakan. Kejadian ini selain mengakibatkan kerugian yang besar karena dapat mengakibatkan cacat tubuh maupun hilangnya nyawa pekerja. Berbagai kemungkinan kecelakaan karena mekanik pada pabrik ini dan cara pencegahan dapat digunakan sebagai berikut :

A. Vessel.

Kesalahan dalam perencanaan vessel dan tangki dapat mengakibatkan kerusakan fatal, cara pencegahannya :

- a) Menyeleksi dengan hati-hati bahan konstruksi yang sesuai, tahan korosi serta memakai *corrosion allowance* yang wajar. Untuk pabrik ini, semua bahan konstruksi yang umum dapat dipergunakan dengan pengecualian adanya seng dan tembaga. Bahan konstruksi yang biasanya dipakai untuk tangki penyimpanan, perpipaan dan peralatan lainnya dalam pabrik ini adalah steel. Semua konstruksi harus sesuai dengan standar ASME (*America Society Mechanical Engineering*).
- b) Memperhatikan teknik pengelasan.
- c) Memakai level gauge yang otomatis.
- d) Penyediaan *man-hole* dan *hand-hole* (bila memungkinkan) yang memadai untuk inspeksi dan pemeliharaan. Disamping itu peralatan



tersebut harus dapat diatur sehingga mudah untuk digunakan.

B. Heat Exchanger

Kerusakan yang terjadi pada umumnya disebabkan karena kebocoran. Hal ini dapat dicegah dengan cara :

1. Pada inlet dan outlet dipasang *block valve* untuk mencegah terjadinya *thermal expansion*
2. *Drainhole* yang cukup harus disediakan untuk pemeliharaan
3. Pengecekan dan pengujian terhadap setiap ruangan fluida secara sendiri-sendiri
4. Memakai heat exchanger yang cocok untuk ukuran tersebut. Disamping itu juga aliran harus benar-benar dijaga agar tidak terjadi perpindahan panas yang berlebihan sehingga terjadi perubahan fase didalam pipa.

C. Peralatan yang bergerak

Peralatan yang bergerak apabila ditempatkan tidak hati-hati, maka akan menimbulkan bahaya bagi pekerja. Pencegahan bahaya ini dapat dilakukan dengan:

1. Pemasangan penghalang untuk semua sambungan pipa.
2. Adanya jarak yang cukup bagi peralatan untuk memperoleh kebebasan ruang gerak.

D. Perpipaan.

Selain ditinjau dari segi ekonomisnya, perpipaan juga harus ditinjau dari segi keamanannya hal ini dikarenakan perpipaan yang kurang teratur dapat membahayakan pekerja terutama pada malam hari, seperti terbentur, tersandung dan sebagainya. Sambungan yang kurang baik dapat menimbulkan juga hal-hal yang tidak diinginkan seperti kebocoran-kebocoran bahan kimia yang berbahaya. Untuk menghindari hal-hal tersebut, maka dapat dilakukan cara :

1. Pemasangan pipa (untuk ukuran yang tidak besarhendaknya pada elevasi yang tinggi tidak didalam tanah, karena dapat menimbulkan kesulitan apabila terjadi kebocoran.
2. Bahan konstruksi yang dipakai untuk perpipaan harus memakai bahan konstruksi dari steel.



3. Sebelum dipakai, hendaknya diadakan pengecekan dan pengetesan terhadap kekuatan tekan dan kerusakan yang diakibatkan karena perubahan suhu, begitu juga harus dicegah terjadinya over stressing atau pondasi yang bergerak.
4. Pemberian warna pada masing-masing pipa yang bersangkutan akan dapat memudahkan apabila terjadi kebocoran..

E. Listrik.

Kebakaran sering terjadi akibat kurang baiknya perencanaan instalasi listrik dan kecerobohan operator yang menanganinya. Sebagai usaha pencegahannya dapat dilakukan :

1. Alat-alat listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda seperti dengan cat warna pada penutupnya atau diberi isolasi berwarna.
2. Pemasangan alat remote shut down dari alat-alat disamping starter.
3. Penerangan yang cukup pada semua bagian pabrik supaya operator tidak mengalami kesulitan dalam bekerja.
4. Sebaiknya untuk penerangan juga disediakan oleh PLN meskipun kapasitas
5. generator set mencukupi untuk penerangan dan proses.
6. Penyediaan *emergency power supplies* tegangan tinggi.
7. Meletakkan jalur-jalur kabel listrik pada posisi aman.
8. Merawat peralatan listrik, kabel, starter, trafo dan lain sebagainya.

F. Isolasi

Isolasi penting sekali terutama berpengaruh terhadap pada karyawan dari kepanasan yang dapat mengganggu kinerja para karyawan oleh karena itu dilakukan :

1. Pemakaian isolasi pada alat-alat yang menimbulkan panas seperti reaktor, exchanger, kolom distilasi dan lain-lain. Sehingga tidak mengganggu konsentrasi pekerjaan
2. Pemasangan isolasi kabel instrumen, kawat listrik dan perpipaan yang berada pada daerah panas, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kebakaran



G. Bangunan Pabrik

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bangunan pabrik adalah :

1. Bangunan yang tinggi harus diberi penangkal petir dan jika tingginya melebihi 20 meter maka harus diberi lampu suar (mercusuar)
2. Sedikitnya harus ada dua jalan keluar dari dalam bangunan

VI.2.5 BAHAYA KARENA BAHAN KIMIA

Banyak bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan. Biasanya para pekerja tidak mengetahui seberapa jauh bahaya yang dapat ditimbulkan oleh bahan kimia seperti bahan-bahan berupa gas yang tidak berbau atau tidak berwarna yang sangat sulit diketahui jika terjadi kebocoran. Untuk itu sering diberikan penjelasan pendahuluan bagi para pekerja agar mereka dapat mengetahui bahwa bahan kimia tersebut berbahaya.

Cara lainnya adalah memberikan tanda-tanda atau gambar-gambar pada daerah yang berbahaya atau pada alat-alat yang berbahaya, sehingga semua orang yang berada didekatnya dapat lebih waspada. Selain hal-hal tersebut diatas, usaha-usaha lain dalam menjaga keselamatan kerja dalam pabrik ini adalah memperhatikan hal-hal seperti:

- a) Di dalam ruang produksi para pekerja dan para operator dilarang merokok.
- b) Harus memakai sepatu karet dan tidak diperkenankan memakai sepatu yang alasnya mengandung logam.
- c) Untuk pekerja lapangan maupun pekerja proses dan semua orang yang memasuki daerah proses diharuskan mengenakan topi pengaman agar terlindung dari kemungkinan kejatuhan barang-barang dari atas.
- d) Karena sifat alami dari steam yang sangat berbahaya, maka harus disediakan kacamata tahan uap, masker penutup wajah dan sarung tangan yang harus dikenakan.



BAB VII UTILITAS

Dalam sebuah pabrik, utilitas merupakan unit penyedia bahan maupun tenaga pembantu, sehingga membantu kelancaran operasi pabrik tersebut. Utilitas yang terdapat dalam pabrik ini terdiri atas :

1. Unit Pengolahan Air
 Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air pendingin, air proses, air sanitasi, dan air pengisi boiler.
2. Unit Pembangkit *Steam*
 Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan *steam* pada proses evaporasi, pemanasan, dan supply pembangkit tenaga listrik.
3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik
 Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan listrik bagi alat bangunan, jalan raya dan lain sebagainya.
4. Unit Bahan Bakar
 Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan bahan bakar bagi alat-alat, dari generator, boiler dan sebagainya.
5. Unit Pengolahan Limbah
 Unit ini berfungsi sebagai pengolahan limbah pabrik cair, padat maupun gas proses.

VII.1 Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan *steam* berfungsi untuk menyediakan kebutuhan *steam*, yang digunakan sebagai media pemanas pada proses pabrik ini. Direncanakan boiler menghasilkan steam jenuh (saturated steam) pada tekanan 4.5 atm pada suhu

148°C

(Ulrich, Appendix B ; Page 426)

Dengan $h_v = 539,6516$ kkal/kg

$= 970,6387$ Btu/lb (J.M Smith 7^{ed}, App F table F-1)

Jumlah *steam* yang dibutuhkan untuk memproduksi calcium chloride dehydrate adalah :

No.	Nama Alat	Kode Alat	Steam	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Heater	E-321	112,4263	247,8575
2	Evaporator	V-330	7267,3058	16021,6657
3	Steam Jet ejector	G-335	31,7515	70,0000
4	Air Chamber	E-362	12683,1976	27961,6625
TOTAL			20.094,68	44.301,19

Total kebutuhan *steam* = 44.301,19 lb/jam = 7.383,5310 (lb/jam)

Untuk faktor keamanan digunakan 20%

Untuk faktor keamanan dari kebocoran-kebocoran yang terjadi, maka direncanakan steam yang dihasilkan 20% lebih besar dari kebutuhan *steam* total :

Total *steam* = 1,2 x 7.383,5310



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 8.860,2372 \text{ lb/jam}$$

Untuk menghitung kebutuhan bahan bakar :

$$m_f = \frac{m_s(h_v-h_f)}{e_b \times F} \times 100 \quad (\text{Severn, W.H Page 142})$$

Dimana:

m_f = massa bahan bakar yang dipakai; lb/jam

m_s = massa steam yang dihasilkan; lb/jam

h_v = enthalpy uap yang dihasilkan; Btu/lb

h_f = enthalpy liquida masuk; Btu/lb

e_b = efisiensi boiler 85-92', ditetapkan $e_b = 0,92$

F = nilai kalor bahan bakar; Btu/lb

$h_v = 970,6387 \text{ Btu/lb}$ (suhu steam = 148 °C) (J.M Smith 7^{ed}, App F table F-1)

$h_f = 180,17 \text{ Btu/lb}$ (suhu air = 100 °C)

(J.M Smith 5^{ed}, steam table thermodynamics)

$e_b = 0,92$

F = Nilai kalor bahan bakar

Digunakan Petroleum Fuels Oil 33°API (0.22% Sulfur)

Relatif Density, $\rho = 0,84 \text{ gr/cc}$ (Perry 7^{ed}, Table 27-6)

$= 52,43948724 \text{ lb/cuft}$

$= 7,010163094 \text{ lb/gal}$

Dari Perry 7^{ed}, Figure 27-3 di dapat :

Heating Value = 138273 Btu/gal

Maka, heating value bahan bakar = $\frac{138273}{7,010163094} \text{ Btu/gal}$

$= 19724,64808 \text{ Btu/lb}$

$$m_f = \frac{m_s(h_v-h_f)}{e_b \times F} \times 100 \quad (\text{Severn, W.H Page 142})$$

$$= \frac{8.860,24 \times (970,6387454 - 180,1700)}{0,92 \times 19724,6481} \times 100$$

$$= 38.595,17 \text{ lb/jam}$$

Kapasitas Boiler

$$Q = \frac{m_s(h_v-h_f)}{1000} \quad (\text{Severn, W. H Page 139})$$

$$Q = \frac{8860,2372 \times (970,6387454 - 180,17)}{1000}$$

$$= 7.003,74 \text{ KBtu/jam}$$

Penentuan Boiler Horse Power

Untuk penentuan Boiler Horse Power, digunakan persamaan :



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

$$H_p = \frac{m_s(h_v - h_f)}{(970.3 \times 34.5)} \quad (\text{Severn, Pers 172 ; Page 140})$$

Dimana :

Angka-angka 970.3 dan 34.5 adalah suatu penyesuaian pada penguapan 34.5 lb air/jam dari air pada 212°F menjadi uap kering pada 212°F pada tekanan 1 atm, untuk kondisi demikian diperlukan entalpi penguapan 970.3 Btu/lb.

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{m_s(h_v - h_f)}{(970.3 \times 34.5)} \\ &= \frac{8860,2372 \times (970,6387454 - 180,17)}{970,3 \times 34,5} \\ &= 209,2208 \text{ Hp} \\ &= 209 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Penentuan Heating Surface Boiler

Untuk 1 Hp boiler dibutuhkan 10 ft² heating surface (Severn, W.H ; Page 140)

$$\begin{aligned} \text{Total Heating Surface} &= 10 \times 209,2208 \\ &= 2092,20831 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan air untuk pembuatan steam

Air yang dibutuhkan diambil 20% berlebih dari jumlah steam yang dibutuhkan untuk faktor keamanan .

$$\begin{aligned} \text{Produksi steam} &= 8860,2372 \text{ lb/jam} \\ \text{Kebutuhan air} &= 1,2 \times 8860,2372 \\ &= 10632,2846 \text{ lb/jam} \\ &= 255174,8299 \text{ lb/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Volume air} &= \frac{255174,8299}{62,4300} \\ &= 4087,3751 \text{ cuft/hari} \\ &= 115,7414 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 4,8226 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Air kondensat dari hasil pemanasan di recycle kembali ke boiler. Dianggap kehilangan air kondensat sebesar 20%. Maka air yang ditambahkan sebagai make up water adalah :

$$\begin{aligned} &= 0,2 \times 4,8226 \\ &= 0,9645 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 23,1483 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Air yang menguap 5% dari kebutuhan air di boiler :



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

$$\begin{aligned} \text{Air yang menguap} &= 0,05 \times 115,7414 \\ &= 5,7871 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Blowdown pada boiler adalah 15\% dari kebutuhan air boiler :} \\ \text{Blowdown} &= 0,15 \times 115,7414 \\ &= 17,3612 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Kebutuhan total air untuk steam} &= \text{Kebutuhan air di boiler} + \text{Make up water} \\ &= 115,7414 + 23,1482769 \\ &= 138,8896612 \text{ m}^3/\text{har} = 5,791698872 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Spesifikasi :} &= 12,77069601 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Nama Alat	:	Boiler
Tekanan Steam	:	4,5 atm
Suhu	:	148 °C
Type	:	Fire tube boiler (tekanan steam < 10 atm)
Heating Surface	:	2092,2083 ft ²
Kapasitas Boiler	:	7003,7405 KBtu/jam
Rate Steam	:	8860,2372 lb/jam
Effisiensi Boiler	:	92 %
Power	:	209,220831 Hp
Bahan Bakar	:	Diesel Oil 33° API
Rate Bahan Bakar	:	38595,1700 lb/jam
Kebutuhan air	:	115,7413843 m ³ /hari
Make up water (20%)	:	23,1483 m ³ /hari
Jumlah	:	6 Buah

VII.2 Unit Penyediaan Air

Air di dalam pabrik memegang peran penting dan harus memenuhi persyaratan tertentu yang disesuaikan dengan masing-masing keperluan di dalam pabrik. Penyedia air untuk pabrik ini direncanakan dari air sungai. Air sungai sebelum ke dalam bak penampung dilakukan penyaringan terlebih dahulu dengan maksud menghilangkan kotoran yang bersifat makro dengan jalan memasang sekat kayu agar kotoran tersebut terhalang dan tidak ikut masuk ke dalam tangki penampung (reservoir) Dari tangki penampung kemudian dilakukan pengolahan water treatmer Untuk menghemat pemakaian air, maka diadakan sirkulasi. Air pada pabrik ini dipakai untuk :

1. Air Sanitasi
2. Air Umpan *Boiler*
3. Air Pendingin
4. Air Proses

VII.2.1 Air Sanitasi

Air sanitasi untuk keperluan minum, masak, cuci, mandi dan sebagainya. Pada umumnya air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas. Berdasarkan **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017**.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Standar baku mutu untuk keperluan higiene sanitasi :

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4	Suhu	°C	suhu udara ± 3
5	Rasa		tidak berasa
6	Bau		tidak berbau
7	Total Coliform	CFU/100 ml	50
8	E. Coli	CFU/100 ml	0
9	pH	mg/l	6.5 - 8.5
10	Besi	mg/l	1
11	Fluorida	mg/l	1,5
12	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
13	Mangan	mg/l	0,5
14	Nitrat	mg/l	10
15	Nitrit	mg/l	1
16	Sianida	mg/l	0,1
17	Deterjen	mg/l	0,05
18	Pestisida Total	mg/l	0,1
19	Air Raksa	mg/l	0,001
20	Arsen	mg/l	0,05
21	Kadmium	mg/l	0,005
22	Kromium	mg/l	0,05
23	Selenium	mg/l	0,01
24	Seng	mg/l	15
25	Sulfat	mg/l	400
26	Timbal	mg/l	0,05
27	Benzene	mg/l	0,01
28	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10

Kebutuhan air sanitasi pabrik adalah untuk :

1. Karyawan, asumsi kebutuhan air untuk karyawan (30 liter/hari per orang)
= 30 liter/hari x 180 orang
= 5,4 m³/hari
 2. Keperluan Laboratorium
= 20 m³/hari
 3. Untuk menyiram kebun dan kebersihan pabrik
= 10 m³/hari
 4. Cadangan atau lain-lain diperkirakan 25% dari kebutuhan air untuk sanitasi : = 8,85 m³/hari
- Total kebutuhan air sanitasi = 44,25 m³/hari



VII.2.2 Air Umpan Boiler

Alat ini dipergunakan untuk menghasilkan *steam* di dalam *boiler*. Air umpan boiler harus operasi boiler harus sangat memenuhi persyaratan yang sangat ketat, karena kelangsungan bergantung pada kondisi air umpannya. Beberapa persyaratan yang dipenuhi antara lain :

1. Bebas dari zat penyebab korosi, seperti asam, gas-gas terlarut.
2. Bebas dari zat penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan yang tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.
3. Bebas dari zat penyebab timbulnya buih (busa) seperti zat-zat organik, anorganik dan minyak.
4. Kandungan logam dan impuritis seminimal mungkin.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk boiler} &= 4,8226 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 115,7414 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

VII.2.3 Air Pendingin

Untuk kelancaran dan efisiensi kerja dari air pendingin, maka perlu diperlukan persyaratan untuk air pendingin dan air umpan *boiler* :

(Lamb : 302)

Karakteristik	Kadar Maximum (ppm)	
	Air Boiler	Air Pendingin
Silica	0,7	50
Aluminium	0,01	-
Iron	0,05	-
Manganese	0,01	-
Calcium	-	200
Sulfate	-	680
Chloride	-	600
Dissolved Solid	200	1000
Suspended Solid	0,5	5000
Hardness	0,07	850
Alkalinity	40	500

Untuk menghemat air, maka air pendingin yang telah digunakan harus di dinginkan kembali dalam *cooling tower*, sehingga perlu sirkulasi air pendingin, maka di sediakan pengganti kebutuhan. Kebutuhan air pendingin :

No.	Nama Alat	Kode Alat	Cooling Tower	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Tangki pelarutan Ca(OH) ₂	M-134	49,55276	22,47675534
2	Reaktor asam	R-210	583,3852	264,6191
3	Reaktor netralisasi	R-220	730,3596	331,2856
4	Cryztalizer	S-340	46625,8181	21149,1167
5	Barometric Condensor	E-334	54072,2518	24526,7625
6	Cooling conveyor	J-370	241,9025	109,7251
TOTAL			102253,7173	46.381,51



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\text{Kebutuhan air pendingin total} = 46381,5090 \text{ lb/jam}$$

Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air pendingin yang sudah terpakai.

Untuk keperluan ini digunakan *cooling tower* dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Cooling Water} &= 46381,5090 \text{ lb/jam} = 23190,7545 \frac{(\text{lb/jam})}{2 \text{ CTW}} \\ &= 504.909,11 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Densitas Air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume Air} = \frac{504909,1072 \text{ kg/hari}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 504,9091 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dianggap kehilangan air pada waktu sirkulasi 10% dari total air pendingin.

Sehingga sirkulasi air pendingin adalah 95%.

$$\begin{aligned} \text{Air yang disirkulasi} &= 0,95 \times 504,909107 \\ &= 479,6636518 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Air yang harus ditambahkan sebagai make up water :

$$\begin{aligned} &= 0,1 \times 504,9091 \\ &= 50,49091072 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jadi, total kebutuhan air (disirkulasi) sebesar :

$$\begin{aligned} &= \frac{504,9091072 \times 264,17}{24 \times 60} \\ &= 92,62627697 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Perancangan Alat Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin.

