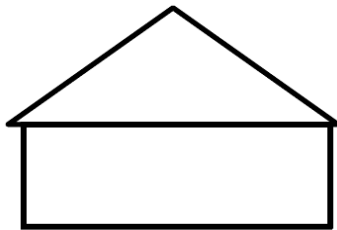




BAB V SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas Produksi : 50.000 ton/tahun
Waktu Operasi : 1 tahun = 330 hari
 1 hari = 24 jam
Satuan Massa : kilogram/jam
Satuan Panas : kilokalori/jam

1. Gudang Penyimpanan Bauksit (F-110)



Spesifikasi :

Fungsi : Menampung bauksit dari supplier
Bentuk : Balok

Kondisi Operasi

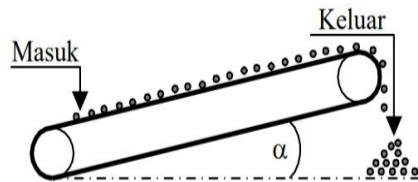
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Waktu Penyimpanan : 30 hari
Kapasitas : 205,70869 m³

Ukuran Gudang

Panjang : 7,4375 m
Lebar : 7,4375 m
Tinggi : 3,7188 m
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 buah



2. Belt Conveyor (J-111)



Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bauksit dari Gudang penyimpanan ke Ball Mill

Type : Belt conveyor dengan kemiringan $18,4^\circ$

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Kapasitas maksimum : 32 ton/jam

Ukuran Belt

- Width : 14 in

- Through width : 9 in

- Skirt seal : 2 in

Belt speed : 8,7815 ft/menit

Panjang : 32 ft

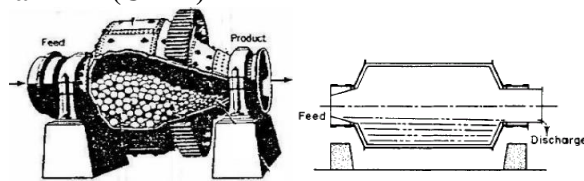
Sudut : 18°

Power : 3 hp

Jumlah : 1 buah



3. Ball Mill (C-112)



Spesifikasi :

Fungsi : Menghaluskan solid sampai 200 mesh
Type : Ball Mill Grinding System, Marcy Ball Mill

Kondisi Operasi

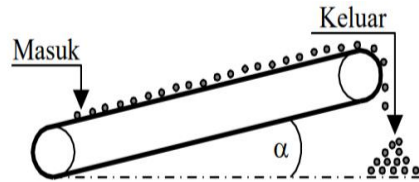
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Kapasitas maksimum : 70,99 ton/jam

Ukuran Ball Mill

Panjang Mill : 7 ft
Diameter Mill : 5 ft
No.. Sieve : 200 mesh
Ball Charge : 113,00 ton
Mill Speed : 24 rpm
Power : 56 hp
Jumlah : 1 buah



4. Belt Conveyor (J-113)



Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bauksit dari Ball Mill ke Bucket Elevator

Type : Belt conveyor dengan kemiringan 45°

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kapasitas maksimum : 32 ton/jam

Ukuran Belt

- Width : 14 in

- Through width : 14 in

- Skirt seal : 14 in

Belt speed : 8,7815 ft/menit

Panjang : 32 ft

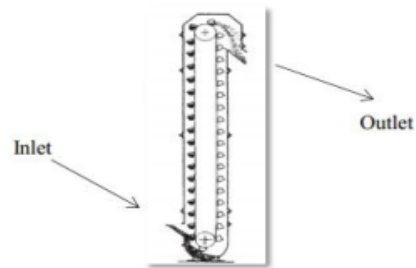
Sudut : 18 °

Power : 3 hp

Jumlah : 1 buah



5. Bucket Elevator (J-114)



Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan bauksit dari belt conveyor ke hopper
Type : Continous Bucket Elevator.

Kondisi Operasi

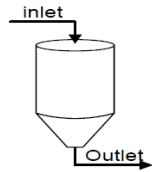
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Kapasitas : 2,958 ton/jam
Tinggi Bucket : 25,00 ft
Kecepatan Bucket : 12,677 ft/menit
Bucket spacing : 12 in

Ukuran Bucket

- Lebar : 8 in
- Proyeksi : 5,5 in
- Kedalaman : 7,8 in
Putaran head shaft : 28 rpm
Power : 4 hp
Jumlah : 1 buah



6. Hopper Bauksit (F-115)



Spesifikasi :

Fungsi : Menampung sementara Bauksit sebelum masuk ke dalam Reaktor 1
Type : Silinder dengan tutup bawah berbentuk conical
dengan posisi vertikal

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Waktu Tinggal : 1 jam
Kapasitas : 2957,9659 kg/jam

Dimensi Shell

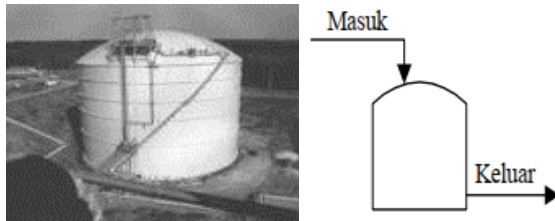
Diameter : 3,5973 ft
Tinggi : 4,5661 ft
Tebal shell : 10/16 in

Dimensi Tutup

Diamer atas : 3,5973 ft
Diameter bawah : 1 ft
Tinggi : 0,7498 ft
Cone angle : 30°
Tebal tutup : 4/16 in
Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah : 1 buah



7. Tangki Penyimpanan H₂SO₄ (F-120)



Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menyimpan Asam Sulfat (H₂SO₄) 98% dari supplier
Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah dish

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Waktu Tinggal : 7 hari
Kapasitas : 3775,2647 kg/jam

Dimensi Shell

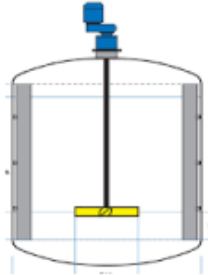
Diameter : 47,276 ft
Tinggi : 47,276 ft
Tebal shell : 13/16 in

Dimensi Tutup

Tinggi tutup : 23,638 ft
Tebal tutup : 13/16 in
Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah : 1 buah



8. Tangki Pengenceran H_2SO_4 (M-122)



Spesifikasi :

Fungsi : Mengencerkan larutan Asam Sulfat 98% sampai 77.67%
Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah elliptical dishead
dilengkapi pengaduk dan jacket

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm
Suhu : 110 °C
Waktu Tinggal : 1 jam
Kapasitas : 5605,6961 kg/jam

Dimensi Shell

Diameter : 3,7418 ft
Tinggi : 7,4835 ft
Tebal shell : 3/16 in

Dimensi Tutup

Tinggi tutup atas : 0,9354 ft
Tinggi tutup bawah : 0,9354 ft
Tebal tutup atas : 3/16 in
Tebal tutup bawah : 3/16 in

Jaket

Tinggi jaket : 8,419 ft
Tebal jaket : 3/16 in

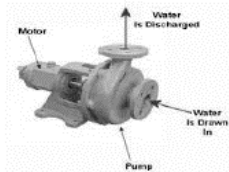
Pengaduk

Jenis pengaduk : Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller : 1 buah
Diameter impeller : 1,2473 ft
Lebar blade : 0,2495 ft
Panjang blade : 0,3118 ft
Jarak impeller dari dasar : 1,2473 ft



Lebar baffle	:	0,3118 ft
Type poros	:	Commercial hot rolled steel
Putaran	:	210 rpm
Power motor	:	19,291 hp
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah	:	1 buah

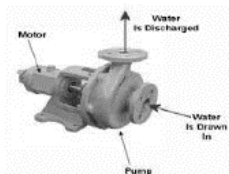
9. Pompa -1



Spesifikasi :

Fungsi	:	Memindahkan asam sulfat 98% ke Tangki Pengencer
Type	:	Ccentrifugal Pump
Kapasitas	:	3775,3 kg/jam
Total Dynamic Head (-Wf)	:	18,823 ft. lbf/lbm
Efisiensi Motor	:	0,8
Power	:	0,2198 hp
Bahan Konstruksi	:	Galvanized Iron
Jumlah	:	1 buah

10. Pompa-2

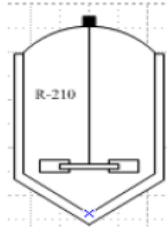


Spesifikasi :

Fungsi	:	Mengalirkan asam sulfat 77.67% dari Tangki Pengencer ke reaktor 1
Type	:	Ccentrifugal Pump
Kapasitas	:	5605,7 kg/jam
Total Dynamic Head (-Wf)	:	22,006 ft. lbf/lbm
Efisiensi Motor	:	0,8
Power	:	0,3815 hp
Bahan Konstruksi	:	Galvanized Iron
Jumlah	:	1 buah



11. Reaktor -1 (R-210)



Spesifikasi :

Fungsi : Mereaksikan Bauksit dengan H_2SO_4 77.67%
dan menghasilkan $Al_2(SO_4)_3$

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 : 110 °C

Tekanan Operasi : 1 atm

Waktu operasi : 2 jam

Kapasitas : 7952,2 kg/jam

Dimensi Shell :

Diameter : 5,934 ft

Tinggi : 11,868 ft

Tebal : 3/16 in

Dimensi Tutup

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 1,6903 ft

Tinggi tutup bawah : 1,4244 ft

Jaket

Tinggi Jaket : 13,293 ft

Tebal Jaket : 3/16 in

Pengaduk

Jenis pengaduk : Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah

Jumlah impeller : 3 buah

Diameter impeller : 1,978 ft

Lebar blade : 0,3956 ft

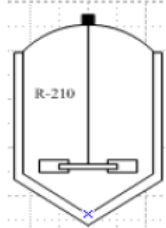
Panjang blade : 0,4945 ft

Jarak impeller dari dasar : 1,978 ft



Lebar baffle	:	0,4945 ft
Type poros	:	Commercial hot rolled steel
Putaran	:	130 rpm
Power motor	:	79 hp
Jumlah	:	1 buah

12. Reaktor -2 (R-220)



Spesifikasi :

Fungsi	:	Menambahkan BaS kedalam $Al_2(SO_4)_3$ untuk mereduksi $Fe_2(SO_4)_3$ menjadi FeS
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	:	110 °C
Tekanan Operasi	:	1 atm
Waktu operasi	:	2 jam
Kapasitas	:	8717,8 kg/jam

Dimensi Shell :

Diameter	:	6,137 ft
Tinggi	:	12,273 ft
Tebal	:	3/16 in

Dimensi Tutup

Tebal tutup atas	:	3/16 in
Tebal tutup bawah	:	3/16 in
Tinggi tutup atas	:	1,486 ft
Tinggi tutup bawah	:	1,4828 ft

Jaket

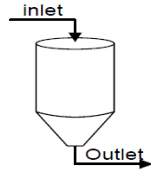
Tinggi Jaket	:	13,756 ft
Tebal Jaket	:	3/16 in



Pengaduk

Jenis pengaduk	:	Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller	:	4 buah
Diameter impeller	:	2,0455 ft
Lebar blade	:	0,4091 ft
Panjang blade	:	0,5114 ft
Jarak impeller dari dasar	:	2,0455 ft
Lebar baffle	:	0,5114 ft
Type poros	:	Commercial hot rolled steel
Putaran	:	130 rpm
Power motor	:	106 hp
Jumlah	:	1 buah

13. Hopper BaS (F-221)



Spesifikasi :

Fungsi	:	Menampung sementara BaS sebelum masuk reaktor 2
Type	:	Silinder dengan tutup bawah berbentuk conical dengan posisi vertikal

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi	:	30 °C
Tekanan Operasi	:	1 atm
Waktu operasi	:	2 jam
Kapasitas	:	729,17 kg/jam

Dimensi Shell :

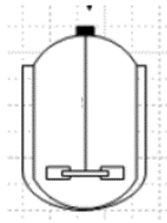
Diameter	:	2,515 ft
Tinggi	:	3,098 ft
Tebal	:	3/16 in

Dimensi Tutup

Diameter atas	:	2,5154 ft
Diameter bawah	:	1 ft
Tinggi	:	0,4375 ft
Cone angle	:	30°
Tebal tutup	:	4/16 in
Bahan Konstruksi	:	Carbon steel, SA - 283 Grade C
Jumlah	:	1 buah



14. Tangki Penampung $Al_2(SO_4)_3$ (F-223)



Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menampung sementara $Al_2(SO_4)_3$ dari reaktor-2
Type : Silinder tegak, tutup bawah dan tutup atas berbentuk elliptical dishead dilengkapi dengan pengaduk dan jaket

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi : 30 °C
Tekanan Operasi : 1 atm
Waktu operasi : 6 jam
Kapasitas : 8717,8 kg/jam

Dimensi Shell :

Diameter : 9,228 ft
Tinggi : 18,456 ft
Tebal : 4/16 in

Dimensi Tutup

Tebal tutup atas : 4/16 in
Tebal tutup bawah : 4/16 in
Tinggi tutup atas : 2,3071 ft
Tinggi tutup bawah : 2,3071 ft

Jaket

Tinggi Jaket : 20,764 ft
Tebal Jaket : 3/16 in

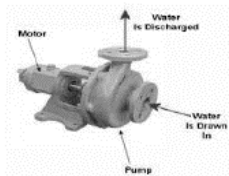
Pengaduk

Jenis pengaduk : Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller : 3 buah
Diameter impeller : 3,0761 ft
Lebar blade : 0,6152 ft
Panjang blade : 0,769 ft
Jarak impeller dari dasar : 3,0761 ft
Lebar baffle : 0,769 ft
Type poros : Commercial hot rolled steel



Putaran : 75 rpm
Power motor : 157 hp
Jumlah : 1 buah

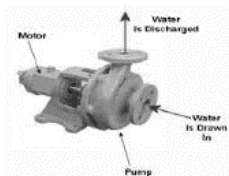
15. Pompa -3



Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan larutan produk ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dari reaktor 1 ke reaktor 2
Type : Centrifugal Pump
Kapasitas : 7952,2 kg/jam
Total Dynamic Head (-Wf) : 19,713 ft. lbf/lbm
Efisiensi Motor : 0,8
Power : 0,4849 hp
Bahan Konstruksi : Galvanized Iron
Jumlah : 1 buah

16. Pompa-4

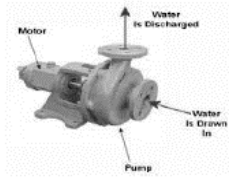


Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan larutan produk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dari reaktor 2 ke Tangki Penampungan produk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Type : Centrifugal Pump
Kapasitas : 8717,8 kg/jam
Total Dynamic Head (-Wf) : 28,424 ft. lbf/lbm
Efisiensi Motor : 0,8
Power : 0,7664 hp
Bahan Konstruksi : Galvanized Iron
Jumlah : 1 buah



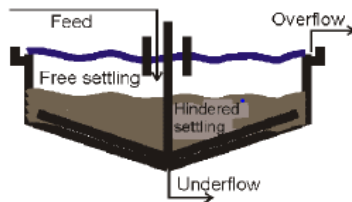
17. Pompa-5



Spesifikasi :