Jenis : Cross Flow Induced Draft Cooling Tower

$$\text{Rate Volumetrik} = 92,6263 \text{ gpm}$$

Digunakan udara sebagai pendingin dengan relative humidity 70%.

$$\text{Suhu air masuk cooling tower (T}_1\text{)} = 45 \text{ }^\circ\text{C} = 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air keluar cooling tower (T}_2\text{)} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

Diambil kondisi 70% relative humidity 30°C

$$\text{T dry bulb} = T_{db} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{T wet bulb} = T_{wb} = 26 \text{ }^\circ\text{C} = 78,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Temperature Approach} &= T_2 - T_{wb} \\ &= 86 - 78,8 = 7,2 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Temperature Range} &= T_1 - T_2 \\ &= 113 - 86 = 27 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi air cooling water pada suhu } 30^\circ\text{C} &= 2 \text{ gpm/ft}^2 \\ &\text{(Perry 7}^{\text{ed}}, \text{ Figure 12-14)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area pendinginan} &= \frac{92,6263 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2} \\ &= 46,3131 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$



Menghitung Make Up Water

Aliran air sirkulasi masuk cooling tower (W_c)

$$\begin{aligned} &= 504,9091 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 21,03787947 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Evaporation Loss (W_e)

$$\begin{aligned} &= 0,00085 \times W_c (T_1 - T_2) \\ &= 0,00085 \times 21,03787947 \times 27 \\ &= 0,482819 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Water Drift Loss (W_d)

Air yang keluar karena fan berputar, untuk ini standartnya 0.1-0.2% jumlah air yang bersiku

(Perry 7^{ed}, Page 12-17)

$$\begin{aligned} &= 0,002 \times W_c \\ &= 0,002 \times 21,03787947 \\ &= 0,042075759 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Water Blow Down (W_b)

Air yang dibuang untuk menurunkan konsentrasi padatan dalam air sirkulasi :

S = rasio klorida dalam air sirkulasi terhadap air make up 3-5. Dipilih S = 5

$$\begin{aligned} W_b &= \frac{W_e}{(S-1)} && \text{(Perry 7}^{\text{ed}}, \text{Page 12-17)} \\ &= \frac{0,482819}{5 - 1} \\ &= 0,120705 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Jadi air yang dibutuhkan untuk penambahan (Make up water) adalah :

$$\begin{aligned} W_m &= W_e + W_d + W_b \\ &= 0,4828 + 0,0421 + 0,1207 \\ &= 0,6456 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dengan dasar perhitungan dari Perry 3^{ed} 1984 ; Page 3 - 795 , diperoleh :

- Tinggi cooling tower = 35 ft
- Jumlah deck = 12 Buah
- Lebar cooling tower = 12 ft
- Kecepatan angin = 3 mil/jam

$$L = \frac{Gpm \times W}{C \times 12 \times CW \times CH} \quad \text{(Perry 3}^{\text{ed}} \text{ 1984 ; Page 3 - 795)}$$

Dengan :

- L = panjang cooling tower, ft
- W = wind correction factor



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

C = konsentrasi air / ft² cooling tower
 CW = wet bulb correction factor

Diperoleh :

W = 1 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 3^{ed}, 1984)**
 CW = 0,98 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 3^{ed}, 1984)**
 C = 2 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 6^{ed}, 1984)**
 CH = 1,25 **Figure 56, Page 3-794 (Perry 6^{ed}, 1984)**

Maka dapat diperoleh :

$$L = \frac{92,6263}{2} \times \frac{1}{12} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1,25}$$

$$= 3,0875 \text{ ft}$$

$$= 3 \text{ ft}$$

Menghitung dimensi cooling tower

Kapasitas, Q = 92,6263 gpm

Konsentrasi air, Cooling Water T = 30°C = 2 gpm/ft²
(Perry, 1997 ; Figure 12-14)

$$\text{Luas menara, A} = \frac{92,6263 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2}$$

$$= 46,3131 \text{ ft}^2$$

Tinggi menara :

Berdasarkan Perry 8^{ed} ; Page 12-19 :

Untuk range pendingin 25 - 35°F dengan temperature approach 7.2°F di peroleh menara 35-40 f tinggi Karena temperature range = 27 °F , maka diperoleh tinggi menara :

$$\frac{27 - 25}{35 - 25} = \frac{y - 35}{40 - 35}$$

$$y = 36 \text{ ft}$$

Tinggi menara (h) = 36 ft

Diameter Menara :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$46,3131 = 0,785 \times D^2$$

$$D^2 = 58,9976$$

$$D = 7,6810 \text{ ft} = 2,341 \text{ m}$$

Daya motor penggerak Fan Cooling Tower :

Dengan performance dari cooling tower 90%, diperoleh :

Power Fan = 0,03 Hp/ft² **(Perry 7^{ed}, Figure 12.15)**

$$\text{Tenaga yang dibutuhkan} = \text{cooling tower} \times 0,031$$

$$= 46,3131 \times 0,031$$

$$= 1,4357 \text{ Hp}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi Fan} &= 0,8 \\ \text{Fan Power} &= \frac{1,4357}{0,8} \\ &= 1,7946 \text{ Hp} \\ &= 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin.
 Type : Cross Flow Induced Draft Cooling Tower
 Power : 2 Hp
 Kapasitas : 21,0379 m³/jam

Dimensi

Tinggi : 36 ft
 Panjang : 3 ft
 Diameter : 7,6810 ft
 Lebar : 12 ft
 Luas : 46,3131 ft²
 Jumlah deck : 12 Buah
 Bahan Konstruksi : Baja stainless SA 240 Grade M tipe 316
 Jumlah : 3 Buah

VII.2.4 Air Proses

Kebutuhan Air Proses :

No.	Nama Alat	Kode Alat	Cooling Tower	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Scrubber	D - 136	2634385,38	5807766,013
2	Tangki pelarutan Ca(OH) ₂	M-134	1105,366108	2436,890122
3	RDVF	H-310	4114,2555	9070,287675
TOTAL				5819273,191

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air proses} &= 5819273,191 \text{ lb/jam} \\ &= 93257,58319 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 2640,760994 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 63378,26387 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

VII.3 Unit Pengolahan Air (Water Treatment)

Air untuk keperluan industri harus terbebas dari kontaminan yang merupakan faktor penyebab terbentuknya endapan, korosi pada logam, dan lainnya. Untuk mengatasi masalah ini maka dari sumber air tetap memerlukan pengolahan sebelum digunakan.

Proses Pengolahan Air Sungai :

Air sungai di pompa ke bak penampung yang terlebih dahulu dilakukan penyaringan dengan cara memasang serat kayu agar kotoran bersifat makro akan terhalang dan tidak ikut masuk ke koagulasi dan flokulasi. Selanjutnya air sungai di pompa ke clarifier. Pada bak pengendapan in



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

kotoran-kotoran akan mengendap dan membentuk flok-flok yang sebelumnya pada bak koagulasi dan flokulasi diberikan alum dan PAC. Air lalu ditampung pada bak air jernih yang selanjutnya dilewatkan sand filter untuk menyaring kotoran yang masih terikat oleh air. Air bersih yang kel ditampung dalam bak penampung air bersih untuk di distribusikan sesuai kebutuhan. Dari perin diatas, dapat disimpulkan kebutuhan air dalam pabrik :

Air Sanitasi	=	44,25	m ³ /hari	=	1,84375	m ³ /jam
Air Umpan Boiler	=	115,7413843	m ³ /hari	=	4,822557681	m ³ /jam
Air Pendingin	=	504,9091072	m ³ /hari	=	21,03787947	m ³ /jam
Air Proses	=	63378,26387	m ³ /hari	=	2640,760994	m ³ /jam
Total	=	64043,16436	m³/hari	=	2668,465182	m³/jam

Total air yang harus di supply dari water treatment = 64043,16436 m³/hari
 Kehilangan akibat jalur pipa dalam perjalanan, untuk faktor keamanan maka direncanakan kebu air sungai total :

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times \text{Kebutuhan normal} \\
 &= 1,2 \times 64043,1644 \\
 &= 76851,7972 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 3202,1582 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

VII.3.1 Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

1. Bak Penampung Air Sungai

Fungsi : Menampung air sungai sebelum di proses menjadi air bersih.

Type : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik} &= 76851,7972 \text{ m}^3/\text{har} = 3202,1582 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Ditentukan} &: \text{Waktu tinggal} = 2 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air dalam bak penampung} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\
 &= 3202,1582 \times 2 \\
 &= 6404,3164 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bak penampung} = 1,1 \times 6404,3164 \text{ m}^3 = 7044,7481 \text{ m}^3$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \text{ L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\
 7044,7481 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\
 3522,3740 &= L^3
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} L &= 15,2152 \text{ m} \\ H &= 15,2152 \text{ m} \\ P &= 30,4305 \text{ m} \end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 30,4305 \times 15,2152 \times 15,2152 \\ &= 7044,7481 \text{ m}^3 \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Volume Bak > Volume liquida (**Memenuhi**)

Asumsi padatan yang mengendap dan keluar 10% dari bak penampung air sungai

$$\begin{aligned} Q_2 &= 0,1 \times Q \text{ yang masuk} \\ &= 0,1 \times 3202,1582 \text{ m}^3/\text{jam} \\ Q_2 &= 320,2158 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Q_1 = Debit air yang akan masuk ke tangki koagulasi

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q \text{ yang masuk} - Q_2 \\ &= 3202,1582 - 320,2158 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 2881,9424 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 69166,6175 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai

Fungsi : Menampung air sungai sebelum di proses menjadi air bersih.

Kapasitas : 7044,7481 m³

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuka

Dimensi Bak Penampung

Panjang (P) : 30,4305 m

Lebar (L) : 15,2152 m

Tinggi (H) : 15,2152 m

Bahan Konstruksi : Beton

Jumlah : 1 Buah

2. Tangki Koagulasi

Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak di kehendaki.

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle).

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik } (Q_1) &= 2881,9424 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 2881942,3962 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

Ditentukan : Waktu tinggal = 8 menit = 0,1333 jam

Dosis $Al_2(SO_4)_3$ = 20 mg/L (AWWA : T.5.2 : 94)

Kelarutan $Al_2(SO_4)_3$ = 250 - 300 g/L, Dipilih = 250 g/L

ρ $Al_2(SO_4)_3$ = 1,1293 kg/L

$$\text{Kebutuhan } Al_2(SO_4)_3 = 20 \text{ mg/L} \times 2881942,3962 \text{ L/jam}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 57638847,9232 \text{ mg/jam}$$

$$= 57638,8479 \text{ gram/jam}$$

$$= 57,6388 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Volume Al}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{57,6388 \text{ kg/jam}}{1,1293} \text{ kg/L}$$

$$= 51,0394 \text{ L/jam}$$

$$= 0,0510 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kebutuhan air untuk melarutkan Al}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{57638,8479 \text{ gram/jam}}{250} \text{ g/L}$$

$$= 230,5554 \text{ L/jam}$$

$$= 0,2306 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Rate volumetrik ke tangki flokulasi (Q}_2) = Q_1 + \text{Larutan Koagulan}$$

$$= 2881,9424 + 0,2306$$

$$= 2882,1730 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\text{Volume liquida dalam tangki} = \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal}$$

$$= 2882,1730 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,1333 \text{ jam}$$

$$= 384,2897 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki koagulasi} = 1,1 \times 384,2897 \text{ m}^3$$

$$= 422,7187 \text{ m}^3$$

Volume tangki > Volume liquida (**Memenuhi**)

Menentukan Dimensi Tangki Koagulasi

Asumsi : $H = 2,5 D$

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$422,7187 = 0,785 \times D^2 \times 2,5 D$$

$$422,7187 = 1,9625 D^3$$

$$D = 5,9944 \text{ m}$$

$$H = 14,9861 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

$$\text{Tinggi Liquida} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f$$

$$384,2897 = 0,785 \times 35,9331 \times H_f$$

$$384,2897 = 28,2075 \times H_f$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

$$H_f = 13,6237 \text{ m}$$

Check Volume :

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ &= 0,785 \times 35,9331 \times 14,9861 \\ &= 422,7187 \text{ m}^3 > 384,2897 \text{ m}^3 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Sistem Pengaduk

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm (1.6667 rps).

Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade.

Perbandingan antara diameter impeller dengan diameter tangki (D_a/D_T) = 1/3

(McCabe 5^{ed} ; Page 243)

$$\begin{aligned} \text{Diameter Impeller (Da)} &= \frac{1}{3} \times \text{Diameter tangki} \\ &= \frac{1}{3} \times 5,994421 \\ &= 1,9981 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Pengadukan (N)} = 100 \text{ rpm} = 1,6667 \text{ rps}$$

$$\rho \text{ air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ air} = 0,8 \text{ Cp} = 0,0008 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times D_a^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 3,9926 \times 1,6667}{0,0008} \\ &= 8317844,227 \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145

Diketahui nilai N_p pada $N_{Re} = 8317844,227$ adalah :

$$N_p = 3$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times D_a^5 \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{ pers. 3.4-2 ; page 145}) \\ &= 3 \times 1000 \times 4,6296 \times 31,8515 \\ &= 442382,1083 \text{ Watt} \\ &= 592,7920 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{592,7920}{0,8} \\ &= 740,9900 \text{ Hp} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Dipilih motor = 740,9900 Hp

Spesifikasi Tangki Koagulasi :

Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak di kehendaki.
Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle).
Waktu tinggal : 8 menit
Kapasitas : 422,7186996 m³

Dimensi Tangki

Diameter : 5,9944 m = 19,6677 ft
Tinggi : 14,9861 m = 49,1692 ft
Tinggi Liquida : 13,6237 m = 44,6993 ft

Sistem Pengaduk

Jenis : Flat Blade Turbin
Jumlah blade : 6 Buah
Kecepatan Putaran : 100 rpm
Diameter Impeller : 1,9981 m
Power Motor : 740,9900 Hp
Efisiensi Motor : 0,8
Bahan : Carbon Steel
Jumlah : 1 Buah

3. Tangki Flokulasi

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan Poly Aluminium Chlorida (PAC).

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle).

Rate Volumetrik (Q_2) = 2882,172952 m³/jam = 2882172,952 L/jam

Ditentukan : Waktu tinggal (t) = 15 menit = 0,25 jam
Dosis PAC = 3 mg/L
Kelarutan PAC = 466 g/L
 ρ PAC = 1,029 kg/L

Kebutuhan PAC = 3 mg/L x 2882172,9516 L/jam
= 8646518,855 mg/jam
= 8646,5189 gram/jam
= 8,6465 kg/jam

Volume PAC = $\frac{8,6465}{1,029}$ kg/jam
= 8,4028 L/jam
= 0,0084 m³/jam

Kebutuhan air untuk melarutkan PAC = $\frac{8646,5189}{1}$ gram/jam



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

$$\begin{aligned} &= 466 \text{ g/L} \\ &= 18,5548 \text{ L/jam} \\ &= 0,0186 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik ke clarifier (Q}_3\text{)} &= Q_1 + \text{Larutan Flokulan} \\ &= 2882,1730 + 0,0186 \\ &= 2882,1915 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume liquida dalam tangki} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 2882,1915 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,25 \text{ jam} \\ &= 720,5479 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki flokulasi} &= 1,1 \times 720,5479 \text{ m}^3 \\ &= 792,6027 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume tangki > Volume liquida (**Memenuhi**)

Menentukan Dimensi Tangki Flokulasi

Asumsi : $H = 1,5 D$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 792,6027 &= 0,785 \times D^2 \times 1,5 D \\ 792,6027 &= 1,1775 D^3 \\ D &= 8,7639 \text{ m} \\ H &= 13,1459 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Liquida} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f \\ 720,5479 &= 0,785 \times 76,8062 \times H_f \\ 720,5479 &= 60,2929 \times H_f \\ H_f &= 11,9508 \text{ m} \end{aligned}$$

Check Volume :

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ &= 0,785 \times 76,8062 \times 13,1459 \\ &= 792,6027 \text{ m}^3 > 720,5479 \text{ m}^3 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Sistem Pengaduk

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm (1.6667 rps).



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade.

Perbandingan antara diameter impeller dengan diameter tangki $(Da/DT) = (McCabe 5ed; Pg 243)$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Impeller (Da)} &= \frac{1}{3} \times \text{Diameter tangki} \\ &= \frac{1}{3} \times 8,7639 \\ &= 2,9213 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Pengadukan (N)} = 30 \text{ rpm} = 0,5 \text{ rps}$$

$$\rho \text{ air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ air} = 0,8 \text{ Cp} = 0,0008 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 8,5340 \times 0,5}{0,0008} \\ &= 5333765,4753 \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145

$$\begin{aligned} \text{Diketahui nilai } N_p \text{ pada } N_{Re} &= 5333765,475 \text{ adalah :} \\ N_p &= 3 \end{aligned}$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis 3}^{ed}, \text{ pers. 3.4-2 ; page 145}) \\ &= 3 \times 1000 \times 0,125 \times 212,7574353 \\ &= 79784,0382 \text{ Watt} \\ &= 106,9106 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{106,9106}{0,8} \\ &= 133,6383 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor = 133,6383 Hp

Spesifikasi Tangki Flokulasi:

- Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan Poly Alumunium Chlorida (PAC).
- Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (paddle).
- Waktu tinggal : 15 menit
- Kapasitas : 792,6027 m³
- Dimensi Tangki**
- Diameter (D) : 8,7639 m = 28,74564 ft
- Tinggi (H) : 13,1459 m = 43,11847 ft



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Tinggi Liquida : 11,9508 m 39,19861 ft

Sistem Pengaduk

Jenis : Flat Blade Turbin
 Jumlah blade : 6 Buah
 Kecepatan Putaran : 30 rpm
 Diameter Impeller : 2,921 m
 Power Motor : 133,6 Hp
 Effisiensi Motor : 0,8
 Bahan : Carbon Steel
 Jumlah : 1 Buah

4. Clarifier

Fungsi : Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan.

Type : Berbentuk silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk conis.

Proses : Continue

Rate volumetrik (Q_3) = 2882,1915 m³/jam

Waktu tinggal = 1 - 2.5 jam

Acuan design pada partikel flokulan, maka didapatkan :

Laju alir limpahan (overflow rate) = 24-32 m³/m².hari
 = 24 m³/m².hari
 = 1 m³/m².jam

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$= \frac{2.882,1915}{1,0000}$$

$$= 2882,1915 \text{ m}^2$$

D = 60,5936 m ; r = 30,2968 m
 Diameter pipa umpan masuk d' = 1/6 D
 = 10,0989 m

Kedalaman (H) clarifier = D/H = 6-10
 = $\frac{60,5936}{6}$
 = 10,0989 m

Asumsi , s = 2 m , dimana s/s' = 3-4

Dipilih s = 4 s'
 $s' = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ m}$

Volume = 2882,1915 x 10,0989
 = 29107,0487 m³

Waktu tinggal = $\frac{29107,0487}{\dots}$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned}
 & 2882,1915 \\
 & = 10,0989 \text{ jam} \\
 & = 10,1000 \text{ jam} \quad , \text{ memenuhi standart yaitu } 1 - 2.5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air} & = 2882,1915 \times 10,1000 \\
 & = 29110,1342 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Direncanakan volume air = volume clarifier agar terjadi overflow

$$\text{Volume tangki} = 29110,1342 \text{ m}^3$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi cone, } H_c = \frac{1}{2} H_s$$

$$V_{\text{silinder}} = \pi \times r^2 \times h_s$$

$$V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h_c$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Silinder, } V_s & = \pi \times r^2 \times h_s + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h_c \\
 29110,1342 & = 2882,1915 \text{ } h_s + 565,1356 \text{ } h_s \\
 29110,1342 & = 3447,3271 \text{ } h_s \\
 H_s & = 8,4443 \text{ m} \\
 H_c & = 4,2221 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Check Volume :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} & = V_s + V_{\text{cone}} \text{ (tutup bawah)} \\
 \text{Volume Tangki} & = \pi \times r^2 \times h_s + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h_c \\
 & = 24337,9811 + 4056,3302 \\
 & = 28394,3112 \text{ m}^3 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Volume Tangki < Volume Bahan, agar terjadi overflow

Spesifikasi Clarifier :

- Fungsi : Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan.
- Bentuk : Berbentuk silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk conis.
- Kapasitas : 28394,31124 m³
- Waktu Tinggal : 10,1 jam

Dimensi

- Diameter silinder : 60,5935767 m
- Tinggi silinder : 8,444262295 m



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Tinggi conis : 4,222131148 m
Diameter pipa umpan : 10,09892945 m
Bahan konstruksi : Carbon Steel
Jumlah : 1 Buah

5. Bak Penampung Flok

Fungsi : Menampung flok dari clarifier.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi padatan yang mengendap (flok) 10% Q_3

$$\text{Rate Volumetrik, } (Q_4) = 0,1 \times 2882,191506 = 288,219 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Ditentukan : Waktu tinggal} = 24 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 288,2192 \times 24 \\ &= 6917,2596 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{6917,2596}{0,85} \\ &= 8137,9525 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 1,5 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 8137,9525 &= 1,5 \text{ L} \times L \times L \\ 5425,3017 &= L^3 \\ L &= 17,5715 \text{ m} \\ H &= 17,5715 \text{ m} \\ P &= 26,3572 \text{ m} \end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 26,3572 \times 17,5715 \times 17,5715 \\ &= 8137,9525 \text{ m}^3 \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Volume Bak > Volume liquida (Memenuhi)

Spesifikasi Bak Penampung Flok

Fungsi : Menampung flok dari clarifier.

Kapasitas : 8137,9525 m³

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuka



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Dimensi

Panjang (P) : 26,3572 m
Lebar (L) : 17,57146 m
Tinggi (H) : 17,57146 m
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 Buah

6. Bak Penampung Air Bersih dari Clarifier

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier.
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi air bersih 90% Q_3

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik, } (Q_5) &= 0,9 \times 2882,1915 \\ &= 2593,9724 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Ditentukan : Waktu tinggal = 1 jam

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 2593,97236 \times 1 \\ &= 2593,97236 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{2593,9724}{0,85} \\ &= 3051,7322 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

Tinggi (H) = 1 L
Panjang (P) = 2 L

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 3051,7322 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 1525,8661 &= L^3 \\ L &= 11,5126 \text{ m} \\ H &= 11,5126 \text{ m} \\ P &= 23,0251 \text{ m} \end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 23,0251 \times 11,5126 \times 11,5126 \\ &= 3051,7322 \text{ m}^3 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Volume Bak > Volume liquida (Memenuhi)

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier.
Kapasitas : 3051,7322 m^3



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuka

Dimensi

Panjang (P) : 23,0251 m
 Lebar (L) : 11,5126 m
 Tinggi (H) : 11,5126 m
 Bahan Konstruksi : Beton
 Jumlah : 1 Buah

7. Sand Filter

Fungsi : Menyaring kotoran atau padatan yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring.

Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan bawah dished

Waktu tinggal = 15 menit = 0,25 jam

Rate Volumetrik, (Q_6) = 2593,9724 m³/jam

Asumsi : Jumlah flok 1% dari debit yang masuk

Jumlah flok = 0,01 x 2593,9724
 = 25,9397 m³/jam

Volume air bersih = 2593,9724 - 25,9397
 = 2568,0326 m³/jam

Volume air yang ditampung = 2568,0326 x 0,2500
 = 642,0082 m³
 = 2826,6977 gpm

Rate filtrasi = 12 gpm/ft² (Perry 6^{ed}, page 19-85)

Luas penampang bed = $\frac{Q}{\text{Rate filtrasi}}$
 = $\frac{2826,6977}{12}$
 = 235,5581432 ft²
 Diameter = $\sqrt{(4 \times A / \pi)}$
 = 17,3226 m

Tinggi lapisan dalam kolom, ditentukan :

Lapisan Gravel = 0,3 m (Sugiharto ; 121)
 Lapisan Pasir = 0,7 m (Sugiharto ; 121)
 Lapisan antrasit = 0,5 m
 Tinggi Air = 2 m (Sugiharto ; 121)
 Tinggi Lapisan = 3,5 m



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan akibat back wash} &= 0,25 \text{ dari tinggi pasir dan lapisan antrasit} \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bagian atas untuk pipa} &= \text{tinggi bagian bawah untuk pip} = 0,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi total lapisan} &= \text{tinggi total lapisan dalam kolom} + \text{kenaikan akibat back} \\ &\quad \text{wash} + \text{tinggi bagian atas untuk pipa} + \text{tinggi bagian} \\ &\quad \text{bawah untuk pipa} \\ &= 3,5 + 0,3 + 0,3 + 0,3 \\ &= 4,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Sand Filter :

Fungsi	: Menyaring padatan yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring
Bentuk	: Silinder dengan tutup atas dan bawah dished
Kapasitas	: 642,0082 m ³
Jumlah	: 2 Buah
Dimensi	
Luas bed	: 235,5581 ft ²
Diameter	: 17,32265 m
Tinggi lapisan	: 3,5 m
Tinggi silinder	: 4,4 m
Tinggi backwash	: 0,3 m
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel SA - 283 grade P

8. Bak Penampung Air Bersih dari Sand Filter

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter.
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi air bersih 99% Q₆

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik, } (Q_7) &= 0,99 \times 2593,9724 \\ &= 2568,0326 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Ditentukan : Waktu tinggal} = 1 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume ai} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 2568,0326 \times 1 \\ &= 2568,0326 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{2568,0326}{0,85}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 3021,2149 \text{ m}^3$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 3021,2149 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 1510,6074 &= L^3 \\ L &= 11,4741 \text{ m} \\ H &= 11,4741 \text{ m} \\ P &= 22,9481 \text{ m} \end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 22,9481 \times 11,4741 \times 11,4741 \\ &= 3021,2149 \text{ m}^3 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Volume Bak > Volume Liquida (Memenuhi)

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter.

Kapasitas : 3021,2149 m³

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Dimensi

Panjang (P) : 22,9481 m

Lebar (L) : 11,4741 m

Tinggi (H) : 11,4741 m

Bahan Konstruksi : Beton

Jumlah : 1 Buah

9. Bak Penampung Air Bersih untuk Sanitasi

Fungsi : Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan (chlorin)

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= 44,2500 \text{ m}^3/\text{hari} = 44250,0000 \text{ L/hari} \\ &= 1,8438 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal} &= 1 \text{ hari} \\ &= 24 \text{ jam} \end{aligned}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1,8438 \times 24 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 44,25 \text{ m}^3$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{44,25}{0,85} \\ &= 52,0588 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 52,0588 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 26,0294 &= L^3 \\ L &= 2,9636 \text{ m} \\ H &= 2,9636 \text{ m} \\ P &= 5,9272 \text{ m} \end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 5,9272 \times 2,9636 \times 2,9636 \\ &= 52,0588 \text{ m}^3 \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Volume Bak > Volume Liquida (**Memenuhi**)

Untuk membunuh kuman digunakan desinfektan jenis *chlorine* dengan kebutuhan *chlorine* sebesar = 200 mg/L **(Wesley : Page 96)**

Jumlah *chlorine* yang harus ditambahkan = 200 mg/L, maka per tahun perlu ditambahkan *chlorine* sebanyak :

$$\begin{aligned} &= 200 \text{ mg/L} \times 44250 \text{ L/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= 292050000 \text{ mg/tahun} \\ &= 2920,5 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih untuk Sanitasi :

Fungsi : Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan (chlorin).

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Waktu tinggal : 1 hari = 24 jam

Kapasitas : 52,0588 m³

Dimensi

Panjang (P) : 5,9272 m

Lebar (L) : 2,9636 m

Tinggi (H) : 2,9636 m

Bahan Konstruksi : Beton

Jumlah : 1 Unit



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

10. Kation Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca^{2+} . Kandungan CaCO_3 dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Krik Othmer, Vol.11 : 887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler.

$$\begin{aligned}\text{Kandungan } \text{CaCO}_3 &= 5 \text{ grain/gal} = 0,3240 \text{ gram/gal} \\ &= (1 \text{ grain} = 0.0648 \text{ gram})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air yang diproses} &= 115,7414 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 30578,8737 \text{ gallon/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah } \text{CaCO}_3 \text{ dalam air} &= 0,324 \text{ gram/gal} \times 30578,8737 \text{ gallon/hari} \\ &= 9907,555092 \text{ gram/hari}\end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

$$\text{Dowex dengan } \text{exchanger capacity} = 1,8 \text{ ek/L resin [Perry 6}^{\text{ed}} \text{ ; T.16-4]} \\ (\text{Dowex - Marathon C resin specification})$$

H-Dowex diharapkan mampu menukar semua ion Ca^{2+} .

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{Gram}}{\text{Berat ekuivalen}} \quad (\text{Underwood : 55})$$

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{jumlah elektron}} \quad (\text{Underwood : 51})$$

Untuk CaCO_3 , 1 mol Ca melepas 2 elektron : Ca^{2+} , sehingga elektron = 2

$$\text{BM } \text{CaCO}_3 = 100 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{Elektron}} = \frac{100}{2} = 50$$

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{9907,5551}{50} = 198,1511 \text{ ek}$$

$$\begin{aligned}\text{Resin yang diperlukan} &= \frac{198,1511 \text{ ek}}{1,8 \text{ ek/L resin}} \\ &= 110,08395 \text{ L resin/hari}\end{aligned}$$

Karena regenerasi dilakukan seti 3 bulan sekali, maka :

$$3 \text{ bulan} = 90 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan resin setiap 3 bulan} &= 110,0839 \text{ L resin/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 9907,5551 \text{ L resin}\end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 9,9076 \text{ m}^3$$

Cara Kerja

Air dilewatkan pada kation exchanger yang berisi resin positif sehingga ion positif tertukar dengan resin positif.

Asumsi :

$$H = 2 D$$

$$\text{Volume resin} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$9,9076 = 0,785 \times D^2 \times 2D$$

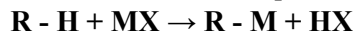
$$9,9076 = 1,57 D^3$$

$$D = 1,8479 \text{ m}$$

$$H = 3,6959 \text{ m}$$

Regenerasi Dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan HCl 33% (*Condensate Polishing Plant PJB II - Paiton, Standart Procedure Operation*)



Dimana :

R = Resin Dowex

R - H = Resin Dowex mengikat kation.

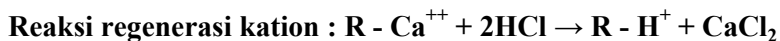
MX = Mineral yang terkandung dalam air.

Contoh mineral (MX) : CaSO₄, CaO₃, MgCO₃, dll.

R - M = Resin dalam kondisi mengikat kation.

HX = Asam mineral yang terbentuk setelah air melewati resin kation.

Contoh asam mineral (HX) : HCl, H₂SO₄, H₂CO₃, dll.



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

$$\text{Volume resin yang diregenerasi} = 9907,5551 \text{ L Resin (3 bulan)}$$

$$\text{Densitas Resin} = 1,2 \text{ kg/L}$$

$$\text{Massa Resin} = \text{Volume} \times \text{Densitas}$$

$$= 9907,5551 \times 1,2$$

$$= 11889,0661 \text{ kg}$$

$$\text{Volume resin yang di regenerasi} = 9907,5551 \text{ L Resin}$$

$$\text{Ekivalen Total Ca}^{2+} = \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin}$$

$$= 9907,5551 \times 1,8$$

$$= 17833,5992 \text{ ek}$$

$$\text{Mol Total Ca}^{2+} = \frac{\text{Ekivalen Total Ca}^{2+}}{\dots}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} & \text{Ekivalen Ca}^{2+} \\ & = \frac{17833,5992}{2} \text{ ek} \\ & = 8916,7996 \text{ ek/mol} \\ & = 8916,7996 \text{ mol} \end{aligned}$$

1 mol Ca^{2+} ditukar atau exchange dengan 2 mol HCl
 Maka kebutuhan HCl = $2 \times 8916,7996$ (Dalam mol)
 = 17833,5992 mol

Kebutuhan HCl = Mol HCl x BM HCl
 = 17833,5992 x 36,5
 = 650926,3696 gram
 = 650,9264 kg

Maka kebutuhan HCl 33% = $\frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa H}_2\text{O}}$
 $0,33 = \frac{650,9264}{\text{Massa Total}}$
 Massa Total = 1972,5042 kg

dengan ρ HCl = 1,268 kg/L (Perry 7^{ed}; T.2-57)
 Jadi ρ campuran = % HCl x ρ HCl + % H₂O x ρ H₂O
 = 0,33 x 1,268 + 0,67 x 1
 = 1,0884 gr/ml
 = 1,0884 kg/L

Volume Larutan = $\frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}}$
 = $\frac{1972,5042}{1,0884}$
 = 1812,2305 L

Volume tangki HCl = 1,2 x 1812,2305
 = 2174,6766 L
 = 2,1747 m³

Asumsi :

H = 2 D

Volume tangki = $\frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$
 $2,1747 = 0,785 \times D^2 \times 2D$
 $2,1747 = 1,57 D^3$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} D &= 1,1147 \text{ m} \\ H &= 2,2294 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Kation Exchanger :

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca^{2+} Kandungan CaCO_3 dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer, Vol.11:887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler.

Bentuk : Silinder tegak

Kapasitas resin : 9,907555092 m^3 /3bulan

Jumlah : 1 Buah

Waktu regenerasi resin : 3 Bulan

Dimensi resin

Tinggi : 3,6959 m

Diameter : 1,8479 m

Dimensi tangki HCl

Tinggi : 2,2294 m

Diameter : 1,1147 m

Bahan konstruksi : Stainless Steel type 316

11. Anion Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO_3^{2-} . Kandungan CaCO_3 dari 11:887). Kandungan in ipengolahan air sekitar 5 grain/gallon(Kirk Othmer, Vol. sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk butiran, agar sesuai dengan syarat air boiler.

$$\begin{aligned} \text{Kandungan } \text{CaCO}_3 &= 5 \text{ grain/gal} = 0,324 \text{ gram/gal} \\ &= (1 \text{ grain} = 0.0648 \text{ gram}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang diproses} &= 115,7414 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 30578,8737 \text{ gallon/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \text{CaCO}_3 \text{ dalam air} &= 0,324 \text{ gram/gal} \times 30578,8737 \text{ gallon/hari} \\ &= 9907,5551 \text{ gram/hari} \end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

Dowex dengan *exchanger capacity* = 2 ek/L resin [Perry 6^{ed} ; T.16-4]
 (Dowex - Marathon C resin specification)

OH - Dowex diharapkan mampu menukar semua ion CO_3^{2-} .

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{Gram}}{\text{---}} \quad (\text{Underwood : 55})$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{Berat ekuivalen}}{\text{jumlah elektron}} \quad (\text{Underwood : 51})$$

Untuk CaCO_3 , 1 mol CO_3 melepas 2 elektron : CO_3^{2-} , sehingga elektron = 2
 BM CaCO_3 = 100 gr/mol

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{Elektron}} = \frac{100}{2} = 50$$

$$\begin{aligned} \text{ek (ekuivalen)} &= \frac{9907,5551}{50} = 198,1511 \text{ ek} \\ \text{Resin yang diperlukan} &= \frac{198,1511 \text{ ek}}{2 \text{ ek/L resin}} \\ &= 99,0756 \text{ L resin/hari} \end{aligned}$$

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka :
 3 bulan = 90 hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan resin setiap 3 bul:} &= 99 \text{ L resin/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 8916,7996 \text{ L resin} \\ &= 8,9168 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cara Kerja

Air dilewatkan pada anion exchanger yang berisi resin negatif sehingga ion negatif tertukar dengan resin negatif.

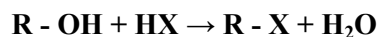
Asumsi :

$$H = 2 D$$

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 8,9168 &= 0,785 \times D^2 \times 2D \\ 8,9168 &= 1,57 D^3 \\ D &= 1,7842 \text{ m} \\ H &= 3,5683 \text{ m} \end{aligned}$$

Regenerasi Dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan NaOH 40% (SPO Paiton)



Dimana :

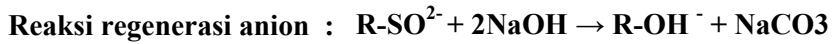
$$\text{R} = \text{Resin Dowex}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

R - OH = Resin Dowex mengikat anion.

R - X = Resin dalam kondisi mengikat anion.



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

$$\begin{aligned} \text{Volume resin yang diregenerasi} &= 8916,7996 \text{ L Resin (3 bulan)} \\ \text{Densitas Resin} &= 1,06 \text{ kg/L} \\ \text{Massa Resin} &= \text{Volume} \times \text{Densitas} \\ &= 8916,7996 \times 1,06 \\ &= 9451,8076 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume resin yang di regenerasi} &= 8916,7996 \text{ L Resin} \\ \text{Ekivalen Total Ca}^{2+} &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\ &= 8916,7996 \times 2 \\ &= 17833,5992 \text{ ek} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Total Ca}^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen Total Ca}^{2+}}{\text{Ekivalen Ca}^{2+}} \\ &= \frac{17833,5992 \text{ ek}}{2 \text{ ek/mol}} \\ &= 8916,7996 \text{ mol} \end{aligned}$$

1 mol Ca^{2+} ditukar atau exchange dengan 2 mol NaOH
 Maka kebutuhan NaOH = $2 \times 8916,7996$
 (Dalam mol) = 17833,5992 mol

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan NaOH} &= \text{Mol NaOH} \times \text{BM NaOH} \\ \text{(Dalam kg)} &= 17833,5992 \times 40 \\ &= 713343,9667 \text{ gram} \\ &= 713,3440 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan NaOH 40\%} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa H}_2\text{O}} \\ 0,4 &= \frac{713,3440}{\text{Massa Total}} \\ \text{Massa Total} &= 1783,3599 \text{ kg} \end{aligned}$$

dengan ρ NaOH = 1,327 gr/ml

$$\text{Jadi } \rho \text{ campuran} = \% \text{ NaOH} \times \rho \text{ NaOH} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

$$\begin{aligned} &= 0,4 \times 1,327 + 0,6 \times 1 \\ &= 1,1308 \text{ gr/ml} \\ &= 1,1308 \text{ kg/L} \\ \text{Volume Larutan} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}} \\ &= \frac{1783,3599}{1,1308} \\ &= 1577,0781 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki NaOH} &= 1,2 \times 1577,0781 \\ &= 1892,4937 \text{ L} \\ &= 1,8925 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$H = 2 D$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 1,8925 &= 0,785 \times D^2 \times 2D \\ 1,8925 &= 1,57 D^3 \\ D &= 1,0643 \text{ m} \\ H &= 2,1285 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Anion Exchanger :

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO_3^{2-} . Kandungan CaCO_3 dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer, Vol.11:887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler.

Bentuk : Silinder tegak

Kapasitas resin : 8,9168 $\text{m}^3/3\text{bulan}$

Jumlah : 1 Buah

Waktu regenerasi resi : 3 Bulan

Dimensi resin

Tinggi : 3,5683 m

Diameter : 1,7842 m

Dimensi tangki NaOH

Tinggi : 2,1285 m

Diameter : 1,0643 m

Bahan konstruksi : Stainless Steel type 316

12. Bak Penampung Air Demineralisasi



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan
dijadikan sebagai air umpan boiler.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik} &= 115,7414 \text{ m}^3/\text{hari} &= 115741,3843 \text{ L/hari} \\ &= 4,8226 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 4,8226 \times 12 \\ &= 57,8707 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{57,8707}{0,85} \\ &= 68,0832 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \text{ L}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 68,0832 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 34,0416 &= L^3 \\ L &= 3,2409 \text{ m} \\ H &= 3,2409 \text{ m} \\ P &= 6,4819 \text{ m}\end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 6,4819 \times 3,2409 \times 3,2409 \\ &= 68,0832 \text{ m}^3 \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Volume Bak > Volume Liquida (**Memenuhi**)

Spesifikasi Bak Penampung Air Demineralisasi :

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan
digunakan dijadikan sebagai air umpan boiler.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Waktu tinggal : 12 jam

Kapasitas : 68,0832 m³

Dimensi

Panjang (P) : 6,4819 m



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Lebar (L) : 3,2409 m
 Tinggi (H) : 3,2409 m
 Bahan Konstruksi : Beton
 Jumlah : 1 Buah

13. Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan sebagai air proses.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \text{##### m}^3/\text{hari} = \text{##### L/hari} \\ &= \text{##### m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 2640,7610 \times 12 \\ &= 31689,1319 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{31689,1319}{0,85} \\ &= 37281,3317 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 37281,3317 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 18640,6658 &= L^3 \\ L &= 26,5147 \text{ m} \\ H &= 26,5147 \text{ m} \\ P &= 53,0295 \text{ m} \end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 53,0295 \times 26,5147 \times 26,5147 \\ &= \text{##### m}^3 \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Volume Bak > Volume Liquida (**Memenuhi**)

Spesifikasi Bak Penampung Air Proses :

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

akan digunakan sebagai air proses.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.
 Waktu tinggal : 12 jam
 Kapasitas : ##### m³
Dimensi
 Panjang (P) : 53,0295 m
 Lebar (L) : 26,5147 m
 Tinggi (H) : 26,5147 m
 Bahan Konstruksi : Beton
 Jumlah : 1 Buah

14. Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi : Menampung air pendingin dari cooling tower untuk pendingin.
 Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= 504,9091 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 21,0379 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 1 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 21,0379 \times 1 \\ &= 21,0379 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 80% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{21,0379}{0,8} \\ &= 26,2973 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 26,2973 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 13,1487 &= L^3 \\ L &= 2,3603 \text{ m} \\ H &= 2,3603 \text{ m} \\ P &= 4,7205 \text{ m} \end{aligned}$$

Check volume

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 4,7205 \times 2,3603 \times 2,3603 \\ &= 26,2973 \text{ m}^3 \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$



Volume Bak > Volume Liquida (**Memenuhi**)

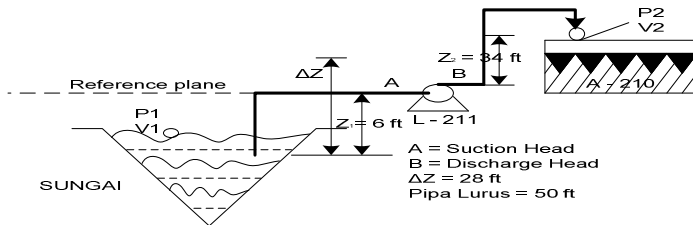
Spesifikasi Bak Penampung Air Pendingin :

- Fungsi : Menampung air pendingin dari cooling tower untuk pendingin.
 Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari Beton.
 Waktu tinggal : 1 jam
 Kapasitas : 26,2973 m³
Dimensi
 Panjang (P) : 4,7205 m
 Lebar (L) : 2,3603 m
 Tinggi (H) : 2,3603 m
 Bahan Konstruksi : Beton
 Jumlah : 1 Buah

VII.3.2 Perhitungan Pompa

1. Pompa Air Sungai

- Fungsi : Mangalirkan air dari sungai ke bak penampung air sungai.
 Type : Centrifugal Pump
 Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

ρ Air = 62,43 lb/cuft = 1,0001 g/ml
 Densitas air suhu 30 °C = 86 °F = 995,2944 kg/m³
(Badger ; App.9 : 733)
 Bahan masuk = 3202,1582 m³/jam x 995,2944 kg/m³
 = 3187090,2959 kg/jam
 = 1445641,5600 lb/jam

Densitas air 30 °C = 86 °F **(Badger; App 9, hal 733)**

86	-	85	=	x	-	62,14	
90	-	85	=	62,12	-	62,14	
1	=	x	-	62,14			
5				-0,02			



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned}
 -0,02 &= 5 \times - 310,7 \\
 x &= 62,1360 \quad \text{lb/cuft} \\
 x &= 995,2944 \quad \text{kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{1445641,5600 \quad \text{lb/jam}}{62,43 \quad \text{lb/cuft}} \\
 &= 4631,2400 \quad \text{cuft/jam} \quad 6 \text{ unit pump} \\
 &= 77,1873 \quad \text{cuft/menit} \\
 &= 577,3998 \quad \text{gpm} \\
 &= 1,2865 \quad \text{cuft/detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\
 &= \frac{62,43}{62,43} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \quad \text{Cp} \\
 &= 0,000638 \quad \text{lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad \text{[Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496]}$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 1,2865^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\
 &= 7,4764 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1.5 in, sch 40 (McCabe, 7ed, app 3 :1090)

OD = 1,9 in

ID = 1,6700 in = 0,1392 ft = 0,042418 m

$$\begin{aligned}
 A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2\right) \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 0,1392^2
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 0,0152 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v2)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{1,2865}{0,0152} \\ &= 84,6164 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,1392 \times 84,6164 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 1151621,458 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dipilih pipa commercial steel, } \epsilon &= 0,000046 \text{ m} \\ \epsilon/D &= 0,001084445 \\ f &= 0,003 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3}) \\ g_c &= 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf} \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(Peters & Timmerhause, Page 484-485)

$$\begin{aligned} \text{Panjang ekuivalen suction, Le} &\quad (\text{ Peters 4}^{\text{ed}}, \text{ Tabel - 1}) \\ \text{ID pipa} &= 0,1392 \text{ ft} \end{aligned}$$

	Taksiran panjang pipa lurus	=	50	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,1392	=	13,3600	ft
1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,1392	=	41,7500	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,1392	=	0,9742	ft
Panjang Total Pipa		=	106,0842	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{g_c \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{ Pers. 2.10-6}) \\ &= \frac{2 \times 0,003 \times 84,6164^2 \times 106,0842}{32,1740} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= \frac{32,1740 \times 0,1392}{4,4775}$$

$$= 1017,8198 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$$k = 0,4 \quad ; \quad A \text{ tangki} \gg \gg A \text{ pipa} \quad [\text{Peters 4}^{\text{ed}} ; \text{Page 484}]$$

$$\alpha = 1 \quad ; \quad \text{untuk aliran turbulen} \quad [\text{Peters 4}^{\text{ed}} ; \text{Page 484}]$$

$$= \frac{0,4 \times 84,6164^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 44,5076 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; \quad (A_1 \ll \ll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0)$$

$$= \frac{84,6164^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= \frac{7159,9396}{64,3480}$$

$$= 111,2690 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,75 \times \text{#####}}{2}$$

$$= 2684,9773 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{6 \times \text{#####}}{2}$$

$$= 21479,8187 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,17 \times 7160}{2}$$

$$= 608,5949 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$= \text{#####} + 44,5076 + 111,2690 + \text{#####} + \text{#####} + 608,5949$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 25946,9873 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned} P_1 &= P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer} \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 15,2152 \text{ m} = 49,9187 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \\ &= 62,43 \times 49,9187 \\ &= 3116,4264 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\ \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 2116,8 - 3116,4264 \\ &= -999,6264 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{-999,6264 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= -16,011956 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi} : Z_1 &= 2 \text{ ft} \\ Z_2 &= 15,8252 \text{ m} = 51,92004 \text{ ft} \\ g/gc &= 1 \text{ lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \\ g_c, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lbf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times g_c} &= \frac{84,6164}{2 \times 1 \times 32,174} \\ &= 111,2690 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{g_c} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{g_c} \\ &= (51,9200 - 2) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\ &= 49,9200 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= -16,0120 + 49,9200 + 111,2690 + 25946,9873 \\
 &= 26092,1644 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 577,3998 gpm