Fungsi	:	Memindahkan larutan produk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dari Tangki Penampungan produk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ke Thickener 1
Type	:	Centrifugal Pump
Kapasitas	:	8717,8 kg/jam
Total Dynamic Head (-Wf)	:	26,63 ft. lbf/lbm
Efisiensi Motor	:	0,8
Power	:	0,718 hp
Bahan Konstruksi	:	Galvanized Iron
Jumlah	:	1 buah

18. Thickener 1 (H-310)



Spesifikasi :

Fungsi	:	Untuk mengendapkan impurities yang masih terikut produk
Type	:	Silinder dengan tutup bawah berbentuk conical dengan posisi vertikal

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi	:	30 °C
Tekanan Operasi	:	1 atm
Waktu operasi	:	3 jam
Kapasitas	:	8717,8 kg/jam

Dimensi Shell :

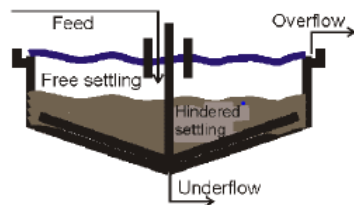
Diameter	:	10,406 ft
Tinggi	:	5,203 ft
Tebal	:	3/16 in



Dimensi Tutup

Diameter	:	10,406 ft
Tinggi	:	2,2714 ft
Cone angle	:	45°
Tebal tutup	:	3/16 in
Bahan Konstruksi	:	Carbon steel, SA - 283 Grade C
Jumlah	:	1 buah

19. Thickener 2 (H-320)



Spesifikasi :

Fungsi	:	Untuk mencuci slurry yang keluar dari Thickener 1
Type	:	Silinder dengan tutup bawah berbentuk conical dengan posisi vertikal

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi	:	30 °C
Tekanan Operasi	:	1 atm
Waktu operasi	:	3 jam
Kapasitas	:	2699 kg/jam

Dimensi Shell :

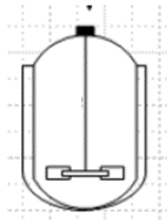
Diameter	:	4,050 ft
Tinggi	:	2,025 ft
Tebal	:	3/16 in

Dimensi Tutup

Diameter	:	4,050 ft
Tinggi	:	2,2714 ft
Cone angle	:	45°
Tebal tutup	:	3/16 in
Bahan Konstruksi	:	Carbon steel, SA - 283 Grade C
Jumlah	:	1 buah



20. Tangki Penampung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Dari Thickener (F-322)



Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menampung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dari Thickener 1 dan Thickener 2
Type : Silinder tegak, tutup bawah dan tutup atas berbentuk elliptical dishead dilengkapi dengan pengaduk dan jaket

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi : 30 °C
Tekanan Operasi : 1 atm
Waktu operasi : 2 jam
Kapasitas : 7163,3 kg/jam

Dimensi Shell :

Diameter : 7,995 ft
Tinggi : 15,989 ft
Tebal : 3/16 in

Dimensi Tutup

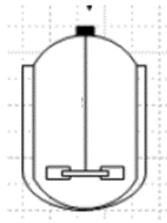
Tebal tutup atas : 3/16 in
Tebal tutup bawah : 3/16 in
Tinggi tutup atas : 1,9986 ft
Tinggi tutup bawah : 1,9986 ft

Pengaduk

Jenis pengaduk : Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller : 2 buah
Diameter impeller : 2,6648 ft
Lebar blade : 0,533 ft
Panjang blade : 0,6662 ft
Jarak impeller dari dasar : 2,6648 ft
Lebar baffle : 0,6662 ft
Type poros : Commercial hot rolled steel
Putaran : 100 rpm
Power motor : 60 hp
Jumlah : 1 buah



21. Tangki Penampung BaSO₄ (F-321)



Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menampung BaSO₄ sebagai produk samping dari Thickener 2
Type : Silinder tegak, tutup bawah dan tutup atas berbentuk
elliptical dishead dilengkapi dengan pengaduk

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi : 30 °C
Tekanan Operasi : 1 atm
Waktu operasi : 2 jam
Kapasitas : 1976,3 kg/jam

Dimensi Shell :

Diameter : 2,807 ft
Tinggi : 5,615 ft
Tebal : 3/16 in

Dimensi Tutup

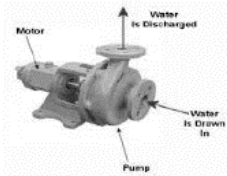
Tebal tutup atas : 3/16 in
Tebal tutup bawah : 3/16 in
Tinggi tutup atas : 0,7018 ft
Tinggi tutup bawah : 0,7018 ft

Pengaduk

Jenis pengaduk : Tipe flat blade turbin dengan jumlah blade 6 buah
Jumlah impeller : 2 buah
Diameter impeller : 0,9358 ft
Lebar blade : 0,1872 ft
Panjang blade : 0,2339 ft
Jarak impeller dari dasar : 0,9358 ft
Lebar baffle : 0,2339 ft
Type poros : Commercial hot rolled steel
Putaran : 220 rpm
Power motor : 1,42 hp
Jumlah : 1 buah



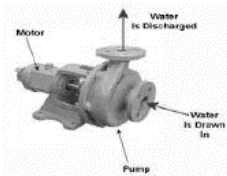
22. Pompa 6



Spesifikasi :

Fungsi	:	Memindahkan slurry dari Thickener 1 ke Thickener 2
Type	:	Centrifugal Pump
Kapasitas	:	2277,2 kg/jam
Total Dynamic Head (-Wf)	:	22,725 ft. lbf/lbm
Efisiensi Motor	:	0,8
Power	:	0,1601 hp
Bahan Konstruksi	:	Galvanized Iron
Jumlah	:	1 buah

23. Pompa 7

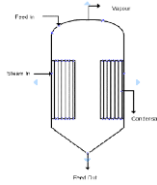


Spesifikasi :

Fungsi	:	Memindahkan produk $Al_2(SO_4)_3$ dari Tangki Penampungan
Type	:	Centrifugal pump
Kapasitas	:	7163,3 kg/jam
Total Dynamic Head (-Wf)	:	26,064 ft. lbf/lbm
Efisiensi Motor	:	0,8
Power	:	11,257 hp
Bahan Konstruksi	:	Galvanized Iron
Jumlah	:	1 buah



24. Evaporator (V-330)



Spesifikasi :

Fungsi : Memekatkan larutan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dari 58,79% ke 65%

Type : Standard Vertical Long Tube Evaporator

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi : 80 °C

Tekanan Operasi : 0,467 atm

Proses Operasi : Vaccum

Kapasitas : 7163,3 kg/jam

Dimensi Shell :

Diameter : 4,818 ft

Tinggi : 9,637 ft

Tebal : 3/16 in

Dimensi Tutup

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 2,1499 ft

Tinggi tutup bawah : 0,5116 ft

Bagian Tube

OD : 1,00 in

BWG : 16

ID : 0,87 in

Flow area per tube (a't) : 0,594 in²

Surface per lin ft (a'') : 0,2618 ft²

Disusun : Persegi

Pitch : 1

Panjang blade : 6 ft

Jumlah tube : 32 buah

Faktor Ppengotor

Rd ketentuan : 0,0028 jam ft² °F/Btu

Rd hitung : 0,002 jam ft² °F/Btu

Pressure Drop

Shell : 0,0013 psi

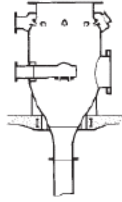
Tube : 0,0105 psi

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA- 203 Grade C

Jumlah : 1 buah



25. Barometric Condensor (E-331)



Spesifikasi :

Fungsi : Mengubah fase $H_2O(g)$ yang menguap dari evaporator menjadi $H_2O(l)$

Type : Vertical Counter Current Condensor

Kondisi Operasi :

Suhu Operasi : 80 °C

Tekanan Operasi : 0,467 atm

Proses Operasi : Vacuum

Kapasitas : 775,42 kg/jam

Dimensi Shell :

Diameter : 1,000 ft

Tinggi : 2,000 ft

Tebal : 3/16 in

Dimensi Tutup

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Tinggi tutup bawah : 0,5774 ft

Bagian Tube

OD : 1,25 in

BWG : 18 in

ID : 1,15 in

Flow area per tube (a't) : 1,04 in²

Surface per lin ft (a") : 0,3271 ft²

Disusun : Segitiga

Pitch : 1,56 in

Panjang blade : 6 ft

Jumlah tube : 32 buah

Faktor Ppengotor

Rd ketentuan : 0,0048 jam ft² °F/Btu

Rd hitung : 0,001 jam ft² °F/Btu

Pressure Drop

Shell : 0,000028 psi

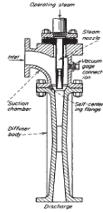
Tube : 0,014 psi

Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-203 Grade C

Jumlah : 1 buah



26. Steam Jet Ejector (G-332)



Spesifikasi :

Fungsi : Untuk memvakumkan evaporator
Type : Single Stage Steam Jet Ejector

Kondisi Ooperasi

Suhu : 80 °C
Tekanan : 0,467 atm
Proses Operasi : Vaccum
Kapasitas : 7,7534 kg/jam
Panjang : 2 in
Waktu Evakuasi : 13,321 menit
Jumlah : 1 buah

27. Hot Well (F-333)



Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menampung kondensat dari barometric condensor
dan steam jet ejector
Bentuk : Balok terbuka

Kondisi Ooperasi

Suhu : 80 °C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 391,59 kg/jam

Ukuran Hot Well

Panjang : 4,1458 ft
Lebar : 2,0729 ft
Tinggi : 2,0729 ft
Bahan konstruks : Beton
Jumlah : 1 buah



28. Steel Belt Cooler (J-334)



Spesifikasi :

- Fungsi : Memadatkan slurry $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang keluar dari evaporator
Bentuk : Sandvik Steel Belt Cooler
Dasar pemilihan : Sesuai dengan fungsinya untuk memadatkan slurry seluruhnya, dengan bantuan blower, air pendingin dan udara sekitar dengan sistem terbuka

Kondisi Ooperasi

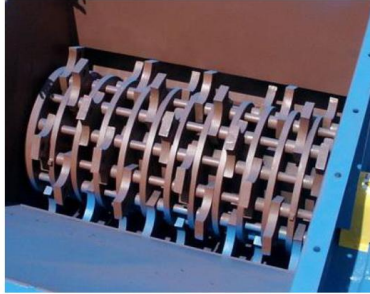
- Suhu : 30 °C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 6380,1 kg/jam

Ukuran Belt

- Panjang : 30 ft
Diameter : 10 ft
Kecepatan putaran : 12 ft
Power : 0,7459 hp
Jumlah : 1 buah



29. Shredder (Crushing) (C-335)



Spesifikasi :

Fungsi : Memecah lempengan aluminium sulfat menjadi serpihan
Bentuk : Single Shaft Shredder

Kondisi Ooperasi

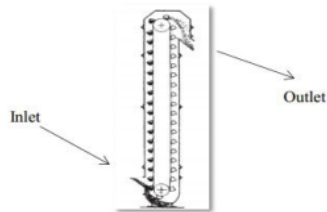
Suhu : 30 °C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 6313,1 kg/jam

Ukuran Shredder

Panjang : 2,7 m
Lebar : 1,5 m
Tinggi : 2 m
Putaran shaft : 73 rpm
Jumlah pisau rotor : 33 buah
Jumlah pisau stator : 6 buah
Diameter lubang saringan : 40 nm
Power motor : 50 hp
Jumlah : 1 buah



30. Bucket Elevator (J-336)



Spesifikasi :

Fungsi : Memindahkan padatan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang telah dihancurkan dari shredder ke Ball Mill untuk dihaluskan menjadi 200 mesh

Type : Continous Bucket Elevator.

Kondisi Operasi

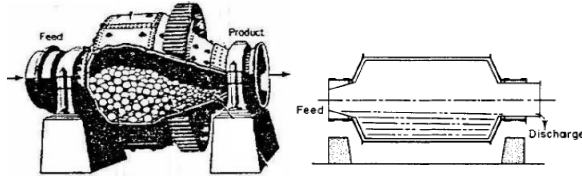
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Kapasitas : 6,3131 ton/jam
Tinggi Bucket : 25,00 ft
Kecepatan Bucket : 27,056 ft/menit
Bucket spacing : 8 in

Ukuran Bucket

- Lebar : 8 in
- Proyeksi : 5,5 in
- Kedalaman : 7,75 in
Putaran head shaft : 28 rpm
Power : 4,125 hp
Jumlah : 1 buah



31. Ball Mill (C-337)



Spesifikasi :

Fungsi : Menghaluskan produk sampai 200 mesh
Type : Ball Mill Grinding System, Marcy Ball Mill

Kondisi Operasi

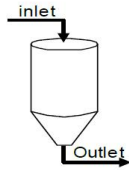
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Kapasitas maksimum : 151,52 ton/jam

Ukuran Ball Mill

Panjang Mill : 7 ft
Diameter Mill : 5 ft
No.. Sieve : 200 mesh
Ball Charge : 13,10 ton
Mill Speed : 23 rpm
Power : 56 hp
Jumlah : 1 buah



32. Silo Produk (F-338)



Spesifikasi :

- Fungsi : Menampung sementara produk, untuk kemudian diangkut ke packing
- Bentuk : Silinder dengan tutup bawah berbentuk conical dengan posisi vertical

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C
- Kapasitas : 6313,1 kg/jam

Dimensi Shell

- Diameter : 11,971 ft
- Tinggi : 11,971 ft
- Tebal shell : 4/16 in

Dimensi Tutup

- Diameter : 11,971 ft
- Tinggi : 9,5006 ft
- Cone angle : 60°
- Tebal tutup : 8/16 in
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C
- Jumlah : 1 buah



BAB VI

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

VI.1 Instrumentasi

Agar pabrik dapat berjalan, perlu dipasang alat instrumentasi untuk mendapatkan hasil produksi terbaik. Tujuan pemasangan alat-alat di sini adalah untuk mengontrol seluruh proses produksi alat tersebut dari awal produksi sampai dengan akhir produksi. Adanya alat instrumentasi tersebut, aktivitas setiap unit dapat tercatat kondisi operasinya sehingga dapat sesuai dengan kondisi operasi yang dikehendaki, serta dapat memberikan tanda-tanda apabila terjadi penyimpangan selama proses produksi berlangsung.

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 :

- Level, Range dan Fungsi dari alat instrumentasi.
- Akurasi hasil pengukuran.



Pra Rencana Pabrik “Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan Proses Dorr”

- Bahan konstruksi material
- Pengaruh yang ditimbulkan terhadap kondisi operasi proses yang berlangsung
- Mudah diperoleh di pasaran
- Mudah dipergunakan dan mudah diperbaiki jika rusak

Instrumen yang ada di pasaran dapat dibedakan menurut jenis pengoperasian alat instrumennya, yaitu instrumen manual atau otomatis. Pada dasarnya alat kendali otomatis lebih diutamakan karena pengendaliannya tidak terlalu sulit, kontinyu dan efektif sehingga menghemat tenaga dan waktu. Namun mengingat faktor-faktor ekonomis dan investasi modal yang ditanamkan pada alat instrumentasi dengan jenis otomatis, maka pada perancangan pabrik ini akan menggunakan kedua jenis alat instrumentasi tersebut.