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\
 &= \frac{26092,1644 \times 577,3998 \times 1}{3960}
 \end{aligned}$$

$$= 3804,4474 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 577,3998 gpm

Viskositas (μ) = 0,95 Cp = 0,95 Cs

Effisiensi Pompa = 0,4 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 37 Page 520)

$$\begin{aligned}
 B_{hp} &= \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}} \\
 &= \frac{\text{#####}}{0,4} \\
 &= \text{##### Hp}
 \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 38 Page 521)

$$\begin{aligned}
 \text{Power motor} &= \frac{B_{hp}}{\eta \text{ motor}} \\
 &= \frac{\text{#####}}{0,8} \\
 &= \text{##### Hp}
 \end{aligned}$$

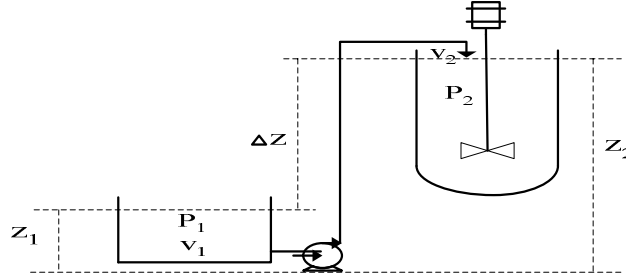
Spesifikasi Pompa Air Sungai :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari sungai ke bak penampung air sungai.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	4631,2400 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	84,6164 ft/detik
Total Dynamic Head	:	26092,1644 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8 = 91%
Effisiensi Pompa	:	0,4 = 90%
Power Motor	:	11888,8981 Hp
BHp	:	9511,1185 Hp
Jumlah	:	6 Buah



2. Pompa Tangki Koagulasi

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi.
 Type : Centrifugal Pump
 Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 2881,942396 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2868381,266 \text{ kg/jam} \\ &= 6323633,34 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (} q_f \text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{6323633,34 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 20258,316 \text{ cuft/jam} \quad 5 \text{ unit pompa} \\ &= 337,6386 \text{ cuft/menit} \\ &= 2647,424263 \text{ gpm} \\ &= 5,62731 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,43}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

$$\begin{aligned} \text{Dari Kern Table 6 ; Page - 808} &\text{ didapat } \text{sg reference} = 1 \\ \text{Dari Kern figure 14 ; Page 823} &\text{ didapat } \mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 0,95 \text{ Cp}$$

$$= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15) Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad \text{[Peters, 4^{ed}, pers.15 : 496]}$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\text{Diameter pipa optimum, } D_i = 3,9 \times 5,6273^{0.45} \times 62,43^{0.13}$$

$$= 14,5245 \text{ in}$$

Dipilih pipa 3 in, sch 40 (Mc.Cabe, 7ed, App 3 : 1090)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 3,0680 \text{ in} = 0,2557 \text{ ft} = 0,0779 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2\right)$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,2557^2$$

$$= 0,0513 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v2)} = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{5,6273}{0,0513}$$

$$= 109,6688 \text{ ft/detik}$$

$$NRe = \frac{D \times v \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,2557 \times 109,6688 \times 62,43}{0,0006383715}$$

$$= \text{#####} > 2100 \quad \text{(Asumsi turbulen benar)}$$

(Geankoplis 3^{ed}; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0005903$$

$$f = 0,003 \quad \text{(Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3)}$$

$$g_c = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Perhitungan friksi berdasarkan **Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484**

Sambungan / Fitting	Lc/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(Peters & Timmerhause, Page 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

ID pipa = 0,2557 ft

Taksiran panjang pipa lurus = 30 ft

3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,2557 = 24,544 ft

1 Globe Valve = 1 x 300 x 0,2557 = 76,7000 ft

1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,2557 = 1,7897 ft

Panjang Total Pipa = 133,0337 ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,003 \times 109,6688^2 \times 133,0337}{32,174 \times 0,2557}$$

$$= \frac{9600,1660}{8,2258}$$

$$= 1167,0772 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

k = 0,4 ; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed}; Page 484]

α = 1 ; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed}; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 109,6688^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 74,76371 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} ; (A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

$$= \frac{109,6688^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= \frac{12027,2387}{64,348}$$

$$= 186,9093 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,75 \times 12027}{2}$$

$$= 4510,2145 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{6 \times 12027}{2}$$

$$= 36081,7161 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,17 \times 12027}{2}$$

$$= 1022,3153 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$= ##### + 74,7637 + 186,9093 + ##### + ##### + #####$$

$$= 43042,9961 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer}$$

Tinggi bahan, H = 15,2152 m = 49,91204 ft

ρ bahan = 62,43 lb/cuft = 1,0001 gr/ml

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times g/gc$$

$$= 62,43 \times 49,9120 \times 1$$

$$= 3116,0085 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 2116,8 - 3116,0085$$

$$= -999,2085 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{-999,2085 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}}$$

$$= -16,0053 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Asumsi : $Z_1 = 44,6911 \text{ ft}$
 $Z_2 = 15,5961 \text{ m} = 51,1613 \text{ ft}$
 $g/gc = 1 \text{ lbf/lbm}$
 $g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,174 \text{ ft/dt}^2$
 $gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbf/lbm}$
 $\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{109,6688}{2 \times 1 \times 32,174}$
 $= 186,9093 \text{ ft.lbf/lbm}$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (51,16129 - 44,69114) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= 6,470 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

$$= -16,0053 + 6,470157574 + 186,9093 + 43042,9961$$

$$= 43220,3703 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1
 Rate volumetrik = 2647,4243 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{43220,3703 \times 2647,4243 \times 1}{3960}$$

$$= 28894,6103 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 2647,4243 gpm
 Viskositas (μ) = 0,000638 Cp = 0,000638 Cs
 Effisiensi Pompa = 0,59 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta_{pompa}}$$

$$= \frac{\text{#####}}{0,59}$$

$$= 48973,92 \text{ Hp}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)

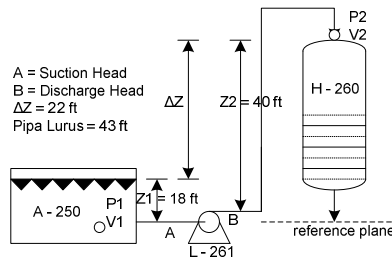
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{48973,92}{0,8} \\ &= 61217,39 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Tangki Koagulasi :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	20258,3160 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	109,6688 ft/detik
Total Dynamic Head	:	43220,3703 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8
Effisiensi Pompa	:	0,59
Power Motor	:	61217,3948 Hp
BHp	:	48973,9158 Hp
Jumlah	:	5 Buah

3. Pompa Sand Filter

Fungsi	=	Mengalirkan bahan dari bak penampung air bersih ke sand filter
Type	=	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	=	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml} \\ \text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} &= 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &\quad \text{(Badger ; App.9 : 733)} \\ \text{Bahan masuk} &= 2.593,9724 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 2.581.766,2839 \text{ kg/jam}$$

$$= 5.692.794,6559 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik } (q_f) = \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}}$$

$$= \frac{5.692.794,6559 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 91.186,8438 \text{ cuft/jam}$$

$$= 1519,7807 \text{ cuft/menit}$$

$$= 11.369,4796 \text{ gpm}$$

$$= 25,3297 \text{ cuft/detik}$$

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}}$$

$$= \frac{62,430}{62,43} = 1,0000$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1,000}{1} \times 0,95$$

$$= 0,95 \text{ Cp}$$

$$= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{ pers.15 : 496}]$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\text{Diameter pipa optimum, } D_i = 3,9 \times 25,3297^{0.45} \times 62,4300^{0.13}$$

$$= 28,5824 \text{ in}$$

Dipilih pipa 12 in, sch 20 (**Brownell & Young, Page 389**)

$$\text{OD} = 12,7500 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 12,2500 \text{ in} = 1,0208 \text{ ft} = 0,3112 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2\right)$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,0208^2$$

$$= 0,8180 \text{ ft}^2$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v2)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{25,3297}{0,8180} \\ &= 30,9635 \quad \text{ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{1,0208 \times 30,9635 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 3.091.185 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ & \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \epsilon/D &= 0,0001 \\ f &= 0,0030 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3}) \\ g_c &= 32,1740 \quad \text{ft.lbm/detik}^2.\text{lbf} \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	
Globe valve open	300	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)
 ID pipa = 1,0208 ft

		Taksiran panjang pipa lurus	=	25	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 1,0208	=	98,0000	ft	
1 Globe Valve	= 1 x 300 x 1,0208	=	306,2500	ft	
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 1,0208	=	7,1458	ft	
Panjang Total Pipa			=	436,3958	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{g_c \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6}) \\ &= \frac{2 \times 0,0030 \times 30,9635^2 \times 436,3958}{32,1740 \times 1,0208} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= \frac{2510,3399}{32,8443}$$

$$= 76,4315 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$$k = 0,4 \quad ; \text{ A tangki } \gg \gg \text{ A pipa} \quad [\text{Peters 4}^{\text{ed}} ; \text{Page 484}]$$

$$\alpha = 1,0 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \quad [\text{Peters 4}^{\text{ed}} ; \text{Page 484}]$$

$$= \frac{0,4 \times 30,9635^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= 5,9597 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 \ll \ll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

$$= \frac{30,9635^2 - 0}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= \frac{958,7396}{64,3480}$$

$$= 14,8993 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,75 \times #####}{2} = 359,5274 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{6 \times #####}{2} = 2876,2189 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,17 \times #####}{2} = 81,4929 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 76,4315 + 5,9597 + 14,8993 + 359,5274 + 2876,2189 + 81,4929$$

$$= 3414,5297 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 11,5126 \text{ m} = 37,7709 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times \frac{g}{gc}$$

$$= 62,4300 \times 37,7709 \times 1$$

$$= 2.358,0365 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 2.116,8000 - 2.358,0365$$

$$= -241,2365 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{-241,2365 \text{ lbf/ft}^2}{62,4300 \text{ lb/cuft}}$$

$$= -3,8641 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

Asumsi :

$$Z_1 = 9,7857 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 5,0100 \text{ m} = 16,4370 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1 \text{ lbf/lb}_m$$

g, percepatan gravitasi bumi = 32,1740 ft/dt²

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,1740 ft/dt² x lbm/lbf

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{30,9635}{2 \times 1 \times 32,1740}$$

$$= 14,8993 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (16,4370 - 9,7857) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= 6,6513 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

Persamaan Bernoulli

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

$$= -3,8641 + 6,6513 + 14,8993 + 3414,5297$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 3432,2162 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1,0000

Rate volumetrik = 11.369,4796 gpm

$$H_p = \frac{- W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{3432,2162 \times 11369,4796 \times 1,0000}{3960}$$

$$= 9854,1697 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 11.369,4796 gpm

Viskositas (μ) = 1,0000 Cp = 1,0000 Cs

Effisiensi Pompa = 75% (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta_{pompa}}$$

$$= \frac{9854,170}{75\%}$$

$$= 13138,89 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\eta_{motor}}$$

$$= \frac{13138,89}{80\%}$$

$$= 16423,62 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Sand Filter :

Fungsi : Mengalirkan bahan dari bak penampung air bersih ke sand filter.

Type : Centrifugal Pump

Bahan : Commercial Steel

Rate Volumetrik : 91.187 cuft/jam

Kecepatan Aliran : 30,9635 ft/detik

Total Dynamic Head : 3432,2162 ft.lbf/lbm

Effisiensi Motor : 80%

Effisiensi Pompa : 75%

Power Motor : 16424 Hp

BHp : 13139 Hp

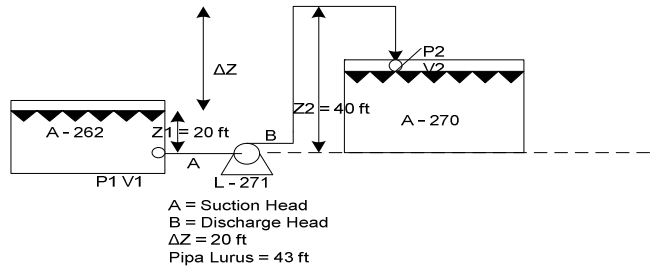
Jumlah : 3 Buah



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

4. Pompa Bak Penampung Air Sanitasi

- Fungsi : Mengalirkan bahan dari bak penampung air jernih ke bak penampung air sanitasi
 Type : Centrifugal Pump
 Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 1,84375 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1835,0741 \text{ kg/jam} \\ &= 4045,6411 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (} q_f \text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{4045,6411 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 64,8028 \text{ cuft/jam} \quad 1 \text{ unit pompa} \\ &= 1,0800 \text{ cuft/menit} \\ &= 8,07931537 \text{ gpm} \\ &= 0,018000788 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,43}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg reference = 1
 Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ reference = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 0,000638 \text{ lb/ft.detik}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496}]$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,018001^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 1,0948 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1.5 in, sch 40 (**Mc.Cabe**)

$$\text{OD} = 1,9 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 1,61 \text{ in} = 0,1342 \text{ ft} = 0,0409 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right)$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,134166667^2$$

$$= 0,0141 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v2)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,0180}{0,0141} \\ &= 1,2739 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,1342 \times 1,2739 \times 62,43}{0,000638372} \\ &= 16714,6421 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{ed}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,001124859$$

$$f = 0,0053 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$g_c = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Perhitungan friksi berdasarkan **Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484**

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(Peters &
 Timmerhause, Page
 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)
 ID pipa = 0,134166667 ft

Taksiran panjang pipa lurus		=	40	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,1342	=	12,8800	ft
1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,1342	=	40,2500	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,1342	=	0,9392	ft
Panjang Total Pipa		=	94,0692	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0053 \times 1,2739^2 \times 94,0692}{32,174 \times 0,1342}$$

$$= \frac{1,6181}{4,3167}$$

$$= 0,3749 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

k = 0,4 ; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed}; Page 484]
 α = 1 ; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed}; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 1,2739^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0101 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} ; (A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

$$= \frac{1,2739^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= \frac{1,6228}{64,348}$$

$$= 0,0252 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,75 \times 1,623}{2}$$

$$= 0,6086 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{6 \times 1,623}{2}$$

$$= 4,8684 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,17 \times 1,623}{2}$$

$$= 0,1379 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$= 0,3749 + 0,0101 + 0,0252 + 0,6086 + 4,8684 + 0,1379$$

$$= 6,0251 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 11,4741 \text{ m} = 37,6446 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times \text{g/gc}$$

$$= 62,43 \times 37,6446 \times 1$$

$$= 2350,1501 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 2116,8 - 2350,1501$$

$$= -233,3501 \text{ lb/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{-233,3501 \text{ lb/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}}$$

$$= -3,7378 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Asumsi : $Z_1 = 31,9979 \text{ ft}$
 $Z_2 = 3,5736 \text{ m} = 11,72445 \text{ ft}$
 $g/gc = 1 \text{ lbf/lbm}$

$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,174 \text{ ft/dt}^2$
 $gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf}$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,2739^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0252 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (11,7245 - 31,99788) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= -20,2734 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

$$= -3,7378 + -20,2734 + 0,0252 + 6,0251$$

$$= -17,9609 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 8,0793 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{17,9609 \times 8,0793 \times 1}{3960}$$

$$= 0,0366 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 8,0793 gpm

Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs

Effisiensi Pompa = 0,45 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{0,0366}{0,45}$$

$$= 0,081432 \text{ Hp}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 38 Page 521)

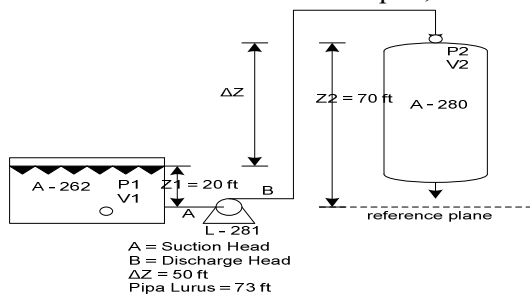
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{Bhp}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,081432}{0,8} \\ &= 0,10179 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Sanitasi :

Fungsi	:	Mengalirkan bahan dari bak penampung air jernih ke bak penampung air sanitasi.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	64,8028 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,2739 ft/detik
Total Dynamic Head	:	-17,9609 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8
Effisiensi Pompa	:	0,45
Power Motor	:	0,1018 Hp
BHp	:	0,08143 Hp
Jumlah	:	1 Buah

5. Pompa Kation Exchanger

Fungsi	:	Mengalirkan bahan dari bak penampung air jernih ke tangki kation exchanger.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml} \\ \text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} &= 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 4,8226 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 4799,8649 \text{ kg/jam} \\ &= 10581,8781 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{10581,878}{62,430} \text{ lb/jam} \\
 &= 169,4998898 \text{ cuft/jam} \quad 1 \text{ unit pompa} \\
 &= 2,824998164 \text{ cuft/menit} \\
 &= 21,13245526 \text{ gpm} \\
 &= 0,047083303 \text{ cuft/detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\
 &= \frac{62,43}{62,43} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \text{ Cp} \\
 &= 0,000638 \text{ lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad \text{[Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496]}$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,047083^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\
 &= 1,687546911 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa 2 in, sch 40 (**Mc.Cabe**)

OD = 2,375 in

ID = 2,067 in = 0,17225 ft = 0,052502 m

$$\begin{aligned}
 A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \right) \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 0,1723^2 \\
 &= 0,0233 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v2)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,0471}{0,0233} \\ &= 2,0215 \quad \text{ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,1723 \times 2,0215 \times 62,43}{0,000638372} \\ &= 34053,1959 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ & \quad \quad \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \epsilon/D &= 0,00087616 \\ f &= 0,0048 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3}) \\ g_c &= 32,174 \quad \text{ft.lbm/detik}^2.\text{lbf} \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan **Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484**

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(**Peters &
Timmerhouse, Page
484-485**)

Panjang ekuivalen suction, Le (**Peters 4^{ed}, Tabel - 1**)

$$\begin{aligned} \text{ID pipa} &= 0,17225 \quad \text{ft} \\ \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 35 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ Elbow } 90^\circ &= 3 \times 32 \times 0,1723 = 16,5360 \quad \text{ft} \\ 1 \text{ Globe Valve} &= 1 \times 300 \times 0,1723 = 51,6750 \quad \text{ft} \\ 1 \text{ Gate Valve} &= 1 \times 7 \times 0,1723 = 1,2058 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang Total Pipa} = 104,4168 \quad \text{ft}$$

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{g_c \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6}) \\ &= \frac{2 \times 0,0048 \times 2,0215^2 \times 104,4168}{32,174 \times 0,1723} \\ &= \frac{4,0964}{5,5420} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 0,7392 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$$k = 0,4 \quad ; \text{ A tangki } \gg \gg \text{ A pipa} \quad [\text{Peters 4}^{\text{ed}} ; \text{Page 484}]$$

$$\alpha = 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \quad [\text{Peters 4}^{\text{ed}} ; \text{Page 484}]$$

$$= \frac{0,4 \times 2,021524^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0254 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 \ll \ll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

$$= \frac{2,0215^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= \frac{4,0866}{64,348}$$

$$= 0,0635 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,75 \times 4,087}{2}$$

$$= 1,5325 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{6 \times 4,087}{2}$$

$$= 12,2597 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,17 \times 4,087}{2}$$

$$= 0,3474 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$= 0,7392 + 0,0254 + 0,0635 + 1,5325 + 12,2597 + 0,3474$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 14,9676 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 11,4741 \text{ m} = 37,6446 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\
 &= 62,43 \times 37,6446 \times 1 \\
 &= 2350,1501 \text{ lbf/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8 - 2350,1501 \\
 &= -233,3501 \text{ lbf/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{-233,3501 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\
 &= -3,7378 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi} &: Z_1 = 31,9979 \text{ ft} \\
 &Z_2 = 4,3059 \text{ m} = 14,12693 \text{ ft} \\
 &\text{g/gc} = 1 \text{ lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{g, percepatan gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \\
 \text{gc, konstanta gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf} \\
 \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times \text{gc}} &= \frac{2,0215}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,0635 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\
 &= (14,12693 - 31,99788) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\
 &= -17,8709 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \text{ gc}} + \Sigma F$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= -3,7378 + -17,8709 + 0,0635 + 14,9676$$

$$= -6,5777 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 21,1325 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate}(\text{gpm}) \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{-6,5777 \times 21,1325 \times 1}{3960}$$

$$= -0,03510 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 21,13245526 gpm

Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs

Effisiensi Pompa = 0,4 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta_{pompa}}$$

$$= \frac{-0,03510}{0,4}$$

$$= -0,08775 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\eta_{motor}}$$

$$= \frac{-0,08775}{0,8}$$

$$= -0,10969 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Kation Exchanger :

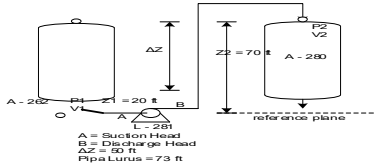
Fungsi	:	Mengalirkan bahan dari bak penampung air jernih ke tangkikation exchanger.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	169,4999 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	2,0215 ft/detik
Total Dynamic Head	:	-6,5777 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8
Effisiensi Pompa	:	0,4
Power Motor	:	-0,109692527 Hp
BHp	:	-0,087754022 Hp
Jumlah	:	1 Buah



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

6. Pompa Anion Exchanger

- Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger.
 Type : Centrifugal Pump
 Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 4,8226 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 4799,8649 \text{ kg/jam} \\ &= 10581,8781 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{10581,8781 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 169,4999 \text{ cuft/jam} \quad 1 \text{ unit pompa} \\ &= 2,8250 \text{ cuft/menit} \\ &= 21,1325 \text{ gpm} \\ &= 0,0471 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,43}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg reference = 1
 Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ reference = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,000638 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,0471^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\ &= 1,687546911 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 2 in, sch 40 (Mc.Cabe)

$$\text{OD} = 2,375 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft} = 0,052502 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2\right) \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,1723^2 \\ &= 0,0233 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v2)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,0471}{0,0233} \\ &= 2,0215 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,1723 \times 2,0215 \times 62,43}{0,000638372} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 34053,1959 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,00087616$$

$$f = 0,005 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$g_c = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lb}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(Peters &
 Timmerhause, Page
 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

ID pipa = 0,17225	ft								
		Taksiran panjang pipa lurus	=	20	ft				
3 Elbow 90°	=	3	x	32	x	0,1723	=	16,5360	ft
1 Globe Valve	=	1	x	300	x	0,1723	=	51,6750	ft
1 Gate Valve	=	1	x	7	x	0,1723	=	1,2058	ft
Panjang Total Pipa							=	89,4168	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,005 \times 2,0215^2 \times 89,4168}{32,174 \times 0,1723}$$

$$= \frac{3,6541}{5,5420}$$

$$= 0,6593 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$k = 0,4$; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed}; Page 484]
 $\alpha = 1$; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed}; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 2,0215^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,02540 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} ; (A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

$$= \frac{2,0215^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= \frac{4,0866}{64,348}$$

$$= 0,063507139 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,75 \times 4,087}{2} = 1,5325 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{6 \times 4,087}{2} = 12,2597 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,17 \times 4,087}{2} = 0,3474 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 \\ &= 0,6593 + 0,0254 + 0,0635 + 1,5325 + 12,2597 + 0,3474 \\ &= 14,8877 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 3,6959 \text{ m} = 12,1256 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times g/gc$$

$$= 62,43 \times 12,1256 \times 1$$

$$= 757,0025 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 2116,8 - 757,0025$$

$$= 1359,7975 \text{ lb/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1359,7975 \text{ lb/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 21,7812 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

$$\text{Asumsi} : Z_1 = 12,1225 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 4,1783 \text{ m} = 13,7085 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1 \text{ lbf/lbm}$$

$$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,174 \text{ ft/dt}^2$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$g_c, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbf/lbm}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{2,0215^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0635 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

$$\Delta Z \frac{g}{g_c} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{g_c}$$

$$= (13,70847 - 12,12252) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= 1,5860 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$

$$= 21,7812 + 1,5860 + 0,0635 + 14,8877$$

$$= 38,3184 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 21,13245526 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{38,3184 \times 21,1325 \times 1}{3960}$$

$$= 0,2045 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 21,1325 gpm

Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs

Effisiensi Pompa = 0,45 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta_{pompa}}$$

$$= \frac{0,2045}{0,45}$$

$$= 0,454411 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\eta_{motor}}$$

$$= \frac{0,4544}{0,8}$$

$$= 0,568014 \text{ Hp}$$



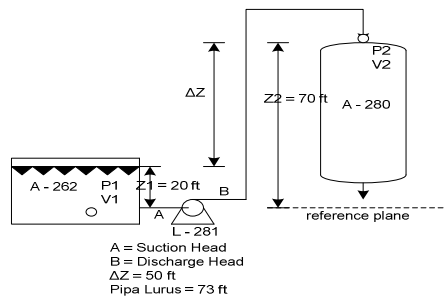
Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Spesifikasi Pompa Anion Exchanger :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	169,4999 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	2,0215 ft/detik
Total Dynamic Head	:	38,3184 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8
Effisiensi Pompa	:	0,45
Power Motor	:	0,56801417 Hp
BHp	:	0,454411336 Hp
Jumlah	:	1 Buah

7. Pompa Air Umpan Boiler

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke Boiler.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 4,8226 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 4799,8649 \text{ kg/jam} \\ &= 10581,8781 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Rate Volumetrik (} q_f \text{)} = \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}}$$

$$= \frac{10581,8781 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 169,4999 \text{ cuft/jam} \quad 1 \text{ unit pompa}$$

$$= 2,8250 \text{ cuft/menit}$$

$$= 21,1325 \text{ gpm}$$

$$= 0,0471 \text{ cuft/detik}$$

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= \frac{62,43}{62,43}$$

$$= 1$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1}{1} \times 0,95$$

$$= 0,95 \text{ Cp}$$

$$= 0,000638 \text{ lb/ft.detik}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad \text{[Peters, 4^{ed}, pers.15 : 496]}$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\text{Diameter pipa optimum, } D_i = 3,9 \times 0,0471^{0.45} \times 62,43^{0.13}$$

$$= 1,6875 \text{ in}$$

Dipilih pipa 2 in, sch 40 (Mc.Cabe)

OD = 2,375 in

ID = 2,067 in = 0,1723 ft = 0,052502 m

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \right)$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,1723^2$$

$$= 0,0233 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v2)} = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{0,0471}{0,0233}$$

$$= 2,0215 \text{ ft/detik}$$

$$NRe = \frac{D \times v \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,17225 \times 2,0215 \times 62,43}{0,000638372}$$

$$= 34053,1959 > 2100 \quad \text{(Asumsi turbulen benar)}$$

(Geankoplis 3^{ed}; Page 88)



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,00087616$
 $f = 0,005 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$
 $gc = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lb}$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(Peters & Timmerhause, Page 484-485)

Panjang ekuivalen suction, $Le \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}, \text{Tabel - 1})$
 ID pipa = 0,17225 ft

Taksiran panjang pipa lurus = 50 ft	
3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,1723 = 16,536 ft	
1 Globe Valve = 1 x 300 x 0,1723 = 51,675 ft	
1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,1723 = 1,20575 ft	
Panjang Total Pipa = 119,41675 ft	

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,005 \times 2,021523534^2 \times 119,41675}{32,174 \times 0,17225}$$

$$= \frac{4,8800}{5,5420}$$

$$= 0,8806 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$k = 0,4$; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed} ; Page 484]
 $\alpha = 1$; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed} ; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 2,021524^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,025403 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0)$$

$$= \frac{2,0215^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= \frac{4,0866}{64,348}$$

$$= 0,0635 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,75 \times 4,087^2}{2}$$

$$= 1,5325 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{6 \times 4,087^2}{2}$$

$$= 12,2597 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V^2}{2} = \frac{0,17 \times 4,087^2}{2}$$

$$= 0,3474 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$= 0,8806 + 0,0254 + 0,0635 + 1,5325 + 12,2597 + 0,3474$$

$$= 15,1090 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 3,2409 \text{ m} = 10,6330 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times g/gc$$

$$= 62,43 \times 10,6330 \times 1$$

$$= 663,8169 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned}
 &= 2116,8 - 663,8169 \\
 &= 1452,9831 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1452,9831 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\
 &= 23,2738 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \\
 \text{Asumsi} &: Z_1 = 9,0379 \text{ ft} \\
 &Z_2 = 10,61 \text{ m} = 34,80971 \text{ ft} \\
 &g/gc = 1 \text{ lbf/lbm} \\
 g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \\
 gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf} \\
 \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{2,0215^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,0635 \text{ ft.lbf / lb}_m \\
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc} \\
 &= (34,80971 - 9,037922) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\
 &= 25,77179 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 23,2738 + 25,7718 + 0,0635 + 15,1090 \\
 &= 64,2181 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1
 Rate volumetrik = 21,13245526 gpm

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\
 &= \frac{64,2181 \times 21,13245526 \times 1}{3960} \\
 &= 0,3427 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Rate volumetrik = 21,13245526 gpm
 Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Effisiensi Pompa = 0,45 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 37 Page 520)

$$\begin{aligned} Bhp &= \frac{Bph}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{0,3427}{0,45} \\ &= 0,7616 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 38 Page 521)

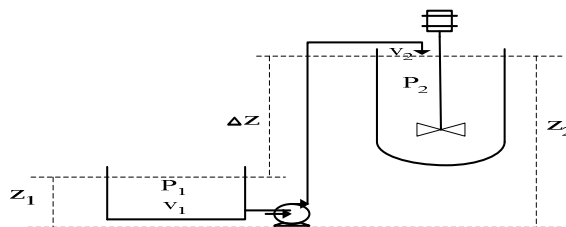
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{Bhp}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,7616}{0,8} \\ &= 0,9519 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Air Umpan Boiler :

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke Boiler.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	169,4999 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	2,0215 ft/detik
Total Dynamic Head	:	64,2181 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8
Effisiensi Pompa	:	0,45
Power Motor	:	0,9519 Hp
BHp	:	0,7616 Hp
Jumlah	:	1 Buah

8. Pompa Air Proses

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air demineralisasi ke bak air proses.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Densitas air 30 °C = 86 °F = 995,2944 kg/m³
(Badger ; App.9 : 733)

Bahan masuk = 2640,7610 m³/jam x 995,2944 kg/m³
 = 2628334,7563 kg/jam
 = 5794479,3704 lb/jam

Rate Volumetrik (q_v) = $\frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}}$
 = $\frac{5794479,3704 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}}$
 = 18563,1247 cuft/jam 5 unit pompa
 = 309,3854 cuft/menit
 = 2314,3638 gpm
 = 5,1564 cuft/detik

Sg Bahan = $\frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}}$
 = $\frac{62,43}{62,43}$
 = 1

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

μ bahan = $\frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$
 = $\frac{1}{1} \times 1$
 = 0,95 Cp
 = 0,000638 lb/ft.detik

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, NRe > 2100 digunakan persamaan (15)

Peters:

Diameter optimum = 3.9 x q_f^{0.45} x ρ^{0.13} **[Peters, 4^{ed}, pers.15 : 496]**

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

Diameter pipa optimum, D_i = 3,9 x 5,156424^{0.45} x 62,43^{0.13}
 = 13,9644 in

Dipilih pipa 1 in, sch 40 **(Mc.Cabe)**

OD = 1,315 in

ID = 1,049 in = 0,0874 ft = 0,0266 m



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2\right)$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,0874^2$$

$$= 0,0060 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v)} = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{5,1564}{0,0060}$$

$$= 859,5882 \text{ ft/detik}$$

$$NRe = \frac{D v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,0874 \times 859,5882 \times 62,43}{0,000638372}$$

$$= \text{#####} > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar})$$

(Geankoplis 3^{ed} ; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,001726429$$

$$f = 0,0038 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$gc = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 a gc} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(Peters & Timmerhouse, Page 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$ID \text{ pipa} = 0,0874 \text{ ft}$$

	Taksiran panjang pipa lurus	=	86,9906	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,0874	=	8,392	ft
1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,0874	=	26,225	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,0874	=	0,6119	ft
Panjang Total Pipa		=	122,2195	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-6})$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= \frac{2 \times 0,0038 \times 859,5881898^2 \times 122,2195}{32,174 \times 0,0874}$$

$$= \frac{686333,0905}{2,8125}$$

$$= ##### \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$k = 0,4$; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed}; Page 484]
 $\alpha = 1$; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed}; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 859,5882^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= ##### \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0)$$

$$= \frac{859,5882^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= \frac{738891,8561}{64,348}$$

$$= 11482,7478108 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,75 \times 7E+05}{2} = 277084,446 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{6 \times #####}{2}$$

$$= 2216675,5684 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 738891,9}{2}$$

$$= 62805,81 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 \\ &= ##### + 4593,09912431 + ##### + 277084,446 + 2216676 \\ &+ ##### \\ &= ##### \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned} P_1 &= P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer} \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 3,2409 \text{ m} = 10,63298 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times \text{g/gc} \\ &= 62,43 \times 10,63297933 \times 1 \\ &= 663,8168997 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\ \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 2116,8 - 663,8168997 \\ &= 1452,9831 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1452,9831 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 23,27379626 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi} : Z_1 &= 9,0379 \text{ ft} \\ Z_2 &= 11,22 \text{ m} = 36,81102 \text{ ft} \\ \text{g/gc} &= 1 \text{ lbf/lbm} \\ \text{g, percepatan gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \\ \text{gc, konstanta gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lbf} \\ \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times \text{gc}} &= \frac{859,5882}{2 \times 1 \times 32,174} \\ &= 11482,74781 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= (36,81102 - 9,037922) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\ &= 27,7731 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \text{ gc}} + \Sigma F$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 23,2738 + 27,77310256 + ##### + 2816667,409$$

$$= ##### \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbf}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 2314,363758 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate}(\text{gpm}) \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{2828201,204 \times 2314,363758 \times 1}{3960}$$

$$= 1652900,598 \text{ Hp}$$

Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs

Effisiensi Pompa = 0,45 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{1652901}{0,45}$$

$$= 3673112 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\eta \text{ motor}}$$

$$= \frac{3673112}{0,8}$$

$$= 4591391 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Air Proses :

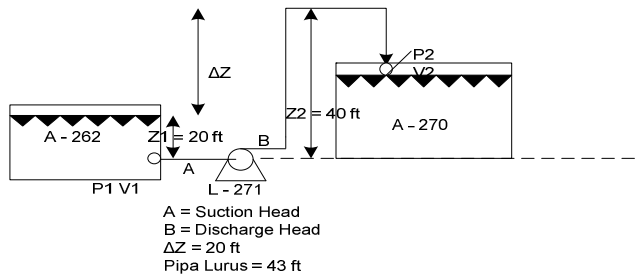
Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air proses.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	18563,12469 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	859,5881898 ft/detik
Total Dynamic Head	:	2828201,204 ft.lbf/lbf
Effisiensi Motor	:	0,8
Effisiensi Pompa	:	0,45
Power Motor	:	4591390,549 Hp
BHp	:	3673112,439 Hp
Jumlah	:	5 Buah

9. Pompa Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”



Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml} \\ \text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} &= 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &\quad \text{(Badger ; App.9 : 733)} \\ \text{Bahan masuk} &= 21,03788 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 20938,8846 \text{ kg/jam} \\ &= 46162,2838 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (} q_f \text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{46162,2838 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 184,8562 \text{ cuft/jam} \quad 4 \text{ unit pompa} \\ &= 3,0809 \text{ cuft/menit} \\ &= 23,0470 \text{ gpm} \\ &= 0,0513 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,43}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

$$\begin{aligned} \text{Dari Kern Table 6 ; Page - 808} &\text{ didapat sg reference} = 1 \\ \text{Dari Kern figure 14 ; Page 823} &\text{ didapat } \mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,000638 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, Di} &= 3,9 \times 0,051349^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 1,754708167 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 3 in, sch 40 (**Brownell & Young, Page 387**)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,255666667 \text{ ft} = 0,077927 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2\right)$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,255666667^2$$

$$= 0,051312 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,051348937}{0,051311874} \\ &= 1,000722316 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,255667 \times 1,000722316 \times 62,43}{0,000638372} \\ &= 25021,16571 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$ (**Geankoplis 3^{ed}; Page 88**)

$$\epsilon/D = 0,000590295$$

$$f = 0,003 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$g_c = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan **Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484**

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(**Peters & Timmerhause, Page 484-485**)

Panjang ekuivalen suction, Le (**Peters 4^{ed}, Tabel - 1**)

$$\text{ID pipa} = 0,255666667 \text{ ft}$$

$$\text{Taksiran panjang pipa lurus} = 7,7436 \text{ ft}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

3 Elbow 90°	=	3	x	32	x	0,255666667	=	24,544	ft
1 Globe Valve	=	1	x	300	x	0,255666667	=	76,7000	ft
1 Gate Valve	=	1	x	7	x	0,255666667	=	1,7897	ft
Panjang Total Pipa							=	110,7773	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,003 \times 1,0007^2 \times 110,7773}{32,174 \times 0,255666667}$$

$$= \frac{0,6656}{8,2258}$$

$$= 0,0809 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$k = 0,4$; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed}; Page 484]
 $\alpha = 1$; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed}; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 1,0007^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0062 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} ; (A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0)$$

$$= \frac{1,0007^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= \frac{1,0014}{64,348}$$

$$= 0,0156 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,75 \times 1,0014}{2}$$

$$= 0,3755 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{6 \times 1,001}{2} = 3,0043 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 1,001}{2} = 0,0851 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 \\ &= 0,0809 + 0,0062 + 0,0156 + 0,3755 + 3,0043 + \\ &\quad 0,0851 \\ &= 3,5677 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned} P_1 &= P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer} \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 11,4741 \text{ m} = 37,6446 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times g/gc \\ &= 62,43 \times 37,6446 \\ &= 2350,1501 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\ \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 2116,8 - 2350,1501 \\ &= -233,3501 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{-233,3501 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= -3,7378 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi} &: Z_1 = 31,9979 \text{ ft} \\ &\quad Z_2 = 2,970264422 \text{ m} = 9,744844 \text{ ft} \\ &\quad g/gc = 1 \text{ lbf/lb}_m \\ g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \\ gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lbf} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,0007^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,015562957 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (9,744844 - 31,99788) \times 1 \frac{\text{ft}/\text{dt}^2}{\text{ft.lbm}/\text{dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= -22,253 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

$$= -3,73779 + -22,2530348 + 0,015563 + 3,5677$$

$$= -22,4075517 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 23,04700514 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate}(\text{gpm}) \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{-22,4075517 \times 23,04700514 \times 1}{3960}$$

$$= -0,13041085 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 23,04700514 gpm

Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs

Effisiensi Pompa = 0,59 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta_{pompa}}$$

$$= \frac{-0,13041}{0,59}$$

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed}; Figure 14 - 38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\eta_{motor}}$$

$$= \frac{-0,22104}{0,8}$$

$$= -0,27629 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Pendingin :

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin.
 Type : Centrifugal Pump
 Bahan : Commercial Steel

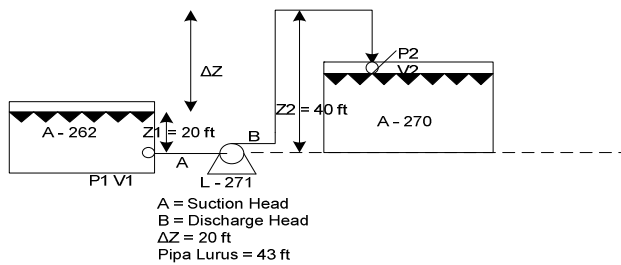


Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Rate Volumetrik	:	184,8562	cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,0007	ft/detik
Total Dynamic Head	:	-22,4076	ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8	
Effisiensi Pompa	:	0,59	
Power Motor	:	-0,2763	Hp
BHp	:	-0,2210	Hp

10. Pompa Recycle Air Pendingin

- Fungsi : Mengalirkan bekas air pendingin ke cooling tower.
 Type : Centrifugal Pump
 Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 21,0379 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 20938,8846 \text{ kg/jam} \\ &= 46162,2838 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{46162,2838 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 184,8562 \text{ cuft/jam} \quad 4 \text{ unit pompa} \\ &= 3,0809 \text{ cuft/menit} \\ &= 23,0470 \text{ gpm} \\ &= 0,0513 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,43}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

μ berdasarkan sg bahan :

$$\begin{aligned} \text{Dari Kern Table 6 ; Page - 808} & \text{ didapat sg reference} = 1 \\ \text{Dari Kern figure 14 ; Page 823} & \text{ didapat } \mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp} \\ \mu \text{ bahan} & = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ & = \frac{1}{1} \times 0,95 \\ & = 0,95 \text{ Cp} \\ & = 0,000638 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad \text{[Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496]}$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i & = 3,9 \times 0,051349^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\ & = 1,7547 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 3 in, sch 40 (Mc.Cabe App:1090)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,255666667 \text{ ft} = 0,0779 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A & = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right) \\ & = 0,25 \times 3,14 \times 0,255666667^2 \\ & = 0,0513 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} & = \frac{q_f}{A} \\ & = \frac{0,0513}{0,0513} \\ & = 1,0007 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe & = \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ & = \frac{0,255667 \times 1,000722316 \times 62,43}{0,000638372} \\ & = 25021,16571 > 2100 \quad \text{(Asumsi turbulen benar)} \end{aligned}$$

(Geankoplis 3^{ed}; Page 88)



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,000590295$
 $f = 0,003 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$
 $gc = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	
Globe valve open	300	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

ID pipa	=	0,255666667	ft
Taksiran panjang pipa lurus = 50 ft			
3 Elbow 90°	=	3 x 32 x 0,255666667	= 24,544 ft
1 Globe Valve	=	1 x 300 x 0,255666667	= 76,7 ft
1 Gate Valve	=	1 x 7 x 0,255666667	= 1,78966667 ft
Panjang Total Pipa			= 153,033667 ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,003 \times 1,0007^2 \times 153,0337}{32,174 \times 0,2557}$$

$$= \frac{0,9195}{8,2258}$$

$$= 0,1118 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$k = 0,4$; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed}; Page 484]
 $\alpha = 1$; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed}; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 1,0007^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0062 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} && \text{(Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-15)} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} && ; (A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0) \\
 &= \frac{1,0007^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= \frac{1,0014}{64,348} \\
 &= 0,0156 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,75 \times 1,001}{2} \\
 &= 0,3755 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{6 \times 1,001}{2} \\
 &= 3,0043 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 1,001}{2} \\
 &= 0,0851 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 \\
 &= 0,1118 + 0,00623 + 0,0156 + 0,3755 + 3,0043 + 0,0851 \\
 &= 3,5986 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 2,3603 \text{ m} = 7,74365 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times g/gc \\
 &= 62,43 \times 7,7436 \times 1 \\
 &= 483,4361 \text{ lb/ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 &= 2116,8 - 483,4361
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 1633,3639 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1633,363935 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 26,16312566 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi :

$$Z_1 = 9,744843515 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 38 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1 \text{ lbf/lbm}$$

g, percepatan gravitasi bumi = 32,174 ft/dt²

gc, konstanta gravitasi bumi = 32,174 ft/dt² x lbm/lbf

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,0007^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0156 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (38 - 9,744844) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= 28,25516 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

$$= 26,1631 + 28,2552 + 0,0156 + 3,5986$$

$$= 58,0324 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 23,04700514 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry 6}^{\text{ed}}; \text{Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{58,0324 \times 23,0470 \times 1}{3960}$$

$$= 0,3377 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 23,0470 gpm

Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

Effisiensi Pompa = 0,59 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 37 Page 520)

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{0,337746}{0,59} \\ &= 0,572451 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 0,9 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)

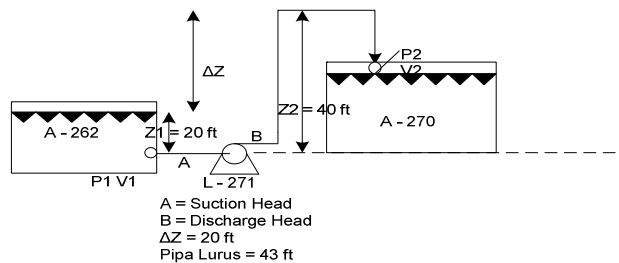
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,572451}{0,9} \\ &= 0,636056 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Recycle Air Pendingin :

Fungsi	:	Mengalirkan bekas air pendingin ke cooling tower.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	184,8562 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,0007 ft/detik
Total Dynamic Head	:	58,0324 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,9
Effisiensi Pompa	:	0,59
Power Motor	:	0,6361 Hp
BHp	:	0,5725 Hp
Jumlah	:	4 Buah

11. Pompa Cooling Tower

Fungsi	:	Mengalirkan bekas air pendingin keluar dari cooling tower menuju bak penampung air pendingin.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.





Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml} \\ \text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} &= 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &\text{(Badger ; App.9 : 733)} \\ \text{Bahan masuk} &= 21,03787947 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2944 \text{ kg/m}^3 \\ &= 20938,8846 \text{ kg/jam} \\ &= 46153,4895 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik } (q_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{46153,4895 \text{ lb/jam}}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 184,8210 \text{ cuft/jam} \quad 4 \text{ unit pompa} \\ &= 3,0803 \text{ cuft/menit} \\ &= 23,0426 \text{ gpm} \\ &= 0,0513 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,43}{62,43} \\ &= 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,000638 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad \text{[Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496]}$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,051339^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\ &= 1,7546 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 3 in,sch 40 (**Mc.Cabe**)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$ID = 3,068 \text{ in} = 0,255666667 \text{ ft} = 0,077927 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2\right) \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,255666667^2 \\ &= 0,051312 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,0513}{0,0513} \\ &= 1,0005 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,255667 \times 1,00053167 \times 62,43}{0,000638372} \\ &= 25016,39895 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,000590295$
 $f = 0,003 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$
 $gc = 32,174 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lb}$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7
Globe valve open	300

(Peters & Timmerhouse, Page 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$ID \text{ pipa} = 0,255666667 \text{ ft}$$

	Taksiran panjang pipa lurus	=	50	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,2557	=	24,544	ft
1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,2557	=	76,7	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,2557	=	1,7897	ft
Panjang Total Pipa		=	153,0337	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-6}) \\ &= \frac{2 \times 0,003 \times 1,00053167^2 \times 153,033667}{32,174 \times 0,255666667} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= \frac{0,9192}{8,2258}$$

$$= 0,1117 \quad \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$k = 0,4$; A tangki >>> A pipa [Peters 4^{ed}; Page 484]

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen [Peters 4^{ed}; Page 484]

$$= \frac{0,4 \times 1,000532^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,006223 \quad \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{Pers. 2.10-15})$$

$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc}$; ($A_1 \lll A_2$, maka V_1 dianggap = 0)

$$= \frac{1,000532^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= \frac{1,0011}{64,348}$$

$$= 0,0156 \quad \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

4. Friksi karena elbow 90°

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,75 \times 1,001}{2}$$

$$= 0,3754 \quad \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Globe Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{6 \times 1,001}{2}$$

$$= 3,0032 \quad \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

6. Friksi karena Gate Valve

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 1,001}{2}$$

$$= 0,0851 \quad \text{ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$= 0,1117 + 0,0062 + 0,0156 + 0,3754 + 3,0032 + 0,0851$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 3,5972 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned} P_1 &= P \text{ hidrostatik} + P \text{ atmosfer} \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 1,4668 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= 62,43 \times 1,466778067 \times 1 \\ &= 91,5710 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\ \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 2116,8 - 91,57095471 \\ &= 2025,229045 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{2025,229045 \text{ lbf/ft}^2}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 32,4400 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi} : Z_2 &= 2,9703 \text{ m} = 9,744962 \text{ ft} \\ Z_1 &= 1,4668 \text{ ft} \\ \text{g/gc} &= 1 \text{ lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g, percepatan gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \\ \text{gc, konstanta gravitasi bumi} &= 32,174 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lbf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times \text{gc}} &= \frac{1,0005^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\ &= 0,0156 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= (9,744962 - 1,466778) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\ &= 8,2782 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \text{gc}} + \Sigma F \\ &= 32,4400 + 8,2782 + 0,0156 + 3,5972 \\ &= 44,3309 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1
 Rate volumetrik = 23,04261448 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate}(\text{gpm}) \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{Pers } 6-11, \text{Page } 6-5)$$

$$= \frac{44,3309 \times 23,0426 \times 1}{3960}$$

$$= 0,2580 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 23,0426 gpm
 Viskositas (μ) = 1 Cp = 1 Cs

Effisiensi Pompa = 0,59 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta_{pompa}}$$

$$= \frac{0,257955}{0,59}$$

$$= 0,437211 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 0,8 (Peters 4^{ed} ; Figure 14 - 38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\eta_{motor}}$$

$$= \frac{0,437211}{0,8}$$

$$= 0,546514 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Cooling Tower :

Fungsi	:	Mengalirkan bekas air pendingin keluar dari cooling tower menuju bak penampung air pendingin.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	184,8210 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,0005 ft/detik
Total Dynamic Head	:	44,3309 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	0,8
Effisiensi Pompa	:	0,59
Power Motor	:	0,5465 Hp
BHp	:	0,4372 Hp
Jumlah	:	4 Buah

VII.4. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Tenaga listrik yang dibutuhkan Pabrik ini dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Genera set (Genset) dan distribusi pemakaian listrik untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah sebagai berikut :

- Untuk keperluan proses.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

- Untuk keperluan penerangan.

Untuk keperluan proses disediakan dari generator set, sedangkan untuk penerangan dari PLN. Bila terjadi kerusakan pada generator set, kebutuhan listrik bisa diperoleh dari PLN. Demikian juga bila terjadi gangguan dari PLN, kebutuhan listrik untuk penerangan bisa diperoleh dari generator set. Perincian kebutuhan listrik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel VII.1. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses dan Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Power (hp)
	Peralatan Proses		
1	Belt conveyor-1	J-111	3,1
2	Ball mill	C-112	345,0
3	Screw Conveyor-1	J-113	1,8
4	Bucket Elevator -1	J-114	4,5
5	Tangki Penampung sementara-	J-116	81,9
6	Pompa-1	L-121	1,3
7	Reaktor asam	R-210	38,7
8	Pompa-2	L-211	1,1
9	Screw conveyor-2	J-131	0,1
10	Bucket elevator-2	J-132	4,5
11	Tangki pelarutan Ca(OH) ₂	M-134	2,2
12	Pompa-3	L-212	0,1
13	Reaktor netralisasi	R-220	70,8
14	Pompa-4	L-135	1,4
15	Rotary drum vacum filter	H-310	3,7
16	Pompa-5	L-312	1,5
17	Mixing tank	M-320	35,0
18	Pompa-6	L-322	0,6
19	Pompa-7	L-331	0,2
20	Crystallizer	S-340	21,2
21	Centrifuge	H-350	6,0
22	Pompa-8	L-351	0,4
23	Screw conveyor-3	J-352	2,7
24	Blower	G-361	2698,6
25	Pompa - 9	L-364	1592,1
26	Rotary Dryer	B-360	4,7
27	Belt conveyor-2	J-371	3,0
28	Cooling conveyor	J-370	3,0
29	Bucket elevator-3	J-372	3,0
Total			4932,2494



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

No	Nama Alat Peralatan Proses	Kode Alat	Power (hp)
1	Boiler		209,2
2	Cooling Tower		2,0
3	Tangki Koagulasi		741,0
4	Tangki Flokulasi		133,6
5	Pompa Air Sungai		11888,9
6	Pompa ke Tangki Koagulasi		61217,4
7	Pompa ke Sand Filter		16423,6
8	Pompa Bak Penampung Air Sanitasi		0,1
9	Pompa ke Kation Exchanger		-0,1
10	Pompa ke Anion Exchanger		0,6
11	Pompa Air Umpan Boiler		1,0
12	Pompa Air Proses		#####
13	Pompa Bak Penampung Air Pendingin		-0,3
14	Pompa Recycle Air Pendingin		0,6
15	Pompa Cooling Tower		0,5
TOTAL			4682009

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Hp} &= 745,6 \text{ W} = 0,7456 \text{ kW} \\
 \text{Total kebutuhan listrik} &= 4932,2494 + 4682009 \\
 &= 4686940,975 \times 0,7456 \text{ kW} \\
 &= 3494583,191 \text{ kWh} \\
 &= 3494583,191 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk tiap-tiap lokasi. Dengan menggunakan perbandingan beban listrik lumen/m²

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana } 1 \text{ foot candle} &= 10.076 \text{ lumen / m}^2 \\
 1 \text{ lumen} &= 0,0015 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Tabel VII.2. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

No	Lokasi	Luas (m ²)	Foot candle	Lumen / m ²
1	Jalan	6100	235	2367860
2	Pos Keamanan	60	10	100760
3	Parkir	600	120	1209120
4	Taman	180	80	806080
5	Timbangan Truk	100	10	100760
6	Pemadam Kebakaran	200	20	201520
7	Bengkel	100	22,5	226710
8	Kantor	1500	120	1209120
9	Perpustakaan	300	50	503800
10	Kantin	400	22,5	226710
11	Poliklinik	60	10	100760



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

12	Mushola	400	90	906840
13	Ruang Proses	3325	360	3627360
14	Ruang Kontrol	100	10	100760
15	Laboratorium	500	62,5	629750
16	Unit Pengolahan Air	600	90	906840
17	Unit Pembangkit Listrik	150	50	503800
18	Unit Boiler	225	50	503800
19	Storage Produk	225	62,5	629750
20	Storage Bahan Baku	225	62,5	629750
21	Gudang	225	62,5	629750
22	Daerah Perluasan	3800	360	3627360
Total		19375	1960	19748960

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, gudang, jalan dan taman digunakan merkuri 250 watt mempunyai besar

$$\text{Lumen Output} = 166666,6667 \text{ lumen (Perry 7}^{\text{ed}}, \text{ Conversion Table)}$$

Jumlah lampu merkuri yang dibutuhkan :

Tabel VII.3 Jumlah Lampu Merkuri

No	Lokasi	Lumen / m ²
1	Ruang Proses	3627360
2	Daerah Perluasan	3627360
3	Utilitas	906840
4	Storage Bahan Baku	629750
5	Storage Produk	629750
6	Parkir	1209120
7	Bengkel	226710
8	Gudang	629750
9	Jalan Aspal	2367860
10	Taman	806080
Total		14660580

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu mercury yang dibutuhkan} &= \frac{14660580}{166666,6667} \\ &= 87,96348 \\ &\approx 88 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk penerangan lain digunakan lampu} &40 \text{ watt} \\ \text{Untuk lampu TL 40 watt, lumen out put} &= 26666,66667 \\ \text{Jumlah lampu TL yang dibutuhkan} &= \frac{19748960 - 14660580}{26666,66667} \\ &= 190,8143 \\ &\approx 191 \text{ buah} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization"

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik untuk penerangan :} \\ &= [88 \times 250] + [191 \times 40] \\ &= 29640 \text{ watt} \\ &= 29,64 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik untuk AC kant} &= 20 \text{ kWh} \\ \text{Supply PLN hanya untuk penerangan dan AC} \\ &= 29,64 + 20 \\ &= 49,64 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20 \% dari total kebutuhan} \\ \text{Sehingga kebutuhan listrik} &= 1,2 \times 49,64 \\ &= 59,568 \text{ kWh} \end{aligned}$$

VIII.4.1. Generator Set

Direncanakan digunakan Generator Portable Set (penempatannya mudah)

Effisiensi generator set : 0,8

Supply listrik untuk keperluan proses dan utilitas diperoleh dari generator set.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas} &= 3494583,19 \\ \text{Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20\% dari total kebutuhan.} \\ \text{Sehingga kebutuhan listrik} &= 1,2 \times 3494583 \\ &= 4193499,829 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas generator set total} &= \frac{4193499,829}{0,8} \\ &= 5241874,786 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kW} &= 56,87 \text{ Btu/menit} \\ \text{Q generator} &= 5241874,786 \times 56,87 \\ &= 298105419,1 \text{ Btu/menit} \end{aligned}$$

[Perry 6^{ed}, 1984 Page 1629]

$$\text{Heating Value minyak bakar} = 19065,6944 \text{ Btu/lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar untuk generator} &= \frac{298105419,1 \text{ btu/menit}}{19065,6944 \text{ btu/lb}} \\ &= 15635,69691 \text{ lb/menit} \\ &= 425916,3839 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi dalam perencanaan ini, harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik yang da menghasilkan daya listrik yang sesuai. Dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar

$$\begin{aligned} &= 425916,3839 \text{ kg/jam} \\ \text{Berat jenis bahan bakar} &= 870 \text{ kg/m}^3 = 0,87 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

$$\text{Maka kebutuhan bahan bakar} = \frac{425916,3839 \text{ kg/jam}}{0,87} \text{ kg/L}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 489559,062 \text{ L/jam}$$

$$= 11749417,49 \text{ L/hari}$$

Spesifikasi Generator Set :

Fungsi : Pembangkit Tenaga Listrik
 Kapasitas : 5241874,786 kWh
 Power factor : 0,8
 Frekuensi : 50 Hz
 Bahan bakar : Diesel Oil
 Jumlah bahan bakar : 11749417,49 L/hari
 Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

VII.5 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar

VII.5.1 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Solar

Fungsi : Menyimpan bahan bakar solar untuk kebutuhan generator dan boiler.
 Bentuk : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical di

Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jam = 938141,815 lb/jam

Kebutuhan bahan bakar untuk boiler per jam = 38595,1700 lb/jam

Total Minyak Diesel = 976736,985 lb/jam

Densitas minyak diesel = 54,31 lb/cuft

Kapasitas = 17984,47772 cuft/jam

1 cuft = 28,32 liter

Kapasitas per jam = 635,0451171 L/jam

Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 1 minggu:

Volume bahan = 17984,47772 cuft/jam x $\frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$ x 7 hari

= 3021392,256 cuft

Asumsi penyimpanan 5 tangki dalam 7 hari

= 3021392,2565 cuft : 5 Tangki

= 604278,4513 cuft

Safety factor = 20%

Volume tangki = 1,2 x 604278,4513 cuft

= 725134,1416 cuft

Menentukan dimensi tangki

Asumsi dimensi ratio : H/D = 1 (Ulrich Table.4-27)

Volume silinder = $\frac{1}{4} \times \pi \times [Ds]^2 \times Hs$

= 0,785 Ds³

V tutup atas = 0,000049 Ds³ (Torispherical)

Volume tangki = Volume silinder + Volume tutup atas

725134,1416 = 0,785 Ds³ + 0,000049 Ds³

725134,1416 = 0,785049 D³

Dt = 97,38839225 ft = 1168,660707 in = 29,6840 m



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$Ht = 97,38839225 \text{ ft} = 1168,660707 \text{ in} = 29,6840 \text{ m}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya

$$\text{Volume liquid} = \frac{\pi}{4} \times D_{\text{liq}}^2 \times H_{\text{liq}}$$

$$604278,4513 = 0,785 \times D_{\text{liq}}^3$$

$$D_{\text{liq}} = 91,64789272 \text{ ft} = 1099,775 \text{ in} = 27,9342777 \text{ m}$$

$$H_{\text{liq}} = 91,64789272 \text{ ft} = 1099,775 \text{ in} = 27,9342777 \text{ m}$$

Menentukan Tekanan Design

Jika didalam bejana terdapat liquid , maka :

$$P_{\text{design}} = P_o - P_i + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = 14,7 - 14,7 + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{design}} = \rho \times g/gc \times H_{\text{liq}}$$

$$= 54,31 \frac{\text{lbm}}{\text{cuft}} \times 1 \frac{\text{lbf}}{\text{lbm}} \times 91,6479 \text{ ft}$$

$$= 4977,397054 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^2}$$

$$= 34,56304514 \text{ Psi}$$

Asumsi P design 10% lebih besar untuk faktor keamanan

$$P_{\text{design}} = 1,1 \times 34,56305$$

$$= 38,01934965 \text{ Psi}$$

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank : **[Brownell : 88]**

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C \quad \text{[Brownell, pers.13-1, Page 254]}$$

Dengan :

- t_{min} = tebal shell minimum ; in
- P = tekanan tangki ; Psi
- r_i = jari-jari tangki ; in (1/2 D)
- C = faktor korosi ; in (digunakan = 0,125)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welded
- e = 0,8
- f = stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283 grade C, maka $f = 12650$ **[Brownell, Table.13-1]**

$$r_i = 0,5 \times 1168,660707$$

$$= 584,3304 \text{ in}$$

$$t_{\text{min}} = \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C$$

$$= \frac{38,01935 \times 584,3303535}{10120 - 22,81160979} + \frac{1}{8}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$= 2,200203 + 0,125$$

$$= 2,325203 \text{ in maka, digunakan ts} = 1/4 \text{ in}$$

Menentukan dimensi tutup atas dan bawah (Torispherical dished)

Tutup atas berbentuk standart dished head

$$\text{OD} = \text{ID} + 2\text{ts}$$

$$= 1168,661 + 2 \times 0,25$$

$$= 1169,161 \text{ in} = 97,43005891 \text{ ft}$$

$$\text{rc} = 584,5804 \text{ in} = 48,71502946 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi tutup (h)} = \text{rc} - \sqrt{\frac{\text{rc}^2 - D^2}{4}}^{0,5} \quad \text{(Hesse : 4-14)}$$

$$= 53.4168 - \sqrt{\frac{53.4168^2 - 106.6670^2}{4}}^{0,5}$$

$$= 47,29047 \text{ ft}$$

$$\text{Volume dishead} = 1,1 \times h^2 \times (3\text{rc} - h)$$

$$= 1,1 \times 2236,388911 \times (3 \times 48,72 \text{ in})$$

$$= 359520,9805 \text{ cuft}$$

Bentuk : Flanged and standart dished head

Tebal standart torispherical dished (atas) :

(Brownell & Young pers 13.12 hal 258)

Dimana :

P_d = Tekanan desain (psi)

D_i Diameter dalam (in)

E = Faktor Pengelasan, 0,8

t = Tebal dinding minimal (in)

$$t = \frac{0,885 \times 38,01934965 \times 584,5803535}{\left(\frac{12650 \times 0,8}{0,8} \right) - \left(0,1 \times 38,01935 \right)} + \frac{1}{8}$$

$$= 2,069352 + 0,125$$

$$= 2,194352 \text{ in}$$

Maka , digunakan tebal head = 1/3 in

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Solar :

Nama alat : Menyimpan bahan bakar diesel oil untuk kebutuhan generator dan boiler.

Tipe : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical dished

Kapasitas : 725134,1416 cuft

Diameter : 97,38839 ft

Tinggi : 97,38839 ft

Tebal shell : 0,25 in

Tebal tutup : 0,313 in



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C

Jumlah : 5 Buah

VII.5.2 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Fuel Oil No.6

Fungsi : Menyimpan bahan bakar fuel oil untuk kebutuhan burner.

Bentuk : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical dished

$$\text{Rate massa} = 17.522,21 \text{ kg/jam}$$

$$= 38.595,17 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ fuel oil No.6} = 50 \text{ lb/cuft} \quad \text{(Engineering toolbox)}$$

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{\text{Rate Massa}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$= \frac{38595,17002}{50}$$

$$= 771,9034003 \text{ cuft/jam}$$

Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 7 hari:

$$\text{Volume bahan} = 771,9034 \text{ cuft/jam} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times 7 \text{ hari}$$

$$= 129679,77125 \text{ cuft}$$

Direncanakan penggunaan 6 tangki untuk penyimpanan 7 hari

$$= \frac{129679,7713}{6}$$

$$= 21613,29521$$

Safety factor = 20%

$$\text{Volume tangki} = 1,2 \times 21613,29521$$

$$= 25935,95 \text{ cuft}$$

Menentukan dimensi tangki

$$\text{Asumsi dimensi ratio} : H/D = 1 \quad \text{(Ulrich T.4-27)}$$

$$\text{Volume silind} = \frac{1}{4} \times \pi \times [Ds]^2 \times Hs$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times [Ds]^2 \times$$

$$= 0,785 \text{ Ds}^3$$

$$\text{V tutup atas} = 0,000049 \text{ Ds}^3 \quad \text{(Torispherical)}$$

$$\text{Volume tangki} = \text{Volume silinder} + \text{Volume tutup atas}$$

$$25935,95425 = 0,785 \text{ Ds}^3 + 0,000049 \text{ Ds}^3$$

$$25935,95425 = 0,785049 \text{ D}^3$$

$$\text{Dt} = 32,08744635 \text{ ft} = 385,0493562 \text{ in} = 9,78025365 \text{ m}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

$$Ht = 32,08744635 \quad ft = 385,0493562 \quad in = 9,78025365 \quad m$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya

$$\text{Volume liquid} = \frac{\pi}{4} \times D_{liq}^2 \times H_{liq}$$

$$25935,95425 = 1,57 D_{liq}^3$$

$$D_{liq} = 25,46835294 \quad ft = 305,6202 \quad in = 7,76275398 \quad m$$

$$H_{liq} = 25,46835294 \quad ft = 305,6202 \quad in = 7,76275398 \quad m$$

Menentukan Tekanan Design

Menentukan tekanan design dalam tangki

$$P_{operasi} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ Psi}$$

Tekanan over design yang digunakan 5-10% dari kerja normal

Tekanan design dipilih 5% dari tekanan operasi hopper untuk faktor keamanan

$$P_D = (P_{operasi}) \times 1,05$$

$$= 14,696 \times 1,05$$

$$= 15,4308 \text{ Psi}$$

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank :

$$t_{min} = \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C \quad \text{[Brownell, pers.13-1, page 254]}$$

[Brownell : 88]

Dengan :

- t_{min} = tebal shell minimum ; in
- P = tekanan tangki ; Psi
- r_i = jari-jari tangki ; in (1/2 D)
- C = faktor korosi ; in (digunakan = 0,125)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welded
- e = 0,8
- f = stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283 grade C, maka $f = 12650$ [Brownell, T.13-1]

$$r_i = 0,5 \times 385,0493562$$

$$= 192,5247 \text{ in}$$

$$t_{min} = \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C$$

$$= \frac{15,4308 \times 192,5246781}{10120 - 9,25848} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,293827 \text{ in} + 0,125$$

$$= 0,418827 \text{ maka , digunakan } t_s = \frac{4}{9} \text{ in}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Menentukan dimensi tutup atas dan bawah (Torispherical dished)

Tutup atas berbentuk standart dished head

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2ts \\ &= 385,0494 + 2 \times 0,4375 \\ &= 385,9244 \text{ in} = 32,16036302 \text{ ft} \\ rc &= 192,9622 \text{ in} = 16,08018151 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tutup (h)} &= rc - \left[\frac{rc^2 - D^2}{4} \right]^{0,5} && \text{(Hesse : 4-14)} \\ &= 17053 - \left[\frac{17053^2 - 34107^2}{4} \right]^{0,5} \\ &= 14,99797 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume dishead} &= 1,1 \times h^2 \times (3rc - h) \\ &= 1,1 \times 224,9390726 \times (3 \times 16,08) \\ &= 11936,30168 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Bentuk : Flanged and standart dished head

Tebal standart torispherical dished (atas) :

(Brownell & Young pers 13.12 hal 258)

Dimana :

- P_d = Tekanan desain (Psi)
- D_i = Diameter dalam (in)
- E = Faktor Pengelasan, 0,8
- t = Tebal dinding minimal (in)

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,885 \times 15,4308 \times 192,9621781}{\left(\frac{12650 \times 0,8}{8} \right) - \left(0,1 \times 15,4308 \right)} + \frac{1}{8} \\ &= 0,260429 + 0,125 \\ &= 0,385429 \end{aligned}$$

Maka , digunakan tebal head 3/8 in

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Fuel Oil :

- Nama alat : Menyimpan bahan bakar fuel oil untuk kebutuhan burner.
- Tipe : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical dished
- Kapasitas : 25935,95 cuft
- Diameter : 32,08745 ft
- Tinggi : 32,08745 ft
- Tebal shell : 4/9
- Tebal tutup : 3/8
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C
- Jumlah : 6 buah



BAB VIII

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

VIII.1 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting yang menentukan sukses tidaknya suatu pabrik. Jadi menentukan lokasi pabrik langkah awal berdirinya pabrik. Suatu desain maupun proses dalam suatu pabrik yang cukup baik tanpa didukung kecermatan dalam pemilihan lokasinya akan menimbulkan kesulitan yang terus-menerus di masa mendatang.