Adapun fungsi utama dari alat instrumentasi otomatis adalah :

- Melakukan pengukuran.
- Sebagai pembanding hasil pengukuran dengan kondisi yang ditentukan.
- Melakukan perhitungan.
- Melakukan koreksi.

Alat instrumentasi otomatis ini dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. *Sensing / Primary Element / Sensor*

Alat kontrol ini langsung merasakan adanya perubahan pada variabel yang diukur, misalnya temperatur. *Primary Element* mengubah energi yang dirasakan dari media yang sedang dikontrol menjadi sinyal yang bisa dibaca (misalnya dengan tekanan fluida).

2. *Receiving Element / Elemen Pengontrol.*

Alat kontrol ini akan mengevaluasi sinyal yang didapat dari sensing element dan diubah menjadi data yang bisa dibaca (perubahan data analog menjadi digital), digambarkan dan dibaca oleh error detector. Dengan demikian sumber energi bisa diatur sesuai dengan perubahan-perubahan yang terjadi.



3. Transmitting Element

Alat kontrol ini berfungsi sebagai pembawa sinyal dari sensing element ke receiving element. Alat kontrol ini mempunyai fungsi untuk merubah data bersifat analog (tidak terlihat) menjadi data digital (dapat dibaca).

Dari ketiga jenis tersebut, terdapat peralatan pelengkap yang lain, yaitu :

- a) *Error Detector Element*, alat ini akan membandingkan besarnya harga yang terukur pada variabel kontrol dengan harga yang diinginkan dan apabila terdapat perbedaan maka alat ini akan mengirimkan sinyal *error*.
- b) *Amplifier* akan digunakan sebagai penguat sinyal jika sinyal yang dihasilkan oleh *error detector* lemah.
- c) *Motor Operator Sinyal Error* yang dihasilkan harus diubah sesuai dengan kondisi yang diinginkan, yaitu dengan penambahan variabel manipulasi.
- d) *Final Control Element* merupakan alat untuk mengoreksi harga variabel manipulasi. Untuk menjalankan *Final Control Element* biasanya diperlukan operator atau motor.

Macam instrumentasi pada suatu perencanaan pabrik misalnya :

1. *Flow Control* (F C)
Mengontrol aliran setelah keluar suatu alat.
2. *Flow Ratio Control* (F R C)
Mengontrol ratio aliran yang bercabang.
3. *Level Control* (L C)
Mengontrol ketinggian liquid di dalam tangki
4. *Weight Control* (W C)
Mengontrol berat solid yang dikeluarkan dari tangki
5. *Pressure Control* (P C)
Mengontrol tekanan pada suatu aliran / alat
6. *Temperature Control* (T C)
Mengontrol suhu pada suatu aliran / alat



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan
Proses Dorr”

Tabel VI.1 Instrumentasi Pada Pabrik

NO	NAMA ALAT	KODE	INSTRUMENTASI
1.	TANGKI ASAM SULFAT 98%	(F - 120)	(LC)
2.	POMPA – 1	(L - 121)	(FC)
3.	TANGKI PENGECER	(M - 122)	(FC ; TC)
4.	POMPA – 2	(L - 123)	(LC)
5.	REAKTOR – 1	(R - 210)	(TC ; LI)
6.	POMPA – 3	(L - 211)	(LC)
7.	REAKTOR – 2	(R - 220)	(TC ; LC)
8.	POMPA – 4	(L – 222)	(LC)
9.	TANGKI PENAMPUNG – 1	(F – 223)	(FC ; TC)
10.	POMPA – 5	(L - 224)	(FC)
11.	POMPA – 6	(L - 311)	(FC)
12.	THICKENER – 2	(H – 320)	(FC)
13.	TANGKI PENAMPUNG – 2	(F – 321)	(LI)
14.	POMPA – 7	(L - 322)	(FC)
15.	EVAPORATOR	(V - 330)	(TC ; PI ; LC)
16.	BAROMETRIC CONDENSOR	(E – 331)	(TC)
17.	HOT WELL	(F – 333)	(LC)
18.	STEEL BELT COOLER	(J – 334)	(TC)
19.	SILO ALUMINIUM SULFAT	(F – 339)	(WC)



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan
Proses Dorr”

VI.2 Keselamatan Kerja

Aktivitas masyarakat umumnya berhubungan dengan resiko yang dapat mengakibatkan kerugian pada badan atau usaha. Karena itu usaha-usaha keselamatan merupakan tugas sehari-hari yang harus dilakukan oleh seluruh karyawan. Keselamatan kerja dan keamanan pabrik merupakan faktor yang perlu diperhatikan secara serius. Dalam hubungan ini bahaya yang dapat timbul dari mesin, bahan baku dan produk, sifat zat, serta keadaan tempat kerja harus mendapat perhatian yang serius sehingga dapat dikendalikan dengan baik untuk menjamin kesehatan karyawan.

Perusahaan yang lebih besar memiliki divisi keselamatan tersendiri. Divisi tersebut mempunyai tugas memberikan penyuluhan, pendidikan, petunjuk-petunjuk, dan pengaturan agar kegiatan kerja sehari-hari berlangsung aman dan bahaya-bahaya yang akan terjadi dapat diketahui sedini mungkin, sehingga dapat dihindarkan (Bernasconi, 1995). Statistik menunjukkan bahwa angka kecelakaan rata-rata dalam pabrik kimia relatif tidak begitu tinggi. Tetapi situasi beresiko memiliki bentuk khusus, misalnya reaksi kimia yang berlangsung tanpa terlihat dan hanya dapat diamati dan dikendalikan berdasarkan akibat yang akan ditimbulkannya. Kesalahan - kesalahan dalam hal ini dapat mengakibatkan kejadian yang fatal. (Bernasconi, 1995).

Untuk menjamin keselamatan kerja, maka dalam perencanaan suatu pabrik perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. Sistem pencegahan kebocoran
2. Sistem perawatan
3. Sistem penerangan
4. Sistem penyimpanan material dan perlengkapan
5. Sistem pemadam kebakaran



Pra Rencana Pabrik “Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan Proses Dorr”

Disamping itu terdapat beberapa peraturan dasar keselamatan kerja yang harus diperhatikan pada saat bekerja di setiap pabrik-pabrik kimia, yaitu:

1. Tidak boleh merokok atau makan
2. Tidak boleh minum minuman keras (beralkohol) selama bertugas

Bahaya dan tindakan-tindakan yang tidak memperhatikan keselamatan akan mengakibatkan kerusakan. Yang menjamin keselamatan kerja sebetulnya adalah pengetahuan mengenai bahaya sedini mungkin, sehingga pencegahan dapat diupayakan sebelum bahaya tersebut terjadi. Berikut ini upaya-upaya pencegahan terhadap bahaya-bahaya yang mungkin terjadi pada pra – rancangan pabrik pembuatan Aluminium Sulfat dapat dilakukan dengan cara :

1. Pencegahan terhadap kebakaran
 - a) Memasang sistem *alarm* pada tempat yang strategis dan penting, seperti power station, laboratorium dan ruang proses.
 - b) Mobil pemadam kebakaran harus selalu dalam keadaan siap siaga di fire station.
 - c) Fire hydrant ditempatkan di daerah storage, proses, dan perkantoran.
 - d) Fire extinguisher disediakan pada bangunan pabrik untuk memadamkan api yang relatif kecil.
 - e) Smoke detector ditempatkan pada setiap sub-stasiun listrik untuk mendeteksi kebakaran melalui asapnya.
 - f) Fire sprinkler yang dipasang di langit-langit gedung agar memudahkan pemadaman api jika terjadi kebakaran dan memperkecil peluang api untuk membakar habis bangunan.

2. Memakai peralatan perlindungan diri

Di dalam pabrik disediakan peralatan perlindungan diri, seperti :

- a) Pakaian pelindung
Pakaian luar dibuat dari bahan-bahan seperti katun, wol, serat, sintetis, dan asbes. Pada musim panas sekalipun tidak diperkenankan bekerja dengan keadaan badan atas terbuka.



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan
Proses Dorr”

b) Sepatu pengaman

Sepatu harus kuat dan harus dapat melindungi kaki dari bahan kimia dan panas. Sepatu pengaman bertutup baja dapat melindungi kaki dari bahaya terjepit. Sepatu setengah tertutup atau bot dapat dipakai tergantung pada jenis pekerjaan yang dilakukan.

c) Helm pengaman

Helm yang dipakai harus sesuai dengan SNI agar dapat memberikan perlindungan secara maksimum terhadap percikan-percikan bahan kimia, terutama apabila bekerja dengan pipa-pipa yang letaknya lebih tinggi dari kepala, maupun tangki-tangki serta peralatan lain yang dapat bocor.

d) Sarung tangan

Dalam menangani beberapa bahan kimia yang bersifat korosif, maka para operator diwajibkan menggunakan sarung tangan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.

e) Masker

Berguna untuk memberikan perlindungan terhadap debu-debu yang berbahaya ataupun uap bahan kimia agar tidak terhirup.

f) Earplug

Berguna untuk memberikan perlindungan telinga terhadap suara bising yang ditimbulkan oleh kerja mesin.

3. Pencegahan terhadap bahaya mekanis

a) Sistem ruang gerak karyawan dibuat cukup luas dan tidak menghambat kegiatan kerja karyawan.

b) Alat-alat dipasang dengan penahan yang cukup kuat

c) Peralatan yang berbahaya seperti ketel uap bertekanan tinggi, reaktor bertekanan tinggi dan tangki gas bertekanan tinggi, harus diberi pagar pengaman.

d) Memberi tanda bising pada mesin mesin saat beroperasi mengeluarkan suara-suara yang dapat mengganggu indera pendengaran.



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan
Proses Dorr”

4. Pencegahan terhadap bahaya listrik

- a) Setiap instalasi dan alat-alat listrik harus diamankan dengan pemakaian sekering atau pemutus hubungan arus listrik secara otomatis lainnya.
- b) Sistem perkabelan listrik harus dipasang secara terpadu dengan tata letak pabrik, sehingga jika ada perbaikan dapat dilakukan dengan mudah
- c) Memasang papan tanda bahaya yang jelas pada daerah sumber tegangan tinggi
- d) Kabel-kabel listrik yang letaknya berdekatan dengan alat-alat yang beroperasi pada suhu tinggi harus diisolasi secara khusus
- e) Setiap peralatan atau bangunan yang menjulang tinggi harus dilengkapi dengan penangkal petir yang dibumikan

5. Menerapkan nilai-nilai disiplin bagi karyawan

- a) Setiap karyawan bertugas sesuai dengan pedoman-pedoman yang diberikan dan mematuhi setiap peraturan dan ketentuan yang diberikan.
- b) Setiap kecelakaan kerja atau kejadian yang merugikan segera dilaporkan ke atasan.
- c) Setiap karyawan harus saling mengingatkan akan perbuatan yang dapat menimbulkan bahaya.
- d) Setiap ketentuan dan peraturan harus dipatuhi.

6. Penyediaan poliklinik di lokasi pabrik

Poliklinik disediakan untuk tempat pengobatan akibat terjadinya kecelakaan secara tiba-tiba, misalnya menghirup gas beracun, patah tulang, luka terbakar pingsan/syok dan lain sebagainya. Apabila terjadi kecelakaan kerja, seperti terjadinya kebakaran pada pabrik, maka hal-hal yang harus dilakukan adalah :

- a) Mematikan seluruh kegiatan pabrik, baik mesin maupun listrik.
- b) Mengaktifkan alat pemadam kebakaran, dalam hal ini alat pemadam kebakaran yang digunakan disesuaikan dengan jenis kebakaran yang terjadi, yaitu:
 - i. Instalasi pemadam dengan air



Pra Rencana Pabrik “Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat Dengan Proses Dorr”

Untuk kebakaran yang terjadi pada bahan berpijar seperti kayu, arang, kertas, dan bahan berserat. Air ini dapat disemprotkan dalam bentuk kabut. Sebagai sumber air, biasanya digunakan air tanah yang dialirkan melalui pipa- pipa yang dipasang pada instalasi- instalasi tertentu di sekitar areal pabrik. Air dipompakan dengan menggunakan pompa yang bekerja dengan instalasi listrik tersendiri, sehingga tidak terganggu apabila listrik pada pabrik dimatikan ketika kebakaran terjadi.

ii. Instalasi pemadam dengan CO₂

CO₂ yang digunakan berbentuk cair dan mengalir dari beberapa tabung gas yang bertekanan yang disambung secara seri menuju nozel-nozel. Instalasi ini digunakan untuk kebakaran dalam ruang tertutup, seperti pada tempat tangki penyimpanan dan juga pemadam pada instalasi listrik.