Di dalam menentukan lokasi suatu pabrik dapat digunakan beberapa metode, dimana yang umum digunakan adalah *scoring metode*. Penentuan ini didasarkan pada nilai tertinggi dari beberapa lokasi yang dipilih. Penentuan ini juga ditinjau dari segi ekonomis, yaitu berdasarkan pada “*Return On Investment*” yang merupakan presentase pengembalian modal tiap tahun. Daerah operasi ditentukan oleh faktor utama, sedangkan tepatnya lokasi pabrik yang dipilih ditentukan oleh faktor khusus.

Setelah mempelajari dan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi tersebut maka Pabrik Calcium Chloride ini didirikan di daerah Tuban.

VIII.1.1 Faktor Utama

Faktor utama meliputi :

a. Bahan baku

Bahan baku utama pabrik Calcium Chloride adalah calcium carbonate, dimana bahan baku merupakan produk lokal negeri ini. Bahan baku diperoleh dari Supply pabrik wilayah Tuban dan sekitarnya.

b. Pemasaran

Dengan melihat pangsa pasar yang luas maka produk ini dapat didistribusikan ke mana saja, sehingga distribusi dan pemasaran dapat dilakukan dengan mudah dengan menggunakan jalur alternatif melalui



kota Gresik - Surabaya yang merupakan kawasan industri besar di Indonesia

c. Persediaan air

Persediaan air di daerah Tuban cukup melimpah karena adanya pasokan dari sungai . Dengan adanya aliran sungai ini, maka kebutuhan air dapat tercukupi. Air yang diambil akan digunakan untuk persediaan steam, air proses dan air sanitasi. Mengingat letak sungai ini tidak jauh dari lokasi pabrik, maka penyediaan air tidak akan mengalami kesulitan.

d. Persediaan tenaga listrik dan bahan bakar

Sumber tenaga listrik yang dapat disuplai oleh PLN ke kawasan industri. Sedangkan bila digunakan sumber listrik dari generator set maka kebutuhan akan bahan bakar akan mudah diperoleh karena sarana transportasi yang sangat mendukung.

e. Iklim

Daerah Tuban mempunyai iklim yang cukup baik , jarang terjadi angin ribut, gempa dan banjir.

VIII.1.2. Faktor Khusus

Faktor khusus meliputi :

a. Transportasi

Daerah Tuban sangat mudah dicapai dengan bermacam-macam sarana transportasi dari berbagai tempat. Dengan kondisi jalan yang baik untuk pengangkutan kendaraan beban berat sehingga mempermudah distribusi dan pengambilan bahan baku.

b. Masalah bahan buangan

Dalam hal ini air buangan tidak menjadi masalah karena sebelum air buangan keluar dari lokasi pabrik, telah dilakukan proses pengolahan sehingga air tersebut tidak mengandung bahan yang berbahaya bagi lingkungan di sekitarnya.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

c. Kebutuhan tenaga kerja

Umumnya tenaga kerja dapat dengan mudah dapat dipenuhi dengan jumlah yang memenuhi dan ongkos yang murah. Sehingga hal ini merupakan langkah positif untuk mengurangi angka pengangguran.

d. Pajak dan Asuransi

Sistem-sistem perpajakan yang berlaku adalah yang menyangkut pajak upah, perseroan, pajak penghasilan, dan lain-lain. Mengenai asuransi, perlu ditinjau adanya asuransi pabrik dan asuransi tenaga kerja. Sesuai dengan UU Jaminan Sosial no.3/1992 mengenai tenaga kerja, pihak pabrik wajib mengikutsertakan karyawannya dalam program ASTEK.

e. Karakteristik dari lokasi

Keadaan tanah yang akan direncanakan untuk lokasi pabrik ini sangat baik, dan juga didukung dengan adanya struktur tanah yang baik terhadap pondasi bangunan dan jalan.

f. Keadaan lingkungan masyarakat

Dengan adanya kawasan industri di daerah ini akan terbukalah lapangan kerja baru bagi masyarakat disekitarnya. Hal ini akan meningkatkan taraf hidup penduduk disekitar lokasi. Selain itu kawasan industri ini menyediakan berbagai fasilitas umum seperti tempat ibadah, poliklinik, pembelanjaan, sarana olah raga, pusat telekomunikasi, bank dan lain-lain.

VIII.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah pengaturan-pengaturan yang optimum dari seperangkat bangunan maupun peralatan proses didalam suatu pabrik. Tata letak pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam mendapatkan efisiensi kerja, keselamatan kerja, kelancaran kerja para karyawan dan juga untuk kelancaran proses.

Tata letak pabrik dibagi beberapa daerah utama :

a. Daerah Bangunan

a) Perkantoran



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

- b) Laboratorium
- c) Pergudangan
- d) Kantin, poliklinik, mushola, parkir kendaraan
- e) Bengkel

b. Daerah Proses

- a) Peralatan proses
- b) Utilitas dan pengolahan air
- c) Bahan bakar
- d) Tangki-tangki

Untuk mencapai hal-hal diatas, perlu dipertimbangkan beberapa faktor yaitu:

- a. Tiap – tiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharaan, proses pengendalian dan tidak mengganggu lalu lintas pekerja.
- b. Alat yang fungsinya sama diletakkan dalam satu kelompok.
- c. Bahan yang mudah terbakar dan berbahaya disimpan pada tempat yang jauh dari unit proses dan untuk pengamanan juga disediakan unit pemadam kebakaran.
- d. Setiap alat disusun berurutan menurut fungsinya sehingga tidak menyulitkan aliran proses.
- e. Alat kontrol ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- f. Sistem perpipaan yang merupakan salah satu bagian penting yang mempengaruhi operasi pabrik, diletakkan pada posisi yang tepat sehingga memudahkan aktivitas kerja (misalnya pemeliharaan, pengosongan).
- g. Bangunan pabrik diusahakan memenuhi standart bangunan misalnya ventilasi yang cukup, jarak yang cukup antara bangunan yang satu dengan yang lain.
- h. Persedian tanah untuk perluasan pabrik.



Tabel VIII.1. Pembagian Luas Pabrik

No.	Bangunan	Ukuran (m)	m ²	Jumlah	Luas Total
1.	Jalan Aspal		6100		6100
2.	Pos Keamanan	5 x 3	15	4	60
3.	Parkir	30 x 20	600	1	600
4.	Taman	4 x 15	60	3	180
5.	Timbangan Truk	10 x 10	100	1	100
6.	Pemadam Kebakaran	10 x 10	100	2	200
7.	Bengkel	10 x 10	100	1	100
8.	Kantor	50 x 30	1500	1	1500
9.	Perpustakaan	20 x 15	300	1	300
10.	Kantin	20 x 20	400	1	400
11.	Poliklinik	6 x 10	60	1	60
12.	Mushola	20 x 20	400	1	400
13.	Ruang Proses	95 x 35	3325	1	3325
14.	Ruang Kontrol	10 x 10	100	1	100
15.	Laboratorium	25 x 20	500	1	500
16.	Unit Pengolahan air	20 x 30	600	1	600
17.	Unit Pembangkit Listrik	15 x 10	150	1	150
18.	Unit Boiler	15 x 15	225	1	225
19.	Storage Produk	15 x 15	225	1	225
20.	Storage Bahan Baku	15 x 15	225	1	225
21.	Gudang	15 x 15	225	1	225
22.	Daerah Perluasan	95 x 40	3800	1	3800
	Total		19.110		19.375

Luas Bangunan Gedung :

$$\begin{aligned} &= (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (8) + (9) + (10) + (11) + (12) \\ &= 3.420 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

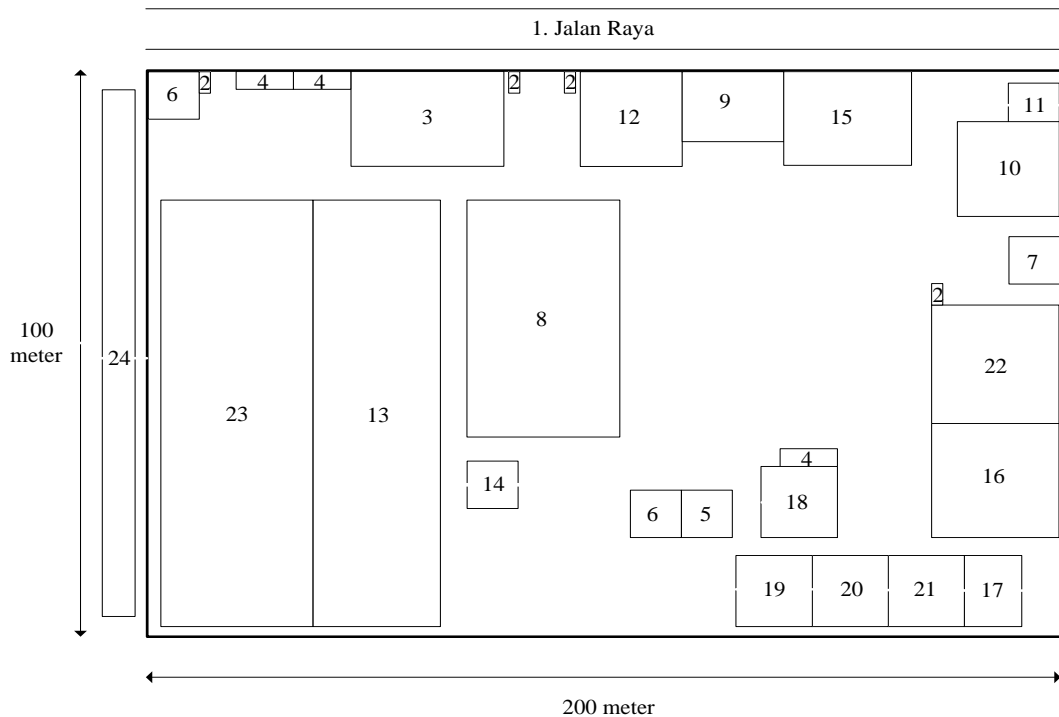
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Luas Bangunan Pabrik :

$$= (13) + (14) + (15) + (16) + (17) + (18) + (19) + (20) + (21) + (22)$$

$$= 9.375 \text{ m}^2$$

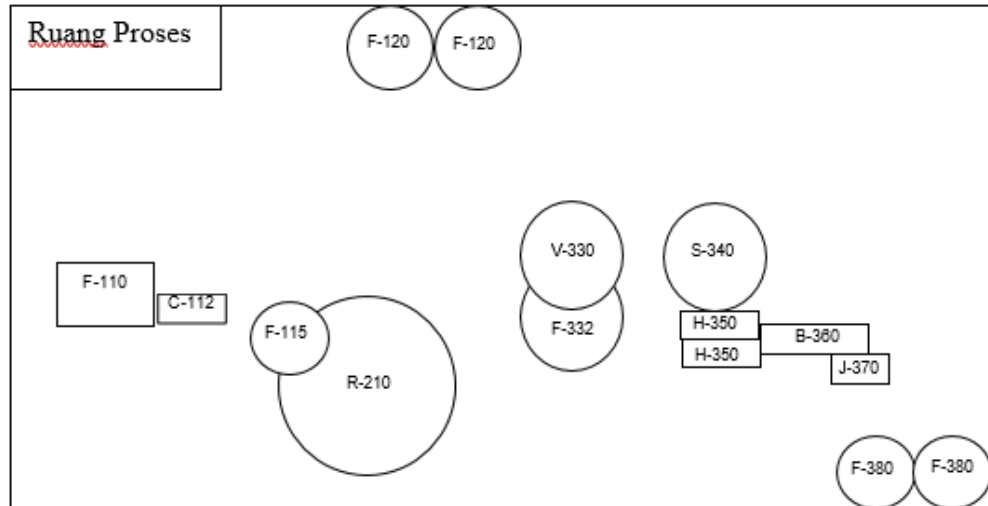
Keterangan : () = Menyatakan luas tanah masing – masing bangunan dalam satuan m^2



Gambar VIII.1. Layout Pabrik

Keterangan Gambar :

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Jalan Raya | 13. Ruang Proses |
| 2. Pos Keamanan | 14. Ruang Kontrol |
| 3. Parkir | 15. Laboratorium |
| 4. Taman | 16. Unit Pengolahan Air |
| 5. Timbangan Truk | 17. Unit Pengolahan Listrik |
| 6. Pemadam Kebakaran | 18. Unit Boiler |
| 7. Bengkel | 19. Storage Produk |
| 8. Kantor | 20. Storage Bahan Baku |
| 9. Perpustakaan | 21. Gudang |
| 10. Kantin | 22. Utilitas |
| 11. Poliklinik | 23. Daerah Perluasan |
| | 24. Sungai |



Gambar VIII.2. Layout Peralatan Pabrik

Keterangan :

F – 110 = Calcium Carbonate stock pile

C – 112 = Ball mill

F – 115 = Silo Calcium Carbonate

F – 120 = Tangki Penampung HCl 36 %

R – 210 = Reaktor

V – 330 = Evaporator

F – 332 = Tangki Sementara

S – 340 = Crystallizer

H – 350 = Centrifuge

B – 360 = Rotary Dryer

J – 370 = Cooling Conveyor

F – 380 = Silo Calcium Chloride



BAB X

ANALISA EKONOMI

Dalam merencanakan suatu pabrik, analisa ekonomi sangatlah penting artinya di samping persoalan teknis peralatan yang telah dibahas pada bab - bab sebelumnya, karena dari perhitungan ekonomi ini akan dapat diketahui apakah pabrik yang akan direncanakan ini dapat menguntungkan atau tidak, bila dipandang dari segi komersial. Di dalam analisa ekonomi ini senantiasa berhubungan dengan modal, baik sebagai investasi maupun untuk kebutuhan lainnya. Dalam analisa ekonomi yang perlu diperhatikan adalah :

1. Modal (Total Capital Investment).
2. Biaya Produksi (Total Production Cost).
3. Keuntungan atau laba (Profitability).

IX. 1 Modal (Total Capital Investment)

Total Capital Investment merupakan modal yang harus disediakan untuk mendirikan suatu pabrik dan ditambah dengan biaya pelaksanaan pabrik tersebut untuk beberapa waktu. Total Capital Investment dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

A. Modal Tetap (Fixed Capital Investment)

Fixed Capital Investment adalah modal yang dipergunakan untuk keperluan pembelian peralatan pabrik hingga peralatan tersebut dapat dioperasikan. Fixed Capital Investment dibagi menjadi 2, yaitu :

a) Biaya Langsung (Direct Cost), meliputi :

1. Pembelian alat-alat persediaan
 - 1) Alat – alat yang tertera dalam flow skema
 - 2) Suku cadang alat – alat dan alat – alat yang tidak terpasang
 - 3) Cadangan inflasi untuk pembelian alat baru
 - 4) Biaya perkapalan
 - 5) Pajak, asuransi dan bea cukai
 - 6) Penyediaan biaya apabila ada modifikasi peralatan



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

2. Instalansi
 - 1) Peralatan yang dibeli sesuai dengan skema
 - 2) Membuat pondasi, isolasi, penyangga dan pengecatan
 3. Instrumentasi dan alat kontrol
 - 1) Pembelian dan pemasangan alat-alat kontrol serta alat-alat instrumentasi
 4. Perpipaan
 - 1) Harus diperhatikan adalah bahan konstruksinya, fitting, valve, isolasi dan alat – alat pembantu
 5. Alat-alat listrik dan bahan-bahan yang lainnya
 - 1) Panel
 - 2) Kabel
 - 3) Grounding
 6. Bangunan
 - 1) Bangunan menurun dibawah atau diatas
 - 2) Bangunan untuk alat – alat dan instrumentasi
 - 3) Bangunan untuk pemeliharaan.
 - 4) Bangunan untuk perbaikan
 7. Tanah dan perbaikan tanah
 - 1) Pembelian dan pembebasan tanah
 - 2) Pembuatan sistem drainase
 - 3) Pembuatan jalan
 - 4) Pembuatan pagar
 - 5) Pembuatan tempat parker
 8. Fasilitas lain
 - 1) Utilitas
 - 2) Air buangan
 - 3) Distribusi dan pengepakan
- b) Biaya Tidak Langsung (indirect Cost) meliputi :
1. Biaya Engineering dan supervise (teknik dan pengawasan)
 2. Biaya pemborong



3. Biaya tak terduga
4. Konstruksi dan biaya proyek

Jadi :

Fixed Capital Investment (FCI) = Direct Cost (DC) + Indirect Cost (IC)

B. Modal Kerja (Working Capital Investment)

Working Capital Investment adalah modal yang dipergunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu, terdiri atas :

- a. Modal kerja yang dibutuhkan untuk bahan baku dan persediaannya
- b. Modal untuk biaya – biaya produksi
- c. Modal untuk pembayaran pajak
- d. Modal untuk pembayaran gaji karyawan dan upah buruh

Jadi :

Total Capital Investment (TCI) = Fixed Capital Investment (F + Working Capital Investment (WCI)

IX.2 Biaya Produksi (Total Production Cost)

Total Production Cost adalah biaya yang dipergunakan untuk operasi pabrik dan biaya perjalanan terdiri atas :

- A. Biaya Pembuatan (Manufacturing Cost) adalah biaya yang dikeluarkan suatu perusahaan yang berhubungan dengan operasi pabrik, meliputi :
 1. Biaya Pembuatan (Manufacturing Cost) adalah biaya yang dikeluarkan suatu perusahaan yang berhubungan dengan operasi pabrik, meliputi :
 - a. Biaya bahan baku
 - b. Utilitas
 - c. Pengepakan
 2. Biaya Tetap (Fixed Charge Cost) adalah biaya yang selama satu periode kerja tidak mengalami perubahan, meliputi :
 - a. Depresiasi
 - b. Pajak



- c. Asuransi
 - d. Bunga Pinjaman
 - e. Patent dan royalti
3. Biaya Teratur (Regulated Cost) yaitu jenis-jenis biaya yang tergantung kepada tingkat produksi tetapi tidak sebanding, meliputi:
- a. Buruh
 - b. Biaya over head (Plan Over Head), meliputi :
 - a) Biaya Pengobatan
 - b) Keamanan
 - c) Biaya lembur
 - d) Biaya pengepakan
 - e) Kafetaria
 - f) Rekreasi
 - g) Sewa gedung
 - c. Perbaikan dan pemeliharaan

B. Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses)

General Expenses adalah biaya yang dikeluarkan untuk operasi pabrik, meliputi :

- a. Biaya administrasi
- b. Biaya untuk penelitian dan pengembangan

Jadi :

Total Production Cost (TPC) = Manufacturing Cost + General Expenses

Pengeluaran biaya terdiri dari atas :

1. Fixed Cost (FC)

Adalah biaya yang tidak tergantung dari laju produksi, terdiri atas :

- a) Depresiasi
- b) Asuransi
- c) Pajak lokal dan bunga

2. Semi Variabel Cost

Adalah segala pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi, terdiri atas :



- a) Biaya administrasi
- b) Perawatan dan perbaikan
- c) Upah karyawan
- d) Biaya pemasaran
- e) Biaya laboratorium
- f) Biaya penelitian dan pengembangan
- g) Plant Over Head

3. Variabel Cost

Adalah segala biaya yang dikeluarkan berbanding lurus dengan laju produksi, terdiri atas :

- a) Biaya bahan baku dan bahan pembantu
- b) Biaya utilitas

IX.3 Keuntungan (Profitability)

Suatu pabrik dinyatakan menguntungkan atau tidak, dapat dilihat dari perhitungan – perhitungan :

1. Internal Rate of Return (IRR)

Adalah laju pengembalian yang dapat dihitung dari laba yang dapat dibagi modal.

2. Pay Back Period (PBP)

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian modal.

3. Break Event Point (BEP)

Adalah titik dimana hasil penjualan sama dengan biaya yang dikeluarkan.

IX.4 Harga Peralatan

Karena harga peralatan tiap tahun cenderung naik, maka untuk menentukan harga sekarang ditaksir dari harga-harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Harga peralatan berdasarkan Peters And Timmerhaus “Plant Design And Economic For Chemical Engineering”.