BAB IV UTILITAS

Dalam sebuah pabrik, utilitas merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan mengingat saling berhubungan antara proses industri dengan kebutuhan utilitas untuk proses tersebut. Utilitas yang terdapat dalam pabrik Aluminium Sulfat ini terdiri atas:

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



VII.1. Unit Penyediaan Steam

Unit Penyediaan Steam berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam, yang digunakan sebagai media pemanasan pada pabrik ini. Direncanakan boiler menghasilkan steam jenuh (saturated steam) pada :

$$\begin{aligned}
 P &= 4,5 \text{ atm dan } T = 148 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{dengan } h_v &= 2743,0 \text{ kJ/kg} \quad (\text{J. M Smith 7ed App F Tabel F1}) \\
 &= 655,6 \text{ Kkal/kg} \\
 &= 1179,1 \text{ Btu/lb}
 \end{aligned}$$

Jumlah steam yang dibutuhkan untuk memproduksi steam adalah:

No.	Nama Alat	Kode Alat	Steam (kg/jam)	Steam (lb/jam)
1	Evaporator	V-330	1.690,4375	3.726,7724
2	Steam Jet Ejector	F-333	34,6182	76,1600
JUMLAH			1.725,0557	3802,9324

$$\text{Total kebutuhan steam} = 3802,9324 \text{ lb/jam}$$

Untuk faktor keamanan dari kebocoran-kebocoran yang terjadi, maka

direncanakan steam yang dihasilkan 20% lebih besar dari kebutuhan steam total :

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times \text{kebutuhan normal} \\
 &= 1,2 \times 3.802,9324 \\
 &= 4.563,5189 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Bahan Bakar

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

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 $e_b = 92\%$) [Severn, W.H, hal. 142]

F = nilai kalor bahan bakar, Btu/lb

$$h_v = 1179,2 \text{ Btu/lb} \quad (\text{suhu steam} = 148 \text{ }^\circ\text{C}) \quad [\text{steam table smith}]$$

$$h_f = 180,17 \text{ Btu/lb} \quad (\text{suhu air} = 100 \text{ }^\circ\text{C}) \quad [\text{steam table smith}]$$

$$e_b = 92 \% \quad [\text{diambil efisiensi maksimum}]$$

F = nilai kalor bahan bakar



digunakan petroleum fuels oil 33 ° API (0,22% sulfur) (perry 7^{ed}, T.27-6)

dari perry 7^{ed}, Fig,27-3, didapat :

relatif density, ρ	=	0,8400	gr/cc
	=	52,4395	lb/cuft
	=	7,0102	lb/gal
Heating Value	=	140.000	Btu/gal

maka Heating Value bahan bakar = $\frac{140.000}{7,0102} = 19.126,1927$ Btu/lb

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

$$m_f = \frac{4.563,5189}{92} \times \frac{(1179,2 - 180,17)}{19.126,1927} \times 100$$

$$= 259,0838 \text{ lb/jam}$$

Kapasitas Boiler

$$Q = \frac{m_s (h_v - h_f)}{1000} \quad [Severn, W.H, pers 171]$$

$$= \frac{4563,52 (1179,2 - 180,2)}{1000} = 4.558,8641 \text{ Btu/jam}$$

Penentuan Boiler Horse Power

Untuk penentuan Boiler Horse power, digunakan persamaan :

$$hp = \frac{m_s (h_v - h_f)}{(970.3) (34.5)} \quad [Severn, pers 172 ; 140]$$

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 enthalpy penguapan 970.3 Btu/lb.

$$hp = \frac{4563,52 (1179,2 - 180,2)}{970,3 \times 34,5} = 136,1857 \text{ hp}$$

Penentuan Heating Surface boiler :

Untuk 1 hp boiler dibutuhkan 10 ft² heating surface. [Severn, W.H, hal. 140]

$$\text{Total heating surface} = 10 \times 136,1857 = 1.361,8570 \text{ ft}^2$$

Kebutuhan air untuk pembantuan steam:

Air yang dibutuhkan diambil 20% berlebih dari jumlah steam yang dibutuhkan untuk



faktor keamanan.

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan steam} &= 4.563,5189 \quad \text{lb/jam} \\ \text{Kebutuhan air} &= 1,2 \times 4564 = 5476 \quad \text{lb/jam} = 131.429 \quad \text{lb/hari} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \quad \text{lb/cuft} \text{ maka;} \\ \text{volume air} &= 2105,23 \quad \text{cuft/hari} = 59,6134 \quad \text{m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Air kondensat dari hasil pemanasan direcycle kembali ke boiler. Dianggap kehilangan air kondensat 20%. Maka air yang ditambahkan sebagai make up water adalah $= 0,2 \times 59,6134 = 11,9227 \text{ m}^3/\text{hari}$

Spesifikasi :

Nama alat	: Boiler
Type	: Fire tube boiler (tekanan steam <10 atm)
Heating surface	: 1.361,8570 ft ²
Kapasitas boiler	: 4.558,8641 kiloBtu/jam
Rate steam	: 4.563,5189 lb/jam
Efisiensi	: 92 %
Bahan bakar	: Diesel oil 33 °API
Rate bahan bakar	: 259,0838 lb/jam
Jumlah	: 1 buah

VII.2. Unit Penyediaan Air

Air didalam pabrik memegang peranan penting dan harus memenuhi persyaratan tertentu yang disesuaikan dengan masing - masing keperluan di dalam pabrik. Penyediaan air untuk pabrik Aluminium Sulfat ini direncanakan dari air sungai.

Air sungai sebelum masuk ke dalam bak penampung dilakukan penyaringan lebih dahulu dengan maksud untuk menghilangkan kotoran yang bersifat makro dengan memasang sekat - sekat kayu agar kotoran - kotoran tersebut terhalang dan tidak ikut masuk dalam tangki penampung (reservoir). Dari tangki penampung kemudian dilakukan pengolahan (dalam air unit treatmen). Untuk menghemat pemakaian air maka diadakan sirkulasi. Air dalam 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, memasak, cuci, mandi dan sebagainya.
Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan No.492/Menkes/Per/IV/2010.

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang di perbolehkan
Suhu	°C	Suhu air normal (25-30 °C)
Kekeruhan	Skala NTU	5
Warna	Unit PT-Co	15
Jumlah zat terlarut	mg/l	500
pH		6.5-8.5
Kesadahan	mg/l	500
CO ₂ bebas	ppm CO ₂	-
DO	ppm O ₂	> -4
Nitrit	ppm NO ₂	3
Ammonia	ppm NH ₃ -N	1,5
Tembaga	ppm Cu	2
Fosfat	ppm PO ₄	-
Sulfida	ppm H ₂ S	Nihil
Besi	ppm Fe	5
Krom heksafalen	ppm Cr	0,05
Mangan	ppm Mn	0,5
Seng	ppm Zzn	5
Timbal	ppm Pb	0,1
COD	ppm O ₂	10
Detergen	ppm MBAS	0,5

Kebutuhan air sanitasi untuk pabrik ini adalah untuk :

- Kebutuhan air untuk karyawan	=	15 liter/hari per orang
15 liter/hari per orang x 142 orang	=	2,13 m ³ /hari
- Keperluan laboratorium	=	20 m ³ /hari
- Menyiram kebun dan kebersihan pabrik	=	10 m ³ /hari
- Cadangan /lain-lainnya	=	10 m ³ /hari
Total kebutuhan air sanitasi	=	42,13 m ³ /hari

+

VII.2.2 Air Umpan Boiler

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



harus dipenuhi antara lain :

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

Kebutuhan air umpan boiler dapat diketahui pada perhitungan boiler.

$$\text{Kebutuhan air umpan boiler} = 59,6134 \text{ m}^3/\text{hari}$$

VII.2.3 Air pendingin

Untuk kelancaran dan efisiensi kerja dari air pendingin, maka perlu diperhatikan persyaratan untuk air pendingin dan air umpan boiler : (lamb :302)

Karakteristik	kadar maximum (ppm)	
	Air Boiler	Air Pendingin
Silica	0,7	50
Aluminum	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 didinginkan kembali dalam cooling tower, sehingga perlu sirkulasi air pendingin, maka disediakan pengganti sebanyak 20% kebutuhan. Kebutuhan air pendingin :

No.	Nama Alat	Kode Alat	CW(kg/jam)	CW(lb/jam)
1	Tangki Pengencer H ₂ SO ₄	M-122	18.132,9688	39.976,3056
2	Reaktor I	R-210	200.544,5381	442.124,4995
3	Reaktor II	R-220	18.965,2489	41.811,1671
4	Tangki Penampung dari Reaktor 2	F-223	20.290,6146	44.733,0948
5	Barometric Condensor	E-331	609.286,2197	1.343.244,5856
6	Steel Belt Cooler	J-334	9.505,2826	20.955,5361
JUMLAH			876.724,8727	1.932.845,1888

Kebutuhan air pendingin total = 876.724,8727 kg/jam

COOLING TOWER (D-310)

Fungsi: mendinginkan air pendingin yang sudah terpakai

Untuk keperluan ini digunakan cooling tower dengan spesifikasi sebagai berikut:

Total kebutuhan air pendingin = 876.724,8727 kg / jam
 = 21.041.396,9441 kg/hari
 Rate Volumetrik = 21.041,3969 m³ / hari
 Densitas air = 1000 kg / m³
 Volume air pendingin = rate volumetrik x waktu
 = 21.041,3969 m³ / hari x 1 hari
 = 21.041,3969 m³

Dianggap kehilangan air pada waktu sirkulasi 10% dari total air pendingin. Sehingga sirkulasi air pendingin adalah 90%.

Air yang disirkulasi = 90% x 21.041,3969 m³ / hari
 = 18.937,2572 m³/hari

Air yang harus ditambahkan sebagai make up water = 10% x 21.041,397
 = 2.104,1397 m³ / hari

Jadi, total kebutuhan air (disirkulasi) sebesar = $\frac{21.041,3969}{24} \times \frac{264,17}{60}$
 = 3.860,0735 gpm

T air masuk cooling tower (T₁) = 45 °C = 113 °F

T air keluar cooling tower (T₂) = 30 °C = 86 °F



Diambil kondisi 70% relative humidity 30°C.

$$\text{Delta temperatur} = 45 - 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{T dry bulb udara (Tdb)} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{T wet bulb} = T_{wb} = 15 \text{ } ^\circ\text{C} = 59 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Temperature approach} &= T_2 - T_{wb} \\ &= 86 - 59 = 27 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\text{Temperature range} = T_1 - T_2 = 113 - 86 = 27$$

$$\text{Konsentrasi air} = 3 \text{ gpm/ft}^2 \quad (\text{Perry 8 edition F. 12-8c}) \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung Make Up Water

Aliran air sirkulasi masuk cooling tower (Wc)

$$= 21.041.396,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 876.724,8727 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Evaporation Loss (We)

$$= 0,00085 \times Wc (T_1 - T_2)$$

$$= 0,00085 \times 876724,8727 \text{ m}^3/\text{jam} \times (113 - 86)$$

$$= 20120,8358$$

Water drift loss (Wd)

Air yang keluar karena fan berputar, untuk ini standarnya 0,1-0,2%

$$\text{Jumlah air yang bersikulasi} = 0,002 \times Wc \quad (\text{Perry 7ed. Hal 12-17})$$

$$= 0,002 \times 876724,8727 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1753,4497 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Water blow down (Wb)

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

$$\text{Dipilih } S = 5$$

$$\text{Wb} = \frac{We}{(S-1)}$$

$$= \frac{20120,836}{5 - 1}$$

$$= 5030,2090 \text{ m}^3/\text{jam}$$



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

$$\begin{aligned}W_m &= W_e + W_b + W_d \\ &= 20120,836 + 5030,2090 + 1753,4497 \\ &= 26904,495 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Dengan dasar perhitungan dari hal. 3 -795(Perry 3.ed.1984), diperoleh :

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

$$L = \frac{\text{Gpm} / W}{C \times 12 \times C_w \times C_h} \quad (\text{Perry 3ed hal. 3 -795})$$

Dengan :

- L = Panjang cooling tower, ft
- W = wind correction factor.
- C = Konsentrasi air /ft² Cooling tower
- C_w = wet bulb correction factor.

Diperoleh :

- W = 1 fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)
- C_w = 0,98 fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)
- C = 2 fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)
- C_h = 1,25 fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)

Maka dapat diperoleh :

$$\begin{aligned}L &= \frac{3.860,0735 \times 1}{2 \times 12 \times 1 \times 1,25} \\ &= 131,2950 \text{ ft}\end{aligned}$$

Menghitung dimensi cooling tower

$$\text{Kapasitas, } Q = 3.860,0735 \text{ gpm}$$

Jadi luas cooling tower :

$$A = \frac{Q}{\text{Konsentrasi air}} = \frac{3.860,0735 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2} = 1.930,0367 \text{ ft}^2$$

Tinggi menara :

Berdasarkan Perry 8 edition p. 12- 19 :



untuk range pendingin 25 - 35 °F dengan temperatur approach 27 °F diperoleh tinggi menara 25 - 30 ft.

karena temperature range = 90 °F , maka diperoleh tinggi menara :

$$\frac{30 - 25}{35 - 25} = \frac{y - 25}{30 - 25} = \frac{5}{10} = \frac{y - 25}{5}$$
$$y = 27,5 \text{ ft} \quad 25 = 10y - 250$$

tinggi menara (h) = 27,5 ft

Diameter menara :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$
$$1.930,0367 = \frac{3,14}{4} \times D^2$$
$$D^2 = 2.458,6455$$
$$D = 23,10 \text{ ft}$$

Power fan :

Dengan performance dari cooling tower 90%, dari perry 8ed-F.12-8d diperoleh:

power fan = 0,031 hp/ft² dari area tower, maka power fan :

$$\text{Power fan} = A \times 0,031$$
$$= 1930,037 \text{ ft}^2 \times 0,031 \text{ hp/ft}^2$$
$$= 59,8311 \text{ hp}$$

Efisiensi fan = 0,80

$$\text{Fan power} = \frac{\text{Power fan}}{\text{Efisiensi fan}} = 74,7889 \text{ hp}$$

Spesifikasi :

Fungsi	:	Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin
Nama	:	Cooling Tower
Type	:	Crossflow induced draft cooling tower
Kapasitas	:	876.724,8727 m ³ /jam
Luas	:	1930,0367 ft ²
Tinggi	:	27,5 ft
Diameter	:	23,10 ft
Panjang	:	131,2950 ft
Lebar	:	12 ft
Power fan	:	74,78892 hp
Jumlah	:	1 buah



VII.2.4 Air Proses

Kebutuhan air proses untuk pabrik

No.	Nama Alat	Kode	Air (kg/jam)	Air (lb/jam)
1	Tangki Pengenceran H ₂ SO ₄	M-122	1.037,5783	2.282,6722
2	Thickener II	H-320	421,7782	927,9120
TOTAL			1.459,3565	

$$\text{Total kebutuhan air proses} = 1.459,3565 \text{ kg/jam} = 35,0246 \text{ m}^3/\text{hari}$$

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 dipergunakan.

Proses pengolahan air sungai :

Air sungai dipompakan ke bak penampungan (A-210) yang terlebih dahulu dilakukan penyaringan dengan cara memasang serat kayu agar kotoran bersifat makro akan terhalang dan tidak ikut masuk dalam bak koagulasi-flokulasi (A-220). Selanjutnya air dipompa ke bak pengendapan (A-230). Pada bak pengendapan ini kotoran - kotoran akan mengendap membentuk flok - flok yang sebelumnya pada bak koagulasi flokulasi diberikan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$.

Air bersih kemudian ditampung pada bak air jernih (A-240) yang selanjutnya dilewatkan sand filter untuk menyaring kotoran yang masih terikat oleh air. Air yang keluar ditampung ke bak. Dari perincian diatas, dapat disimpulkan kebutuhan air dalam pabrik Ammonium Sulfat adalah :

- Air Boiler	=	59,6134 m ³ /hari	=	2,4839 ≈	0,3 m ³ /jam
- Air pendingin	=	21.041,3969 m ³ /hari	=	876,7249 ≈	296 m ³ /jam
- Air Proses	=	35,0246 m ³ /hari	=	1,4594 ≈	2 m ³ /jam
- Air sanitasi	=	42,1300 m ³ /hari	=	1,7554 ≈	2 m ³ /jam
Total	=	21.178,1649 m ³ /hari	=	882,4235 ≈	301 m ³ /jam
Densitas air	=	993,5314 kg/m ³	((Badger; App 9, hal 73)		
Kebutuhan Air total	=	21.178,1649 m ³ /hari	=	301 m ³ /jam	
	=	298.556,1857 kg/jam			

Kehilangan akibat jalur pipa dalam perjalanan, untuk faktor keamanan maka direncanakan kebutuhan air sungai total :

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times \text{Kebutuhan normal} \\
 &= 1,2 \times 21.178,1649 \text{ m}^3/\text{hari} = 25.413,7979 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 1.058,9082 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 8.386.553,3031 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$



VII.3.1. Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

1. Bak penampung Air sungai (A-110)

Fungsi : Menampung air sungai sebelum diolah menjadi air bersih.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik} = 25.413,7979 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1.058,9082 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Ditentukan : Waktu tinggal = 2 jam

$$\text{Panjang} = 3 \text{ L}$$

$$\text{Tinggi} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Sudut kemiringan} = 10^\circ$$

$$\text{Maka, tinggi prisma segitiga bagian bawa} = 0,4408 \text{ L}$$

$$\text{Volume air dalam bak penampung} = 25.413,7979 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari} \\ 24 \text{ jam}$$

$$= 1.058,9082 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 2.117,8165 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bak penampung} = 1,1 \times 2.117,8165 \text{ m}^3$$

$$= 2.329,5981 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bak penampung} = 3 \text{ L}^3 + (1 \times 2,5 \times 0,4408 \text{ L}^3)$$

$$2.329,5981 = 3 \text{ L}^3 + 0,551 \text{ L}^3$$

$$2.329,5981 = 3,551 \text{ L}^3$$

$$\frac{2.329,5981}{3,551} = \text{L}^3$$

$$3,551$$

$$\text{L}^3 = 656,0400 = 8,6873 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\text{Panjang} = 21,7182 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 8,6873 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = \text{L} + 0,4408 \text{ L} = 12,5166 \text{ m}$$

Ditentukan : Padatan yang mengendap = 3% dari Q yang masuk

$$\text{Rate volumetrik yang masuk} = \text{#####} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_2 = 3\% \times Q \text{ yang masuk}$$

$$= 3\% \times \text{#####} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 762,4139 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_1 = \text{Debit air yang akan masuk ke tangki koagulasi}$$

$$Q_1 = Q \text{ yang masuk} - Q_2$$

$$= 25.413,7979 - 762,4139$$



$$= 24.651,3840 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1.027,1410 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai :

- Fungsi : menampung air sungai
 Kapasitas : 2330 m³
 Bentuk : Prisma Trapesium
 Ukuran : Panjang : 21,718 m
 Lebar : 8,6873 m
 Tinggi : 12,52 m
 Bahan Konstruksi : Beton
 Jumlah : 1 buah

2. Tangki Koagulasi (D-120)

- Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan Al₂(SO₄)₃ untuk destablisasi kotoran dalam air yang tak di kehendaki.
 Type : Silinder yang terbuat dari beton yang dilengkapi dengan pengaduk (paddle).
 Rate volumetrik (Q₁) = 1.027,141 m³/jam
 = 1.027.140,998 L/jam
 Ditentukan : Waktu tinggal = 10 menit = 0,1667 jam
 Dosis Al₂(SO₄)₃ = 20 mg/L (AWWA : T.5.2 : 94)
 Kelarutan Al₂(SO₄)₃ = 364 g/L
 ρ Al₂(SO₄)₃ = 1,72 kg/L
 Jumlah Tangki = 2

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= 20 \text{ mg/L} \times 1.027.141,0 \frac{\text{L}}{\text{jam}} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}} \\ &= 20.542,82 \text{ gr/jam} \\ &= 20,5428 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= \frac{\text{kebutuhan Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{densitas}} = \frac{20,5428 \text{ kg/jam}}{1,72 \text{ kg/L}} \\ &= 11,9435 \text{ L/jam} \\ &= 0,0119435 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk melarutkan Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= \frac{\text{Kebutuhan Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{Kelarutan Al}_2(\text{SO}_4)_3} \\ &= \frac{20.542,820 \text{ gram/jam}}{364 \text{ g/L}} \\ &= 56,4363 \text{ L/jam} \\ &= 0,0564 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik ke tangki koagulasi (Q}_2) &= Q_1 + \text{Larutan Koagulan} \\ &= 513,5705 + 0,0564 \\ &= 513,6269 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume air dalam tangki koagulasi :

$$\begin{aligned} \text{Volume liquida dalam tangki} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 513,5705 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,1667 \text{ jam} \\ &= 85,5951 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki koagulasi} &= 1,2 \times 85,5951 \text{ m}^3 \\ &= 102,7141 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki Koagulasi

$$\text{Asumsi : } H = 2 D$$

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

$$102,7141 = 0,785 \times D^2 \times 2 D$$

$$102,7141 = 1,57 D^3$$

$$D = 4,0294 \text{ m}$$

$$H = 8,0589 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

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

$$85,5951 = 0,785 \times 16,2363 \times H_f$$

$$85,5951 = 12,7455 \times H_f$$

$$H_f = 6,7157 \text{ m}$$

Sistem Pengaduk

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm



(1,6670 rps). Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade.

Perbandingan antara diameter impeller dengan diameter tangki (Da/DT) = 1/3

(McCabe 5^{ed} ; Page 243)

$$\begin{aligned} \text{Diameter Impeller (Da)} &= \frac{1}{3} \times \text{Diameter tangki} \\ &= \frac{1}{3} \times 4,0294 \\ &= 1,3431 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Pengadukan (N)} = 100 \text{ rpm} = 1,6670 \text{ rps}$$

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

$$\mu \text{ air} = 0,91 \text{ Cp} = 0,00091 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 1,8040 \times 1,6670}{0,00091} = 3.304.750,214 \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145

Diketahui nilai N_p pada $N_{Re} = 3.304.750,214$ adalah :

$$N_p = 3$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{ pers. 3.4-2; page 145}) \\ &= 3 \times 1000 \times 1,6670^3 \times 1,3431^5 \\ &= 33.674,00 \text{ Watt} \\ &= 45,1232 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{45,123}{80\%} \\ &= 56,404 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor = 22,0 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 : 10 menit
 Kapasitas : 102,7141 m³ = 27134,1892

Dimensi Tangki

Diameter : 4,0294 m = 13,2199 ft
 Tinggi : 8,0589 m = 26,4398 ft
 Tinggi Liquida : 6,7157 m

Sistem Pengaduk

Jenis : Flat Blade Turbin
 Jumlah blade : 6 Buah
 Kecepatan Putaran : 100 rpm
 Diameter Impeller : 1,3431 m
 Power Motor : 22,00 Hp
 Effisiensi Motor : 80%
 Bahan Konstruksi : Carbon Steel
 Jumlah : 1 Buah

3. Tangki Flokulasi (D-130)

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).

Rate Volumetrik (Q₂) = 513,6269 m³/jam = 513.626,935 L/jam

Ditentukan : Waktu tinggal (t) = 20 menit = 0,33 jam
 Dosis PAC = 3 mg/L
 Kelarutan PAC = 466 g/L
 ρ PAC = 1,029 kg/L

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan PAC} &= \text{Dosis PAC} \times \text{RateVolumetrik} \\
 &= 3 \text{ mg/L} \times 513.626,94 \text{ L/jam} \\
 &= 1.540.880,806 \text{ mg/jam} \\
 &= 1.540,8808 \text{ gram/jam} \\
 &= 1,5409 \text{ kg/jam} \\
 \text{Volume PAC} &= \frac{\text{Kebutuhan PAC}}{\text{Densitas PAC}} \\
 &= \frac{1,5409 \text{ kg/jam}}{1,029 \text{ kg/L}}
 \end{aligned}$$



$$= 1,4975 \text{ L/jam}$$

$$= 0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk melarutkan PAC} &= \frac{\text{Kebutuhan PAC}}{\text{Kelarutan PAC}} \\ &= \frac{1.540,881 \text{ gram/jam}}{466 \text{ g/L}} \\ &= 3,3066 \text{ L/jam} \\ &= 0,0033 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik ke clarifier (Q}_3\text{)} &= Q_2 + \text{Larutan Flokulan} \\ &= 513,6269 + 0,0033 \\ &= 513,6302 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume air dalam tangki flokulasi :

$$\begin{aligned} \text{Volume liquida dalam tangki} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 513,6302 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,2500 \\ &= 128,4076 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki flokulasi} &= 1,2 \times 128,4076 \text{ m}^3 \\ &= 154,0891 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

jam

Menentukan Dimensi Tangki Flokulasi

Asumsi : $H = 2 D$

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

$$154,0891 = 0,785 \times D^2 \times 2 D$$

$$154,0891 = 1,57 D^3$$

$$D = 4,6127 \text{ m}$$

$$H = 9,2254 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki :

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

$$128,4076 = 0,785 \times 21,277 \times H_f$$

$$128,4076 = 16,7026 \times H_f$$

$$H_f = 7,6879 \text{ m}$$



Sistem Pengaduk

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 50 rpm (0.833 rps). Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade.

Perbandingan antara diameter impeller dengan diameter tangki (Da/DT) = 1/3
(McCabe 5^{ed}; Page 243)

$$\begin{aligned} \text{Diameter Impeller (Da)} &= \frac{1}{3} \times \text{Diameter tangki} \\ &= \frac{1}{3} \times 4,6127 \\ &= 1,5376 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Pengadukan (N)} = 50 \text{ rpm} = 0,8333 \text{ rps}$$

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

$$\mu \text{ air} = 0,91 \text{ Cp} = 0,00091 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 2,3641 \times 0,8333}{0,00091} \\ &= 2.164.958,844 \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, Figure 3.4-4 Page 145

Diketahui nilai N_p pada $N_{Re} = 2.164.958,84$ adalah :

$$N_p = 4$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}, \text{ pers. 3.4-2 ; page 145})$$

$$= 4 \times 1000 \times 0,5787 \times 8,5937$$

$$= 19.892,85 \text{ Watt}$$

$$= 26,6564 \text{ Hp}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$P = \frac{26,6564}{80\%}$$

$$= 33,32 \text{ Hp}$$

Dipilih motor = 7 Hp



Spesifikasi 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).
Waktu tinggal	:	15 menit
Kapasitas	:	154,0891 m ³ = 40706,0185

Dimensi Tangki

Diameter (D)	:	4,6127 m = 15,1336 ft
Tinggi (H)	:	9,2254 m = 30,2672 ft
Tinggi Liquida	:	7,6879 m

Sistem Pengaduk

Jenis	:	Flat Blade Turbin
Jumlah blade	:	6 Buah
Kecepatan Putaran	:	50 rpm
Diameter Impeller	:	1,538 m
Power Motor	:	7 Hp
Effisiensi Motor	:	80%
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel
Jumlah	:	1 Buah

4. Clarifier

Fungsi	:	Tempat pemisahan antara flok/padatan dengan air bersih
Bentuk	:	Silinder dengan konis dibagian bawah
Waktu tinggal	:	2 jam
Rate volumetrik (Q3)	:	513,6302 m ³ /jam
Overflow rate	=	32 - 48 m ³ / m ² .har (Partikel flokulan)
	dipilih	= 45 m ³ / m ² .hari
		= 1,875 m ³ / m ² .jam
Sudut kemiringan	=	10 °
Padatan yang mengendap	=	5% dari Q3
Rate Volumetrik ke bak penampung flok (Q4)	=	25,6815121 m ³ /jam
Rate Volumetrik ke bak penampung air bersih (Q4')	=	487,9487 m ³ /jam
Volume liquid dalam tangki	=	487,9487 m ³ /jam x 2 jam
	=	975,8975 m ³



$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa umpan masuk} &= 0,5 D \\ \text{Ratio diameter dan kedalam clarifier} &= D/H = 6 - 10 \\ &\text{dipilih} = 6 H \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ratio } s/s' &= 3-4 \\ \text{dipilih } s &= 4 s' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= Q5 / v \\ &= \frac{487,9487 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,875 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}} \\ &= 260,23932 \text{ m}^2 \\ A &= (\pi/4) \times d^2 \\ 260,23932 &= 0,785 \times d^2 \\ d^2 &= 331,51506 \\ d &= 18,207555 \text{ m} = 59,736075 \text{ ft} \\ r &= 9,1037775 \text{ m} = 34,620209 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa umpan masuk (d')} &= 1 D \\ &= 9,1037775 \text{ m} = 29,868037 \text{ ft} \\ \text{Kedalaman Tangki (H)} &= \frac{D}{6} = \frac{18,207555}{6} = 3,0345925 \text{ m} = 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } s &= 2 \text{ m} \\ s' &= \frac{s}{4} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ m} = 1,64042 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : Tinggi cone } Hc &= 0,25 Hs \\ V_s &= \pi \times r^2 \times h_s \quad (\text{Volume tabung}) \\ V_{\text{cone}} &= 1/3 \times \pi \times r^2 \times h_c \quad (\text{Volume kerucut}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= V_s + V_{\text{cone}}(\text{tutup bawah}) \\ \text{Volume Bahan} &= \pi \times r^2 \times h_s + 1/3 \times \pi \times r^2 \times h_c \\ \text{Volume Bahan} &= \pi \times r^2 \times h_s + 1/3 \times \pi \times r^2 \times 0,25 h_s \\ 975,8975 &= 260,2393 \text{ hs} + 21,6866 \text{ hs} \\ 975,8975 &= 281,9259 \text{ hs} \\ 3,4615 &= h_s \\ 0,8654 &= h_c \end{aligned}$$



Cek Volume :

$$\text{Volume Tangki} = V_s + V_{\text{cone}}(\text{tutup bawah})$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki} &= \pi \times r^2 \times h_s + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h_c \\ &= 900,8284 + 75,0690 \end{aligned}$$

$$= 975,8975 \text{ m}^3 \text{ (Volume Tangki < Volume Bahan agar terjadi overflow)}$$

Spesifikasi :

- Fungsi : Memisahkan flok dan air bersih yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi.
- Kapasitas : 976 m³/jam
- Bentuk : Silinder dengan bagian bawah berbentuk cone
- Ukuran : Diameter silinder = 18,21 m = 716,83
 Tinggi silinder = 3 m
 Tinggi cone = 0,9 m
- Bahan Konstruksi : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

5. Bak Penampung Flok (A-150)

Fungsi : Menampung flok yang mengendap di clarifier

Waktu tinggal : 24 jam

$$\text{Rate volumetrik (Q4)} = 25,681512 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Volume flok dalam bak}_1 &= 25,6815 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 616,3563 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung} &= 1,1 \times 616,3563 \text{ m}^3 = 677,9919 \text{ m}^3 \\ 677,9919 &= P \times L \times H & \text{Panjang} &= 2 \text{ L} \\ &= 2 \text{ L} \times L \times L & \text{Lebar} &= L \\ &= 2 \text{ L}^3 & \text{Tinggi} &= L \\ L &= 6,9727 \text{ m} \\ P &= 13,9453 \text{ m} \\ H &= 6,9727 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Flok

Fungsi : Menampung flok dari clarifier

Kapasitas : 677,9919 m³

Bentuk : Balok persegi panjang

Dimensi : Panjang = 13,9453 m
 Lebar = 6,9727 m



Bahan konstruksi : Tinggi = 6,9727 m
: Beton
Jumlah : 1 buah

6. Bak penampung air dari clarifier (A-160)

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier.
Bentuk : Bak berbentuk balok persegi panjang terbuat dari beton.
Rate volumetrik (Q5) = 487,9487 m³/jam
Waktu tinggal = 2 jam
Volume air = 487,9487 m³/jam x 2 jam
= 975,8975 m³
Volume bak penampung = 1,1 x 975,8975 m³ = 1.073,4872