**IX.5 Penentuan TCI dan TPC****A. Modal Tetap (Fixed Capital Investment / FCI)****Tabel X.1 Fixed Capital Investment (FCI)****A. Biaya Langsung (Direct Cost)**

1. Pengadaan alat (E)	= Rp	41.079.638.246	
2. Instrumentasi dan kontrol (36% E)	= Rp	13.967.077.004	
3. Perpipaan terpasang (68%E)	= Rp	26.290.968.477	
4. Pelistrikan terpasang 10%E	= Rp	4.107.963.825	+
5. Harga FOB (Free on board)	= Rp	85.445.647.551	
6. Ongkos angkutan kapal laut (10% FOB)	= Rp	8.544.564.755	+
7. Harga C (cost) dan F (freight)	= Rp	93.990.212.306	
8. Biaya asuransi (1% dari 7)	= Rp	939.902.123	+
9. Harga CIF(Cost Insurance Freight)	= Rp	94.930.114.429	
10. Biaya angkutan barang sampai ke Plant site (20% dari 9)	= Rp	18.986.022.886	
11. Pemasangan alat (47%E)	= Rp	19.307.429.975	
12. Bangunan Pabrik	= Rp	38.600.250.000	
13. Service vasilities dan yard improvement (70%E)	= Rp	28.755.746.772	
14. Tanah	= Rp	7.265.625.000	+
	= Rp	207.845.189.062	

Total Direct Cost (DC)**B. Biaya Tak Langsung (Indirect Cost)**

1. Engineering and Supervition (32% E)	= Rp	12.323.891.474	
2. Ongkos Pemborong (19% E)	= Rp	6.983.538.502	
3. Biaya tak terduga (37% E)	= Rp	14.377.873.386	
4. Biaya kontruksi (41%E)	= Rp	15.199.466.151	+
	= Rp	48.884.769.512	

Total Indirect Cost

$$\text{Fixed Capital Investment (FCI)} = \text{Direct Cost} + \text{Indirect Cost}$$

$$\text{Fixed Capital Invesment (FCI)} = \text{Rp } 256.729.958.575$$



B. Penentuan TPC

Tabel X.2 Total Production Cost (TPC)

I. Manufacturing Cost

A. Direct Production Cost (DEC)

1. Bahan baku (1 tahun)	=	Rp	66.737.244.061
2. Biaya utilitas (1 tahun)	=	Rp	23.009.847.031
3. Biaya pengemasan (1 tahun)	=	Rp	1.320.000.000
4. Gaji karyawan (1 tahun=12 bulan)	=	Rp	12.981.000.000
5. Biaya laboratorium (20% gaji)	=	Rp	2.596.200.000
6. Biaya supervisi (10% gaji)	=	Rp	1.298.100.000
7. Biaya pemeliharaan dan perbaikan (4% FCI)	=	Rp	10.269.198.343
8. Operating supplies (20% pemeliharaan)	=	Rp	2.053.839.669 +
Total Direct Production Cost (DPC)	=	Rp	120.265.429.104

B. Biaya Produksi Tetap (Fixed Charge)(FC)

Perhitungan depresiasi alat dan bangunan menggunakan metode Straight Line Method

1. Depresiasi alat

$$\text{Harga alat} = \text{FCI} - \text{Harga tanah} - \text{harga bangunan} = \text{Rp } 210.864.083.575$$

$$\text{Harga alat akhir masa pakai (1% harga alat)} = \text{Rp } 2.108.640.836$$

Biaya depresiasi alat selama 10 tahun =

$$\text{Depresiasi alat} = \frac{\text{H.alat} - \text{H.alat akhir masa}}$$

$$= \frac{210.864.083.575 - 2.108.640.836}{10} = \text{Rp } 20.875.544.274$$

2. Depresiasi bangunan

$$\text{Harga bangunan} = \text{Rp } 207.845.189.062$$

$$\text{Harga bangunan akhir masa pakai (40% H.bangunan)} = \text{Rp } 83.138.075.625$$

$$\text{Depresiasi bangunan} = \frac{\text{H.bangunan} - \text{H. akhir masa pakai}}$$

$$= \frac{207.845.189.062 - 83.138.075.625}{10} = \text{Rp } 12.470.711.344$$

$$\text{Total biaya depresiasi alat dan bangunan} = \text{Rp } 33.346.255.618$$

**B. Biaya Tetap (Fixed Charge)(FC)**

1. Depresiasi alat dan bangunan	=	Rp	33.346.255.618	
2. Sewa	=	Rp	-	
3. Asuransi (1% FCI)	=	Rp	2.567.299.586	
4. Pajak (1% FCI)	=	Rp	2.567.299.586	
Pinjaman biaya berasal dari bank BRI				
5. Bunga bank BRI (9,95% dari 0,4 TCI)	=		<u>0,04 TCI</u>	+
Total Biaya Produksi Tetap (FC)	=		38.480.854.789	+ 0,04 TCI

Plant Overhead Cost (70% dari gaji karyawan + biaya supervisi + biaya pemeliharaan dan perbaikan)

Plant Overhead

Cost = Rp17.183.808.840

Direct Production Cost (DPC)	=	120.265.429.104	
Biaya produksi tetap (FC)	=	38.480.854.789	+ 0,04 TCI
Plant Overhead Cost	=	<u>17.183.808.840</u>	+
Total Biaya produksi (Manufacturing Cost)	=	175.930.092.733	+ 0,04 TCI

Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses, GE)

1. Biaya administrasi 20 % (gaji karyawan + supervisi + pemeliharaan)	=	Rp	4.909.659.669	
2. Biaya distribusi dan pemasaran (5% TPC)	=	0,05	TPC	
3. Biaya research & development (2% TPC)	=	0,02	TPC	+
Total biaya pengeluaran umum (GE)	=		Rp.4.909.659.669	+ 0,07 TPC



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

III. Total Product Cost

Total product cost (TPC) = Total biaya produksi + Total biaya pengeluaran umum (GE)

			Rp				
Biaya produksi	=	175.930.092.733	+	0,04	TCI		
			Rp				
B.peng.umum	=	4.909.659.669	+	0,07	TPC		+
			Rp				
TPC	=	180.839.752.402	+	0,04	TCI	+	0,07 TPC
			Rp				
0,93 TPC	=	180.839.752.402	+	0,04	TCI		
			Rp				
TPC	=	194.451.346.669	+	0,0428	TCI		

X.2.3. Modal Total (Total Capital Investment , TCI)

Total capital invesment = Fixed capital investment + Working capital investment

WCI diasumsikan untuk 3 bulan total product cost

			Rp					
Total product cost (TPC)	=	194.451.346.669	+	0,0428	TCI			
			(TPC /12) x 3					
WCI	=		bulan					
			Rp					
WCI	=	194.451.346.669	+	0,0428	TCI	x	3	
			12					
			Rp					
WCI	=	48.612.836.667	+	0,010699	TCI			
			Rp					
FCI	=	256.729.958.575						
			FCI +					
TCI	=		WCI					
			Rp					
TCI	=	256.729.958.575	+	Rp	48.612.836.667			
			Rp					
TCI	=	305.342.795.242	+	0,0107	TCI			
			Rp					
0,9893 TCI	=	305.342.795.242						
			Rp					
TCI	=	308.644.964.486						
			WCI	=	Rp	48.612.836.667	+	0,0107 TCI , maka:
			WCI	=	Rp	48.612.836.667	+	Rp 3.302.169.244
				=	Rp	51.915.005.911		



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

TPC	=	Rp	194.451.346.669	+	0,042796	TCI
	=	Rp	194.451.346.669	+	Rp	13.208.676.975
	=	Rp	207.660.023.643			
Fixed cost,FC	=	Rp	38.480.854.789	+	0,04	TCI
	=	Rp	38.480.854.789	+	Rp	12.284.069.587
	=	Rp	50.764.924.376			
General expenses (GE)	=	Rp	4.909.659.669	+	0,07	TPC
	=	Rp	4.909.659.669	+	Rp	14.536.201.655
	=	Rp	19.445.861.324			

Analisa Ekonomi

Metode yang dipakai adalah Discounted Cash Flow

A. Asumsi yang diambil

1. Modal

- Modal sendiri
- Modal pinjaman bank

2. Bunga

3. Masa konstruksi

Massa konstruksi 2 tahun

Pembayaran modal pinjaman selama konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut :

- > Pada awal masa konstruksi (awal tahun ke-2) dilakukan pembayaran sebesar 10% dari modal pinjaman untuk keperluan pembelian tanah dan beberapa macam uang muka
- > Pada akhir tahun kedua masa konstruksi (tahun ke-1) dibayarkan sisa modal pinjaman.

4. Laju inflasi

5. Pengembalian pinjaman dalam waktu

6. Umur pabrik 10 tahun (depresiasi 10% pertahun)

7. Kapasitas produksi :

- Tahun I



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

- Tahun II
- Tahun III dst

8. Pajak Pendapatan

Untuk laba antara 0 - Rp. 25.000.000 dikenakan pajak 5%

Untuk laba antara Rp. 25.000.000 - Rp. 50.000.000 dikenakan pajak 10%

Untuk laba antara Rp. 50.000.000 - Rp. 100.000.000 dikenakan pajak 15%

Untuk laba antara Rp. 100.000.000 - Rp. 200.000.000 dikenakan pajak 25%

Untuk laba > Rp. 200.000.000 dikenakan pajak 35%

Untuk kapasitas yang berbeda maka biaya operasi yang berubah sebanding dengan kapasitas, yaitu :

1. Biaya bahan baku
2. Biaya utilitas

Sedang biaya lainnya tetap dan tidak tergantung pada kapasitas produksi.

Besarnya biaya kapasitas produksi yang lain dapat dilihat pada Tabel X-3.

Tabel X.3. Biaya Total Produksi

Tahun ke-	Kap.	Variable Cost	Semi Variable Cost	Fixed Cost	TPC
		(VC)	(SVC)	(FC)	
1	60%	72.159.257.462	36.629.670.164	50.764.924.376	124.596.014.186
2	80%	96.212.343.283	36.629.670.164	50.764.924.376	166.128.018.915
3	100%	120.265.429.104	36.629.670.164	50.764.924.376	207.660.023.643

$$\text{* Semi Variable Cost} = \text{TPC} - \text{FC} - \text{VC}$$

B. Investasi Pabrik

Total Investasi Pabrik (FCI) = Rp 256.729.958.574,8520

Modal Sendiri 60% FCI = Rp 154.037.975.144,9110

Modal Bank 40% FCI = Rp 102.691.983.429,9410



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Tabel X.4 Modal Sendiri Pada Tahun Masa Konstruksi

Modal Sendiri 60%

FCI = Rp 154.037.975.144,9110
 % Inflasi = 4%

Tahun	Modal	Jumlah	Inflasi	Total
ke-	(%)	(Modal sendiri x % modal)	(Jumlah x % Inflasi)	(Jumlah + Inflasi)
-2	80%	123.230.380.115,9	4929215204,64	128.159.595.320,6
-1	20%	30.807.595.028,98	1232303801,16	32.039.898.830,14
Total Modal Sendiri				160.199.494.150,7

Tabel X.5 Modal Pinjaman Pada Tahun Masa Konstruksi

Modal Pinjaman 40% FCI = Rp 102.691.983.429,9410
 % Bunga = 9,95% (BANK BRI)

Tahun	Modal	Jumlah	Bunga	Total
ke-	(%)	(Modal pinjaman x % modal)	(Jumlah x % Bunga)	(Jumlah + Bunga)
-2	40%	41076793371,98	4087140940,51	45163934312,49
-1	60%	61.615.190.057,96	6130711410,77	67.745.901.468,73
Total Modal Sendiri				112.909.835.781,2

Modal Investasi Pada Masa Akhir Konstruksi

= Total Modal Sendiri + Total Modal Konstruksi
 = 160.199.494.150,7 + 112.909.835.781,2
 = Rp 273.109.329.932

C. Tabel Cash Flow

Dari perhitungan diatas kemudian dibuat tabel Cash Flow seperti pada Tabel X-6.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Tabel X.6 Tabel Cash Flow

FCI : 256.729.958.575 Modal sendiri 154.037.975.145 Modal pinjaman 102.691.983.430

1	2	3	4			5			6	7	8
Tahun ke -	Modal	Kapasitas Pabrik (%)	Investasi (Rp.)								
			Modal Sendiri 60%				Modal Asing 40%				
			Pengeluaran	Inflasi 4%	Jumlah	Pengeluaran	Bunga 9,95%	Jumlah			
-2	60%		92.422.785.087	0	92.422.785.087	61.615.190.058	0	61.615.190.058			
-1	40%		41.076.793.372	1.643.071.735	42.719.865.107	41.076.793.372	4.087.140.941	45.163.934.312			
0			0	5.339.983.138	5.339.983.138	0	10.217.852.351	10.217.852.351			
1		60%									
2		80%									
3		100%									
4		100%									
5		100%									
6		100%									
7		100%									
8		100%									
9		100%									
10		100%									



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
 Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Investasi (Rp.)			Production Cost		
Jumlah Modal Sampai Pabrik Produksi			Pengembalian Pinjaman	Sisa Pinjaman	Total Penjualan
Modal Sendiri	Modal Asing	Jumlah			
140.482.633.332	116.996.976.722	257.479.610.054		116.996.976.722	
			11.699.697.672	105.297.279.050	191.335.140.000
			11.699.697.672	93.597.581.377	255.113.520.000
			11.699.697.672	81.897.883.705	318.891.900.000
			11.699.697.672	70.198.186.033	318.891.900.000
			11.699.697.672	58.498.488.361	318.891.900.000
			11.699.697.672	46.798.790.689	318.891.900.000
			11.699.697.672	35.099.093.017	318.891.900.000
			11.699.697.672	23.399.395.344	318.891.900.000
			11.699.697.672	11.699.697.672	318.891.900.000
			11.699.697.672	0	318.891.900.000



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

15	16	17	18 (19-16-17)	19
Production Cost				
Depresiasi	Fixed Cost	Variabel Cost	Semi Variabel Cost	TPC
20.875.544.274	50.764.924.376	72.159.257.462	36.629.670.164	159.553.852.002
20.875.544.274	50.764.924.376	96.212.343.283	36.629.670.164	183.606.937.823
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643
20.875.544.274	50.764.924.376	120.265.429.104	36.629.670.164	207.660.023.643



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Tahun ke	Modal	Kapasitas Pabrik (%)	20 (13-18-12)	21 (25% 19)	22 (19-20)	23
			Laba Kotor	Pajak	Bersih	Cash Flow
-2	60					
-1	40					
0						
1		60%	20.081.590.326	5.020.397.582	15.061.192.745	35.936.737.018
2		80%	59.806.884.505	14.951.721.126	44.855.163.379	65.730.707.653
3		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
4		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
5		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
6		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
7		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
8		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
9		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
10		100%	99.532.178.684	24.883.044.671	74.649.134.013	95.524.678.287
Rata-rata			87.614.590.431	21.903.647.608	65.710.942.823	273.370.966.466



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan
Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Laju investasi Return On Investment (ROI)

Laba kotor rata-rata	=	Rp	87.614.590.431
Laba bersih rata-rata	=	Rp	65.710.942.823
Total investasi per tahun	=	Rp	308.644.964.486

$$\begin{aligned} \text{ROI sebelum pajak} &= \frac{\text{Laba kotor rata-rata / tahun}}{\text{Total investasi / tahun}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 87.614.590.431}{\text{Rp } 308.644.964.486} \times 100\% \\ &= 28,39 \quad \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROI setelah pajak} &= \frac{\text{Laba bersih rata-rata / tahun}}{\text{Total investasi / tahun}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 65.710.942.823}{\text{Rp } 308.644.964.486} \times 100\% \\ &= 21,29 \quad \% \end{aligned}$$



Lama Pengembalian Modal, Pay Out Time (POT)

Tabel X.7 Pay Out Time

Tahun produksi	Cash flow	Cumulative cash flow
0	Rp 257.479.610.054	
1	Rp 35.936.737.018,45	Rp 35.936.737.018,45
2	Rp 65.730.707.652,86	Rp 101.667.444.671,31
3	Rp 95.524.678.287,27	Rp 197.192.122.958,58
4	Rp 95.524.678.287,27	Rp 292.716.801.245,84
5	Rp 95.524.678.287,27	Rp 388.241.479.533,11
6	Rp 95.524.678.287,27	Rp 483.766.157.820,38
7	Rp 95.524.678.287,27	Rp 579.290.836.107,65
8	Rp 95.524.678.287,27	Rp 674.815.514.394,92
9	Rp 95.524.678.287,27	Rp 770.340.192.682,19
10	Rp 95.524.678.287,27	Rp 865.864.870.969,45

Berdasarkan cumulative cash flow, angka total investasi terakhir berada pada tahun 3 dan 4

$$\begin{aligned} \text{PBP} &= X \text{ tahun} + \frac{\text{PBP}}{\text{Cash Flow}} \times 12 \text{ bulan} \\ &= 3 \text{ tahun} + \frac{60.287.487.095,316}{95.524.678.287,268} \times 12 \text{ Bulan} \\ &= 3 \text{ tahun} + 7,6 \text{ bulan} \\ &= 3 \text{ Tahun 7 Bulan} \end{aligned}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

Laju Pengembalian Modal , Internal Rate Of Return (IRR)

$$\sum_{n=1}^n = \frac{CF}{(1+i)^n}$$

ket : n : tahun produksi ke n
 CF : cash flow tiap tahun (berdasarkan tabel cash flow)
 I : capital interest rate

Total modal investasi pada akhir konstruksi = Rp 308.644.964.486
 Dengan cara Trial akan diperoleh harga i = 0,2176
 = 21,762 %

Tahun	Cash flow	Trial i	Present value
		Disc Factor	
0	Rp 308.644.964.485,69		
1	Rp 35.936.737.018,45	0,821276767	Rp 29.514.007.212,75
2	Rp 65.730.707.652,86	0,674495529	Rp 44.335.068.418,27
3	Rp 95.524.678.287,27	0,553947508	Rp 52.915.657.451,59
4	Rp 95.524.678.287,27	0,454944218	Rp 43.458.400.101,61
5	Rp 95.524.678.287,27	0,373635117	Rp 35.691.374.355,86
6	Rp 95.524.678.287,27	0,306857841	Rp 29.312.496.558,36
7	Rp 95.524.678.287,27	0,252015216	Rp 24.073.672.420,60
8	Rp 95.524.678.287,27	0,206974242	Rp 19.771.147.867,27
9	Rp 95.524.678.287,27	0,169983136	Rp 16.237.584.410,06
10	Rp 95.524.678.287,27	0,139603201	Rp 13.335.550.836,19
Total			Rp 308.644.959.632,55



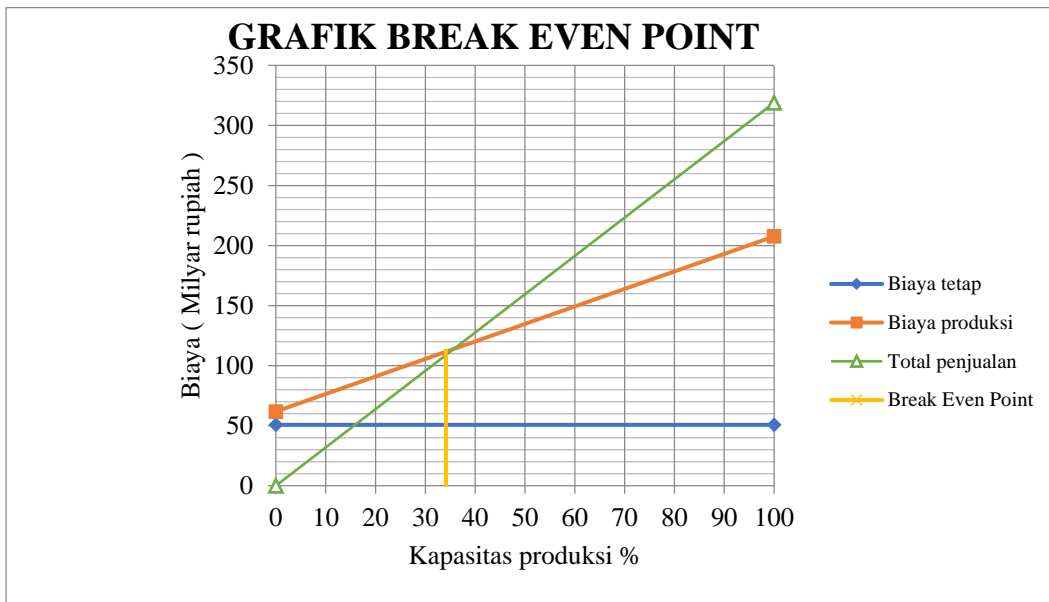
Break Event Point (BEP)

Fixed Cost (FC) = Rp 50.764.924.376
Variable Cost (VC) = Rp 120.265.429.104
Semi Variable Cost (SVC) = Rp 36.629.670.164
Total penjualan (S) = Rp 318.891.900.000

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - \text{VC} - 0,7 \text{ SVC}} \times 100 \% \\
 &= \frac{50764924376 + 0,3 \text{ Rp } 36.629.670.164}{318891900000 - \text{Rp}120.265.429.104 - 0,7 \text{ Rp } 36.629.670.164} \times 100 \% \\
 &= \mathbf{35,70 \%}
 \end{aligned}$$

Tabel X.9 Break Even Point (BEP)

Kapasitas %	Milyar rupiah		
	Biaya tetap	Biaya produksi	Biaya penjualan
0	50,76	61,75	0
100	50,76	208	318,89



Grafik X.1 Grafik Break Even Point



BAB XI

KESIMPULAN DAN SARAN

XI.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat di simpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kapasitas Produksi : 60.000 ton/tahun
2. Bentuk Organisasi : Perseroan Terbatas
3. Sistem Organisasi : Garis dan Staff
4. Lokasi Pabrik : Kawasan Industri Tuban
Kecamatan Rengel , Desa
Gesikan, Jawa Timur

5. Produk
 - a. Kalsium Klorida Dihidrat : 7575,757576 kg/jam
6. Bahan Baku
 - a. Calcium Carbonate : 7196,969697 kg/jam
 - b. HCl : 5441,930751 kg/jam
 - c. Ca(OH)₂ : 276,3415271 kg/jam
7. Kebutuhan Utilitas
 - a. Listrik : 59,568 kWh
 - b. Air : 948,2715253 m³/hari
 - c. Bahan bakar : 25,76971433 liter/jam
 - d. Steam : 8860,237129 lb/jam
8. Analisa Ekonomi
 - a. Permodalan
 1. Modal Tetap (FCI) : Rp 256.729.958.575
 2. Modal kerja (WCI) : Rp 51.915.005.911
 3. Modal Total (TCI) : Rp 308.644.964.486



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Calcium Chloride Dehydrate dari Calcium Carbonate dan Hydrochloric Acid dengan Proses Neutralization”

b. Penerimaan dan Pengeluaran

1.	Hasil Penjualan	:	Rp	318.891.900.000
2.	Biaya Produksi Total (TPC)	:	Rp	207.660.023.643
3.	Laba setelah Pajak	:	Rp	65.710.942.823

c. Rentabilitas perusahaan

1.	Masa Konstruksi	:	2 Tahun
2.	Investasi Akhir Konstruksi	:	Rp 308.644.964.486
3.	Umur Pabrik	:	10 tahun
4.	Bunga Bank	:	9,95%
5.	Inflasi	:	4%
6.	Waktu Pengembalian Modal	:	3 Tahun 7 Bulan
7.	Titik Impas	:	35.70 %

X.2 Saran

Kami menyadari dalam pengerjaan perancangan pabrik ini masih banyak sekali kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami butuhkan agar kedepannya dapat menjadi lebih lagi.