Asumsi : Panjang = 2 L
Lebar = L
Tinggi = L
Volume bak = P x L x H
1.073,4872 m³ = 2 L x L x L
1.073,4872 m³ = 2 L³
L = 8,1269 m
P = 16,2537 m
H = 8,1269 m

Check volume

Volume bak = 16,25 x 8,13 x 8,13 m³
= 1073,4872 m³ (memenuhi)

Rate volumetrik ke sand filter (Q6) = 487,9487 m³/jam

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier
Kapasitas : 1073,4872 m³
Bentuk : Balok persegi panjang Terbuka
Ukuran : Panjang : 8,13 m
Lebar : 16,25 m
Tinggi : 8,13 m
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 buah



7. Sand Filter (H-170)

Fungsi : Menyaring kotoran yang tersuspensi dalam air

Bentuk : Tangki berbentuk silinder terbuat dari Carbon Steel SA-283
 Grade P

$$\text{Rate volumetrik (Q6)} = 487,9487 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu filtrasi} = 0,25 \text{ jam}$$

$$\text{Rate flok (Jumlah flok)} = 1\% \times 487,9$$

$$= 1\% \times 487,9487 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 4,8795 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik ke bak penampung (Q7)} = \text{Q6} - \text{Rate flok}$$

$$= 487,9487 - 4,8795$$

$$= 483,0692 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume air yang ditampung} = 2.126,89 \text{ gpm}$$

$$\text{Rate filtrasi} = 12 \text{ gpm/ft}^2 \quad (\text{Perry 6ed : 19-85})$$

$$\text{Luas penampang bed, A} = \frac{\text{Rate air bersih}}{\text{Rate filtrasi}}$$

$$= \frac{2.126,8899 \text{ gpm}}{12 \text{ gpm/ft}^2}$$

$$= 177,2408 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diameter bed} = \left(\frac{4 \times A}{\pi} \right)^{0,5}$$

$$= \left(\frac{4 \times 177,2408}{3,14} \right)^{0,5}$$

$$= 15,0261 \text{ ft}$$

$$= 4,5800 \text{ m}$$

Asumsi tinggi lapisan di dalam kolom :

$$\text{Lapisan gravel} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Lapisan pasir} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi air} = 5 \text{ m} +$$

$$\text{Tinggi lapisan} = 6,3 \text{ m}$$

Kenaikan akibat backwash :

$$= 25\% \text{ dari tinggi pasir}$$

$$= 25\% \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total lapisan :} \quad \text{Tinggi lapisan} = 6,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi akibat backwash} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bagian atas untuk pipa} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bagian bawah untuk pipa} = 0,3 \text{ m}$$

$$= 7,15 \text{ m}$$



Spesifikasi

Fungsi : Menyaring kotoran yang tersuspensi dalam air
 Kapasitas : 487,9487 m³
 Bentuk : Silinder
 Ukuran : Diameter = 4,58 m
 : Tinggi = 7,15 m
 Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade P
 Jumlah : 2 buah

8. Bak Penampung Air Bersih (A-180)

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter
 Bentuk : Balok persegi panjang dari beton
 Rate volumetrik (Q7) = 483,0692 m³/jam
 Waktu tinggal = 2 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume air dalam} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{Waktu tinggal} \\ \text{bak penampung} &= 483,0692 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 966,138 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung} &= 1,1 \times 966,138 \text{ m}^3 \\ &= 1.062,752 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi dimensi bak :	Volume bak	=	P	x	L	x	H
P = 2 L	1.062,7523 m ³	=	2 L	x	L	x	L
L = L	1.062,7523 m ³	=	2 L ³				
H = L			L =	8,0997	m		
			P =	16,1993	m		
			H =	8,0997	m		

Spesifikasi

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter
 Kapasitas : 483,0692 m³
 Bentuk : Balok persegi panjang terbuat dari beton
 Dimensi : Panjang : 16,20 m
 : Lebar : 8,10 m
 : Tinggi : 8,10 m
 Jumlah : 1 bak
 Bahan Konstruksi : Beton



9. Bak Penampung Air Bersih untuk Sanitasi

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan penambahan desinfektan (chlorine)

Bentuk : Persegi panjang terbuat dari beton

Rate volumetrik : $42,1300 \text{ m}^3/\text{hari} = 42130 \text{ L/hari}$

Ditentukan : Waktu tinggal = 1 hari

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 1,5 L

Volume air dalam bak penampung = $42,1300 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari}$
= $42,1300 \text{ m}^3$

Volume bak penampung = $1,1 \times 42,1300 \text{ m}^3 = 46,343 \text{ m}^3$

Volume bak penampung = P x L x H

$46,343 = 1,5 \text{ L} \times \text{L} \times 1 \text{ L}$

$46,343 \text{ m}^3 = 1,5 \text{ L}^3$

$\text{L} = 3,1375 \text{ m}$

Sehingga : $\text{L} = 3,1374824$

$\text{P} = 1,5 \text{ L} = 4,7062 \text{ m}$

$\text{H} = \text{L} = 3,1375 \text{ m}$

Untuk memunuh kuman digunakan desinfektan jenis chlorine dengan kebutuhan chlorine sebesar = 200 mg/L (Wesley : hal 96)

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

= $200 \text{ mg/L} \times 42130 \text{ L/hari} \times 330 \text{ hari/tahun}$

= $2780580000 \text{ mg/tahun}$

= $2780,58 \text{ kg/tahun}$

Spesifikasi

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter

Kapasitas : $46,3430 \text{ m}^3$

Bentuk : Balok persegi panjang terbuat dari beton

Dimensi : Panjang : $4,71 \text{ m}$

Lebar : $3,14 \text{ m}$

Tinggi : $3,14 \text{ m}$

Jumlah : 1 bak

Bahan Konstraksi : Beton



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

$$\text{Kandungan CaCO}_3 = 5 \text{ grain/gallon} = 0,324 \text{ gr/gal}$$

$$(1 \text{ grain} = 0,0648 \text{ gr})$$

$$\text{Air yang diproses} = 59,6134 \text{ m}^3/\text{hari} = 15748,193 \text{ gal/hari}$$

$$\text{Jumlah CaCO}_3 \text{ dalam air} = 5102,4146 \text{ gr}$$

Dipilih bahan pelunak :

$$\text{Dowex dengan exchanger capacity} = 1,8 \text{ ek/L resin}$$

(Dowex - Marathon C resin)

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

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

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

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

$$\text{ek Ca}^{2+} = 2 \text{ ek/mol}$$

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

$$\text{Ekivalen total Ca}^{2+} = \frac{\text{ek Ca}^{2+} \times \text{massa CaCO}_3}{\text{BM CaCO}_3}$$

$$= \frac{2 \times 5102,4146}{100}$$

$$\text{Ekivalen total Ca}^{2+} = 102,05 \text{ ek}$$

$$\text{Resin yang diperlukan} = \frac{102,05 \text{ ek}}{1,8 \text{ ek/ L resin}}$$

$$= 56,693 \text{ L resin/ hari}$$

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka :

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

$$\text{Kebutuhan resin} = 56,693 \text{ L resin/hari} \times 90 \text{ hari}$$

$$= 5102,4 \text{ L resin}$$

$$= 5,1024 \text{ m}^3$$



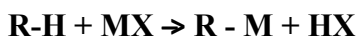
CARA KERJA :

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

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \times D \\ 5,1024 &= 0,785 D^3 \\ D &= 2 \text{ m} \\ H &= D = 2 \text{ m (tinggi resin)} \\ \text{sehingga : Diameter tangki} &= 2 \text{ m} \\ \text{Tinggi tangki} &= 4 \text{ m} \end{aligned}$$

Regenerasi Dowex

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



R = Resin Dowex

R - H = Resin Dowex mengikat kation

MX = Mineral yang terkandung dalam air

Contoh mineral (MX) : CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 , dll

R - M = Resin dalam kondisi mengikat kation

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

Contoh asam mineral (HX) : HCl , H_2SO_4 , H_2CO_3 , dll



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

Kebutuhan HCl 33%

$$\text{Volume resin yang diregenerasi} = 5102,4146 \text{ L Resin (3 bulan)}$$

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

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

$$= 5102,4 \times 1,2$$

$$= 6122,8975 \text{ kg}$$

$$\text{Volume resin yang diregenerasi} = 5102,4146 \text{ L Resin}$$

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

$$= 5102,4146 \times 1,8$$

$$= 9184,3462 \text{ ek}$$

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



$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Ekivalen Ca}^{2+}}{2} \text{ ek/mol} \\
 &= \frac{9184,3462 \text{ ek}}{2} \\
 &= 4592,2 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

1 mol Ca²⁺ ditukar.exchange dengan 2 mol HCl

$$\begin{aligned}
 \text{Maka kebutuhan HCl} &= 2 \times 4592,1731 \\
 \text{(dalam mol)} &= 9184,3462 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan HCl} &= \text{Mol HCl} \times \text{BM HCl} \\
 \text{(dalam kg)} &= 9184,3462 \times 36,5 \\
 &= 335228,64 \text{ gram} \\
 &= 335,22864 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan HCl 33\%} &= \frac{\text{massa HCl}}{\text{massa HCl} + \text{massa H}_2\text{O}} \\
 33\% &= \frac{335,22864}{\text{Massa total}} \\
 \text{Massa total} &= 1015,8444 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ HCl 33\%} &= 1,2 \text{ gr/ml} \quad (\text{Sigma Aldrich}) \\
 \text{Jadi, } \rho \text{ campuran} &= \% \text{ HCl} \times \rho \text{ HCl} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O} \\
 &= 33\% \times 1,2 + 67\% \times 1 \\
 &= 1,066 \text{ gr/ml} \\
 &= 1,066 \text{ kg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Larutan} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas campuran}} \\
 &= \frac{1015,8444}{1,066} \\
 &= 952,94968 \text{ L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} &= 1,2 \times \text{Volume larutan} \\
 &= 1,2 \times 952,94968 \\
 &= 1143,5396 \text{ L} \\
 &= 1,1435 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi : H} = 2 \text{ D}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times \text{D}^2 \times \text{H} \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times \text{D}^2 \times 2 \text{ D} \\
 1,1435 &= 1,57 \text{ D}^3
 \end{aligned}$$



$$D = 0,444 \text{ m}$$

$$H = 0,888 \text{ m}$$

Spesifikasi Kation Exchanger :

Fungsi : Mengurangi kesadahan air karena garam-garam Ca^{2+}

Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan bawah

Dimensi : Diameter = 2 m

Tinggi = 4 m

Jumlah : 1 buah

Bahan Konstruksi : Stainless Steel type 316

11. Anion Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO_3^{3-} . Kandungan CaCO_3 dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Krik Othmer, Vol 11:887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk butiran agar sesuai dengan syarat air boiler

$$\text{Kandungan } \text{CaCO}_3 = 5 \text{ grain/gallon} = 0,324 \text{ gr/gal}$$

$$(1 \text{ grain} = 0,0648 \text{ gr})$$

$$\text{Air yang diproses} = 59,6134 \text{ m}^3/\text{hari} = 15748,193 \text{ gal/hari}$$

$$\text{Jumlah } \text{CaCO}_3 \text{ dalam air} = 5102,4146 \text{ gr}$$

Dipilih bahan pelunak :

$$\text{Dowex dengan exchanger capacity} = 1 \text{ ek/L resin}$$

(Dowex - Marathon A resin)

H- Dowex diasumsi mampu menukar semua ion CO_3^{3-}

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

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

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

$$\text{ek } \text{Ca}^{2+} = 2 \text{ ek/mol}$$

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

$$\text{Ekivalen total } \text{Ca}^{2+} = \frac{\text{ek } \text{Ca}^{2+} \times \text{massa } \text{CaCO}_3}{\text{BM } \text{CaCO}_3}$$



$$= \frac{2 \times 5102,4146}{100}$$

Ekivalen total Ca^{2+} = 102,05 ek

$$\begin{aligned} \text{Resin yang diperlukan} &= \frac{102,05 \text{ ek}}{1 \text{ ek/ L resin}} \\ &= 102,05 \text{ L resin/ hari} \end{aligned}$$

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka :

3 bulan = 90 hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan resin} &= 102,05 \text{ L resin/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 9184,3 \text{ L resin} \\ &= 9,1843 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

CARA KERJA :

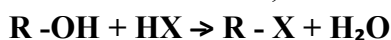
Air dilewatkan pada anion exchanger yang berisi resin negatif sehingga ion negatif tertukar dengan resin negatif

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times D \\ 9,1843 &= 0,785 D^3 \\ D &= 2,2683 \text{ m} \\ H &= 2D = 4,537 \text{ m (tinggi resin)} \end{aligned}$$

sehingga : Diameter tangki = 2,2683 m
Tinggi tangki = 4,5366 m

Regenerasi Dowex

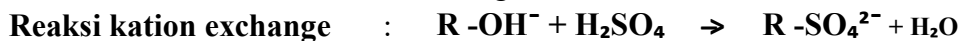
Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan HCl 33% (Condensate Polishing Plant PJB II - Paiton, Standart Procedure Operation)



R = Resin Dowex

R-OH = Resin Dowex mengikat anion

R-X = Resin dalam kondisi mengikat anion



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

Kebutuhan NaOH 40%

$$\begin{aligned} \text{Volume resin yang diregenerasi} &= 9184,3462 \text{ L Resin (3 bulan)} \\ \text{Densitas resin} &= 1,06 \text{ kg/L} \\ \text{Massa resin} &= \text{Volume} \times \text{Densitas} \\ &= 9184,3 \times 1,06 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 9735,407 \text{ kg} \\ \text{Volume resin yang diregenerasi} &= 9184,3462 \text{ L Resin} \\ \text{Ekivalen Total Ca}^{2+} &= \text{Volume resin} \times \text{Kapasitas resin} \\ &= 9184,3462 \times 1 \\ &= 9184,3462 \text{ ek} \\ \text{Mol Total Ca}^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen Total Ca}^{2+}}{\text{Ekivalen Ca}^{2+}} \\ &= \frac{9184,3462 \text{ ek}}{2 \text{ ek/mol}} \\ &= 4592,2 \text{ mol} \end{aligned}$$

1 mol Ca^{2+} ditukar.exchange dengan 2 mol NaOH

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan NaOH} &= 2 \times 4592,1731 \\ \text{(dalam mol)} &= 9184,3462 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan NaOH} &= \text{Mol NaOH} \times \text{BM NaOH} \\ \text{(dalam kg)} &= 9184,3462 \times 40 \\ &= 367373,85 \text{ gram} \\ &= 367,37385 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan NaOH 40\%} &= \frac{\text{massa NaOH}}{\text{massa NaOH} + \text{massa NaOH}} \\ 40\% &= \frac{367,37385}{\text{Massa total}} \\ \text{Massa total} &= 918,43462 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ NaOH 40\%} &= 1,327 \text{ gr/ml} \quad (\text{MP Biomedicals}) \\ \text{Jadi, } \rho \text{ campuran} &= \% \text{NaOH} \times \rho \text{ NaOH} + \% \text{NaOH} \times \rho \text{ NaOH} \\ &= 40\% \times 1,327 + 60\% \times 1 \\ &= 1,1308 \text{ gr/ml} \\ &= 1,1308 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Larutan} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas campuran}} \\ &= \frac{918,43462}{1,1308} \\ &= 812,199 \text{ L} \\ \text{Volume Tangki} &= 1,2 \times \text{Volume larutan} \\ &= 1,2 \times 812,199 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 974,63879 \text{ L} \\ &= 0,9746 \text{ m}^3 \\ \text{Asumsi : } H &= 2 D \\ \text{Volume Tangki} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times H \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 2 D \\ 0,9746 &= 1,57 D^3 \\ D &= 0,8532 \text{ m} \\ H &= 1,7064 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Anion Exchanger :

Fungsi : Mengurangi kesadahan air karena garam-garam CO_3^{2-}
Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan bawah
Dimensi : Diameter = 2,2683 m
Tinggi = 4,5366 m
Jumlah : 1 buah
Bahan Konstruksi : Stainless Steel type 316

12. Bak Penampung Air Lunak

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan
dijadikan sebagai air umpan boiler
Bentuk : Persegi panjang terbuat dari beton

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik : } &59,6134 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,483892 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Ditentukan : Waktu tinggal} &= 12 \text{ jam} \\ \text{Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air dalam bak penampung} &= 2,4839 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ jam} \\ &= 29,8067 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bak penampung} = 1,1 \times 29,8067 \text{ m}^3 = 32,787374 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung} &= P \times L \times H \\ 32,787374 &= 2 \text{ L} \times L \times 1 \text{ L} \\ 32,787374 \text{ m}^3 &= 2 \text{ L}^3 \\ L &= 2,5401 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } L &= 2,5401053 \\ P &= 2 \text{ L} = 5,0802 \text{ m} \\ H &= L = 2,5401 \text{ m} \end{aligned}$$



Spesifikasi Bak Penampung Air Lunak

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan umpan boiler
Kapasitas : 32,7874 m³
Bentuk : Persegi panjang terbuka
Dimensi : Panjang : 5,0802 m
 Lebar : 2,5401 m
 Tinggi : 2,5401 m
Jumlah : 1 buah
Bahan Konstruksi : Beton

13. Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Mmenampung air proses
Bentuk : Persegi panjang terbuat dari beton

Rate volumetrik : 35,0246 m³/hari = 1,4593565 m³/jam

Ditentukan : Waktu tinggal = 12 jam

 Tinggi (H) = 1 L

 Panjang (P) = 1,5 L

Volume air dalam bak penampung = 1,4594 m³/jam x 12 jam
 = 17,5123 m³

Volume bak penampung = 1,1 x 17,5123 m³ = 19,263505 m³

Volume bak penampung = P x L x H
19,263505 = 1,5 L x L x 1 L

19,263505 m³ = 2 L³
 L = 2,1275 m

Sehingga : L = 2,1274971

 P = 1,5 L = 3,1912 m

 H = L = 2,1275 m

Spesifikasi Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan proses produksi
Kapasitas : 19,2635 m³
Bentuk : Persegi panjang terbuka
Dimensi : Panjang : 3,1912 m
 Lebar : 2,1275 m
 Tinggi : 2,1275 m
Jumlah : 1 buah



Bahan Konstruksi : Beton

14. Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi : Mmenampung air pendingin
Bentuk : Persegi panjang terbuat dari beton

Rate volumetrik : ##### m³/hari = 876,72487 m³/jam

Ditentukan : Waktu tinggal = 12 jam

Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 1,5 L

Volume air dalam bak penampung = 876,7249 m³/jam x 12 jam

= 10.520,698 m³

Volume bak penampung = 1,1 x 10.520,698 m³ = 11572,768 m³

Volume bak penampung = P x L x H

11572,768 = 1,5 L x L x 1 L

11572,768 m³ = 2 L³

L = 17,948 m

Sehingga : L = 17,947764

P = 1,5 L = 26,922 m

H = L = 17,948 m

Spesifikasi Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan proses produksi

Kapasitas : 11.572,768 m³

Bentuk : Persegi panjang terbuka

Dimensi : Panjang : 26,9216 m

Lebar : 17,9478 m

Tinggi : 17,9478 m

Jumlah : 1 buah

Bahan Konstruksi : Beton



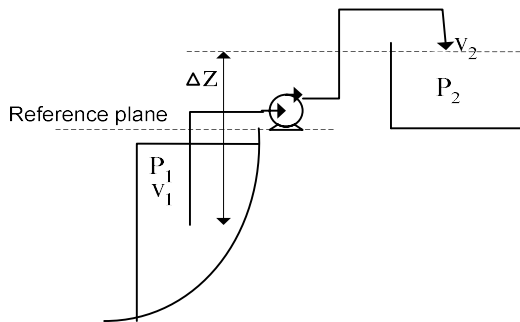
VII.3.2. Perhitungan Pompa-Pompa

1. Pompa Bak Penampung Air Sungai (L-111)

Fungsi : Memindahkan air sungai ke bak penampung air sungai

Type : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : Sesuai untuk viskositas <10 cP dan bahan liquid



$$\rho_{\text{air}} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 995,294 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 1.058,9082 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1.053.925,0231 \text{ kg/jam} \\ &= 2.323.504,1845 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \text{ lb/jam} \\ &= 37.217,7508 \text{ cuft/jam} \\ &= 620,2958 \text{ cuft/menit} \\ &= 10,3383 \text{ cuft/detik} \\ &= 4.640,1349 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg bahan} &= \frac{\rho_{\text{bahan}}}{\rho_{\text{reference (H}_2\text{O)}}} \times \text{Sg reference} \\ &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,000 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan:

Dari Kern T.6 pg.808 didapat sg reference = 1

Dari Kern fig.14 pg.823 didapat μ reference = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu_{\text{bahan}} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu_{\text{reference}} \\ &= \frac{1,000}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,950 \text{ cp} \end{aligned}$$



$$= 0,001 \quad \text{lb/ft s}$$

Perhitungan diameter pipa

Asumsi aliran turbulen Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496

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

$$Di \text{ optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Maka Di pipa optimum = 19,097089 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 10 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 10,75 in

ID = 10,02 in = 0,835 ft = 0,2545 m

A = 0,5475 ft²

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa})} = \frac{\text{cuft/s}}{\text{ft}^2} \\ &= \frac{10,3383}{0,548} \\ &= 18,8827 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,835 \times 18,8827 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 1.546.482,12 > 2100 \text{ Asumsi turbulen benar} \\ &\quad \#\# \end{aligned}$$

Menentukan jumlah energi yang hilang :

1. Karena pipa lurus

Ditetapkan : panjang pipa lurus = 39 ft

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron

ε = 0,00015 m [Geankoplis 5ed, fig.2.10-3 hal. 88]

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,254508} = 0,000589$$

f = 0,0048 [Geankoplis 5ed, fig.2.10-3 hal. 88]

gc = 32,174

a = 1 (aliran turbulen) (Peters & Timmerhause 4thed : 485)

k = 0,4 (Peters & Timmerhause 4thed : 484)

Digunakan persamaan Bernoulli:



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

2. Karena Friksi (Geankoplis tabel 2.10-1 hal 93)

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Taksiran panjang pipa lurus 39 ft

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	0,8350	35	87,675
Gate Valve	1	0,8350	9	7,515
pipa lurus				100
Total panjang ekuivalen pipa				195,19

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 18,883^2 \times 195,1900}{32,174 \times 0,8350} \\
 &= 24,8693 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \\
 & & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 & & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484}) \\
 &= \frac{0,5 \times 18,883^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 2,7705 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0) \\
 &= \frac{18,883^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 5,5410 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$= 8,3116 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

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



$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatis} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 39 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/ml} \\
 P \text{ hidrostatis} &= \rho \times H \times g/gc \\
 &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 39,0000 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 2434,77 \text{ lbf/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 2434,77 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 &= 4551,57 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{2434,77}{62,4300} = 39 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\
 &= 4551,6 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 & &= 39 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \\
 &= 2434,77 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berdasarkan H} & \text{ asumsi } Z_2 = 14,0000 \text{ ft} \\
 \text{Bak penampung} & Z_1 = 12,0000 \text{ ft} \\
 & g/gc = 1 \\
 g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \\
 gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{18,883^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 5,5366 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\
 \frac{\Delta Z}{gc} &= 2,0000 \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 2,0000 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Pompa

Persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned}
 -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 39 + 2,0000 + 5,5366 + 8,3116 \\
 &= 54,8481 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)} \\ \text{Rate volumetrik} &= \frac{lb_m}{10,3383 \text{ cuft/s}} \\ \text{hp} &= \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{3960} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\ &= \frac{54,8481 \times 10,338 \times 62,4300}{3960} \\ &= 8,9394 \text{ hp} \\ &\approx 8,9 \text{ hp} \quad (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp}) \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 82\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ fig.14-37})$$

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{8,9}{82\%} \\ &= 10,902 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 88\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ fig.14-38})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{10,902}{88\%} \\ &= 12,388 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 12,4 \text{ hp} \end{aligned}$$

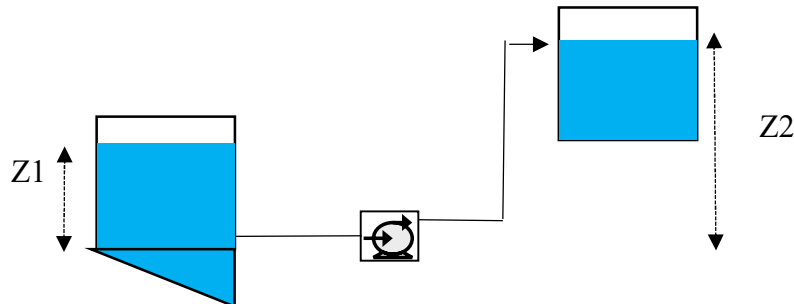
Spesifikasi:

Fungsi	:	Mengalirkan air dari sungai ke bak penampung air sungai
Jenis	:	Centrifugal Pump
Rate volumetrik	:	37217,751 cuft/jam
Effisiensi motor	:	88%
Power motor	:	12,4 hp
Bahan konstruksi	:	Commercial steel
Jumlah	:	1 buah
Bahan konstruksi	:	Galvanized Iron



2. Pompa Tangki Koagulasi (L-112)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi
 Type : Centrifugal pump
 Dasar pemilihan : Sesuai untuk viskositas <10 cP dan bahan liquid



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 1.027,1410 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1.022.307,272 \text{ kg/jam} \\ &= 2.253.799,059 \text{ lb/jam} \\ \text{Rate volumetrik} &= 36.101,2183 \text{ cuft/ jam} \\ &= 601,6870 \text{ cuft/menit} \\ &= 10,0281 \text{ cuft/detik} \\ &= 4.500,9308 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Perhitungan Diameter Pipa

Asumsi aliran turbulen

Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496

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

$$D_i \text{ optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Maka D_i pipa optimum = 18,837 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 10 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 14 in

ID = 13 in = 1,0833 ft = 0,3302 m

A = 3,4 ft²

Cek :



$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \quad \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}} \\ &= \frac{601,6870}{3,400 \times 60} \\ &= 2,9494 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference} \\ &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan:

Dari Kern T.6 pg.808 didapat sg reference = 1

Dari Kern fig.14 pg.823 didapat μ reference = 0,95 cp

Berdasarkan Sg bahan :

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,9500 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{\text{ID } v \rho}{\mu} \\ &= \frac{1,0833 \times 2,9494 \times 62,4300}{0,9500} \\ &= 209,9773 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \end{aligned}$$

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus : = 25 ft

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,3302} = 0,000454$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 484})$$

Digunakan persamaan Bernoulli:



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

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	1,0833	35	113,75
Gate Valve	1	1,0833	9	9,75
pipa lurus				25
Total panjang ekuivalen pipa				148,5

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 2,949^2 \times 148,5000}{32,174 \times 1,0833} \\
 &= 0,3558 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa} \\
 &= \frac{0,5 \times 2,949^2}{2 \times 1 \times 32,174} & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 &= 0,0676 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0) \\
 &= \frac{2,949^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,1352 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$= 0,5586 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

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



$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 39,00 \text{ ft} = 127,9528 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times \frac{g}{gc} \quad 1 \\
 &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 39,0000 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 2434,77 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 2434,77 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 &= 4551,57 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{2434,77}{62,4300} \\
 &= 4551,6 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 & &= 39 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\
 &= 2434,77 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 39 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan H $Z_2 =$ asumsi tinggi bahan keluar dari pipa
 Tangki Koagulasi $= 39,0000 \text{ ft}$
 $Z_1 = 0,0000 \text{ ft}$
 $\frac{g}{gc} = 1$
 g , percepatan gravitasi bumi $= 32,2 \text{ ft/dt}^2$
 gc , konstanta gravitasi bumi $= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{2,949^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,1351 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc} \\
 &= 39,0000 \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 39,0000 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 39 + 39,0000 + 0,1351 + 0,5586 \\
 &= 78,6937 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f
 \end{aligned}$$



$$lb_m$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

$$\text{Rate volumetrik} = 10,0281 \text{ gpm}$$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} && [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\ &= \frac{78,6937 \times 10,028 \times 62,4300}{550} \\ &= 89,5756 \text{ hp} \\ &\approx 89,6 \text{ hp} && (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp}) \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi pompa} = 90\% \quad (\text{Peters\&Timmerhaus fig. 14-37 pg. 520})$$

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{89,6}{90\%} \\ &= 99,528 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 86\% \quad (\text{Peters fig 14-38 pg.521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{99,528}{86\%} && \text{hp} \\ &= 115,73 \text{ hp} && \text{digunakan power} = 115,7 \end{aligned}$$

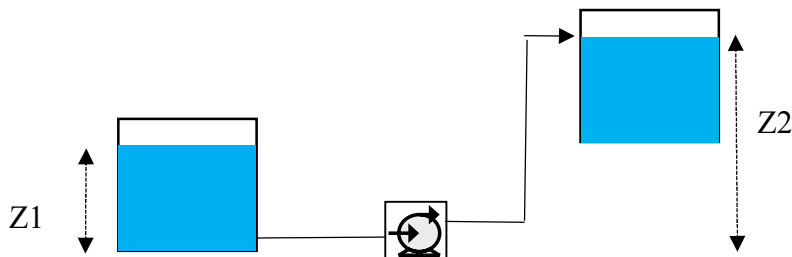
Spesifikasi:

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi
Jenis	:	Centrifugal Pump
Rate volumetrik	:	36101,218 cuft/jam
Total dynamic head	:	78,6937 ft.lb _f /lb _m
Effisiensi motor	:	86%
Power motor	:	115,7 hp
Bahan konstruksi	:	Galvanized Iron
Jumlah	:	1 Pompa



3. Pompa Tangki Flokulasi (L-131)

- Fungsi : Memindahkan air dari tangki koagulasi ke tangki flokulasi
 Type : Centrifugal pump
 Dasar pemilihan : Sesuai untuk viskositas <10 cP dan bahan liquid



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 513,6269 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 511.209,8070 \text{ kg/jam} \\ &= 1.127.023,3646 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 18.052,5927 \text{ cuft/jam} \\ &= 300,8765 \text{ cuft/menit} \\ &= 5,0146 \text{ cuft/detik} \\ &= 2.250,7127 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

Asumsi aliran turbulen

Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496

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

$$Di \text{ optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Maka Di pipa optimum = 13,79 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 10 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

$$OD = 14 \text{ in}$$

$$ID = 13 \text{ in} = 1,0833 \text{ ft} = 0,3302 \text{ m}$$



$$A = 3,4 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}} \\ &= \frac{300,8765}{3,400 \times 60} \\ &= 1,4749 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference} \\ &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\begin{aligned} \mu \text{ reference} &= 0,95 \text{ cp} \\ \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,9500 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{\text{ID } v \rho}{\mu} \\ &= \frac{1,0833 \times 1,4749 \times 62,4300}{0,9500} \\ &= 105,0002 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,3302} = 0,000454$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 484})$$

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, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	1,0833	35	113,75
Gate Valve	1	1,0833	9	9,75
pipa lurus				30
Total panjang ekuivalen pipa				153,5

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{g_c \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,005 \times 1,475^2 \times 153,5000}{32,174 \times 1,0833}$$

$$= 0,0920 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad K = 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}}$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Aliran Turbulen})$$

$$= \frac{0,5 \times 1,475^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})$$

$$= 0,0169 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c}$$

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

$$= \frac{1,475^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0338 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$= 0,1427 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

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

$$P_1 = P_{\text{hidrostatik}} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 128,41 \text{ m} = 421,2847 \text{ ft}$$

$$\rho_{\text{bahan}} = 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \times H \times g/g_c$$



$$= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 421,2847 \text{ ft} \times 1$$

$$= 26300,80 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_1 = 26300,80 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 28417,60 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 \qquad \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{26300,80}{62,4300}$$

$$= 28417,6 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 \qquad = 421,28 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3}$$

$$= 26300,80 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; \qquad = 421,28 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}$$

Berdasarkan H $Z_2 =$ tinggi bahan keluar dari pipa
 Tangki Flokulasi $= 421,2847$

$$= 421,2847 \text{ ft}$$

$$Z_1 = 0,0000 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1$$

$$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2$$

$$gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,475^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,0338 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m$$

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

$$\frac{\Delta Z}{gc} = (421,2847 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m/\text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f}$$

$$= 421,2847 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 421,28 + 421,2847 + 0,0338 + 0,1427$$

$$= 842,7458 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

$$\text{Rate volumetrik} = 5,0146 \text{ cuft/s}$$



$$hp = \frac{-W_f \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}]$$

$$\begin{aligned} \text{') } &= \frac{842,7458 \times 5,015 \times 62,4300}{550} \\ &= 479,6940 \text{ hp} \\ &\approx 479,7 \text{ hp} \quad (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp}) \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 85% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37)

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{479,7}{85\%} \\ &= 564,35 \text{ hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 88% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38)

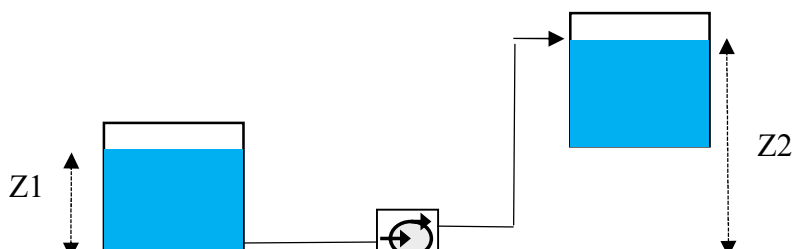
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \quad \text{hp} \\ &= \frac{564,35}{88\%} \\ &= 641,3 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 641,3 \end{aligned}$$

Spesifikasi:

- Rate volumetrik : 18052,593 cuft/jam
- Total dynamic head : 842,7458 ft.lb_f/lb_m
- Effisiensi motor : 88%
- Power motor : 641,3 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Iron
- Jumlah : 1 buah

4. Pompa Tangki Clarifier (L-131)

- Fungsi : Memindahkan air dari tangki flokulasi ke clarifier
- Type : Centrifugal pump
- Dasar pemilihan : Sesuai untuk viskositas <10 cP dan bahan liquid





Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 513,6302 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 511.213,0980 \text{ kg/jam} \\ &= 1.127.030,620 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 513,6302 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 18.052,7090 \text{ cuft/jam} \\ &= 300,8785 \text{ cuft/menit} \\ &= 5,0146 \text{ cuft/detik} \\ &= 2.250,7272 \text{ gpm} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen **Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496**

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

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 22 ft

Maka Di pipa optimum = 13,79 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 10 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

$$\text{OD} = 14 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 13 \text{ in} = 1,0833 \text{ ft} = 0,3302 \text{ m}$$

$$A = 3,4 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan aliran, } v = \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{300,8785}{3,400 \times 60} \\ &= 1,4749 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$



Berdasarkan Sg bahan

$$\begin{aligned} \mu \text{ reference} &= 0,95 \text{ cp} \\ \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,9500 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{1,0833 \times 1,4749 \times 62,4300}{0,9500} \\ &= 105,0008 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \end{aligned}$$

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,3302} = 0,000454$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 484})$$

Digunakan persamaan Bernoulli:

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

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	1,0833	35	113,75
Gate Valve	1	1,0833	9	9,75
pipa lurus				22
Total panjang ekuivalen pipa				145,5

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,005 \times 1,475^2 \times 145,5000}{32,174 \times 1,0833} \\ &= 0,0872 \text{ ft.lbf / lb}_m \end{aligned}$$



2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa} \\
 &= \frac{0,5 \times 1,475^2}{2 \times 1 \times 32,174} & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 &= 0,0169 \text{ ft.lbf/lb}_m & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
) &= \frac{1,475^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,0338 \text{ ft.lbf/lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 0,1379 \text{ ft.lbf/lb}_m
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 16,66 \text{ m} = 54,6670 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times \frac{g}{gc} \\
 &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 54,6670 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 3412,86 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 3412,86 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 &= 5529,66 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{3412,86}{62,4300} \\
 &= 5529,7 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 & &= 54,667 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\
 &= 3412,86 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 54,667 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$



Berdasarkan H

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa Clarifier} \\
 &= 54,6670 \\
 &= 54,6670 \text{ ft} \\
 Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\
 g/gc &= 1 \\
 g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \\
 gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f \\
 \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{1,475^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,0338 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\
 \frac{\Delta Z}{gc} &= (54,6670 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbf/dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 54,6670 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 54,667 + 54,6670 + 0,0338 + 0,1379 \\
 &= 109,5057 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 5,0146 cuft/s

$$\begin{aligned}
 hp &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\
 &= \frac{109,5057 \times 5,015 \times 62,4300}{550} \\
 &= 62,3314 \text{ hp} \\
 &\approx 62,3 \text{ hp} \quad (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp})
 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 90% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37)

$$\begin{aligned}
 \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\
 &= \frac{62,3}{0,9}
 \end{aligned}$$



$$= 90\%$$

$$= 69,257 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}}$$

$$= \frac{69,257}{86\%}$$

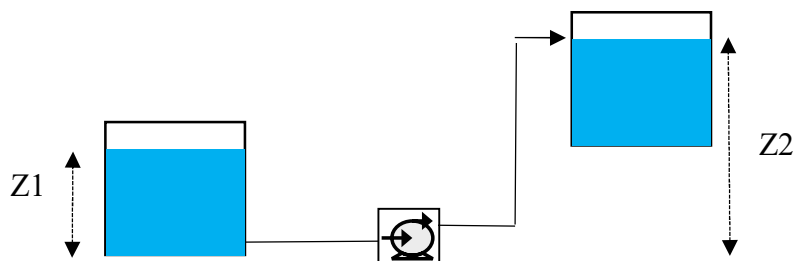
$$= 80,532 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 80,5 \text{ hp}$$

Spesifikasi:

- Rate volumetrik : 18052,709 cuft/jam
- Total dynamic head : 109,5057 ft.lb_f/lb_m
- Effisiensi motor : 86%
- Power motor : 80,5 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Steel
- Jumlah : 1 buah

5. Pompa Sand Filter (L-141)

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air ke sand filter
- Type : Centrifugal pump
- Dasar pemilihan : Sesuai untuk viskositas <10 cP dan bahan liquid



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\text{Bahan Masuk} = 487,9487 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

$$= 485.652,4431 \text{ kg/jam}$$

$$= 1.070.679,0891 \text{ lb/jam}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\text{Rate volumetrik} = 487,9487 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 17.150,0735 \text{ cuft/jam}$$

$$= 285,8346 \text{ cuft/menit}$$



$$\begin{aligned} &= 4,7639 \text{ cuft/detik} \\ &= 2.138,1908 \text{ gpm} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen **Peters, 4^{ed}, pers. 15 = 22**

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

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: $q_f = \text{fluid flow rate ; cuft/dt}$

$\rho = \text{fluid density ; lb/cuft}$

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus

Maka Di pipa optimum = 13,476 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 10 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 14 in

$$ID = 13 \text{ in} = 1,0833 \text{ ft} = 0,3302 \text{ m}$$

$$A = 3,4 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}} \\ &= \frac{285,8346}{3,400 \times 60} \\ &= 1,4011 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference} \\ &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,9500 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= \frac{1,0833 \times 1,4011 \times 62,4300}{0,9500} \\ &= 99,7508 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \end{aligned}$$

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$



$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,3302} = 0,000454$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 484})$$

Digunakan persamaan Bernoulli:

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

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	1,0833	35	113,75
Gate Valve	1	1,0833	9	9,75
pipa lurus				22
Total panjang ekuivalen pipa				145,5

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,005 \times 1,401^2 \times 145,5000}{32,174 \times 1,0833}$$

$$= 0,0787 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad K = 0,5 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa}$$

$$= \frac{0,5 \times 1,401^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad \alpha = 1 \quad (\text{Aliran Turbulen})$$

$$= 0,0153 \text{ ft.lbf / lb}_m \quad (\text{Peters \& Timmerhaus, hal.484})$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

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

$$= \frac{1,401^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$



$$2 \times 1 \times 32,174 = 0,0305 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 = 0,1244 \text{ ft.lbf/lb}_m \quad 1$$

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

$$\begin{aligned} P_1 &= P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm} \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 26,57 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times g/gc \\ &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 26,5737 \text{ ft} \times \\ &= 1659,00 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1659,00 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 3775,80 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1659,00}{62,4300} \\ &= 3775,8 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 & &= 26,574 \frac{\text{b}_f/\text{ft}^2}{\text{b}_m/\text{ft}^3} \\ &= 1659,00 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 26,574 \frac{\text{ft.lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berdasarkan H} \quad Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\ \text{Clarifier} &= 23,4580 \\ &= 23,4580 \text{ ft} \\ Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\ g/gc &= 1 \\ g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \\ gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta v^2}{2 \times a \times gc} &= \frac{1,401^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,0305 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\ \frac{\Delta Z}{gc} &= (23,4580 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lb}_m/\text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \end{aligned}$$



$$= 23,4580 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 26,574 + 23,4580 + 0,0305 + 0,1244 \\ &= 50,1867 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 4,7639 cuft/s

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\ &= \frac{50,1867 \times 4,764 \times 62,4300}{550} \\ &= 27,1383 \text{ hp} \\ &\approx 27,1 \text{ hp} \quad (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp}) \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 90% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37)

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{27,1}{90\%} \\ &= 30,154 \text{ hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38)

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{30,154}{86\%} \\ &= 35,062 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 35,1 \text{ hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi:

- Rate volumetrik : 17150,074 cuft/jam
- Total dynamic head : 50,1867 ft.lb_f/lb_m
- Effisiensi motor : 86%
- Power motor : 35,1 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Steel
- Jumlah : 1 buah

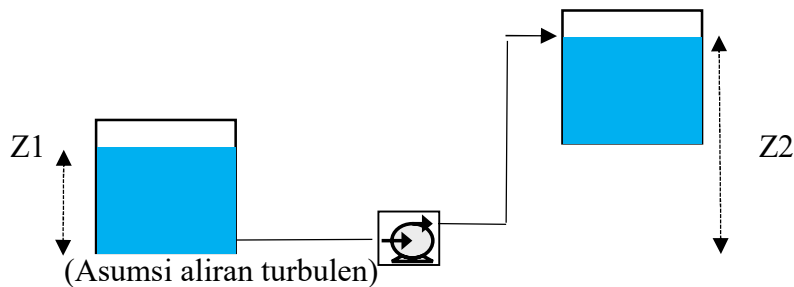


6. Pompa Bak Air Sanitasi

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih dari sand filter ke bak air sanitasi

Type : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan:

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 1,7554 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1.747,1557 \text{ kg/jam} \\ &= 3.851,8143 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

(Asumsi aliran turbulen)

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 1,7554 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 61,6981 \text{ cuft/jam} \\ &= 1,0283 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0171 \text{ cuft/detik} \\ &= 7,6922 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

Asumsi aliran turbulen **Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496**

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

$$Di \text{ optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 20 ft

Maka Di pipa optimum = 1,0709 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 1,25 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]



$$OD = 1,66 \text{ in}$$

$$ID = 1,278 \text{ in} = 0,1065 \text{ ft} = 0,0325 \text{ m}$$

$$A = 0,00891 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \quad \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}} \\ &= \frac{1,0283}{0,009 \times 60} \\ &= 1,9235 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference} \\ &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\begin{aligned} \mu \text{ reference} &= 0,95 \text{ cp} \\ \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 1 \\ &= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \text{ lb/ft s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,1065 \times 1,9235 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 20.033,6886 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \end{aligned}$$

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,0324612} = 0,004621$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 484})$$

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	0,1065	35	11,1825
Gate Valve	1	0,1065	9	0,9585



pipa lurus				20
Total panjang ekuivalen pipa				32,141

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 1,923^2 \times 32,1410}{1 \times 0,1065} \\
 &= 10,7193 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \\
 & & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 & & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484}) \\
 &= \frac{0,5 \times 1,923^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,0575 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0) \\
 &= \frac{1,923^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,1150 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 10,8917 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

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

$$P_1 = P_{\text{hidrostatik}} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, } H = 26,57 \text{ ft}$$

$$\rho_{\text{bahan}} = 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft}$$

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

$$= 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft} \times 26,5737 \text{ ft} \times 1$$

$$= 1659,00 \text{ lb}/\text{ft}^2$$

$$P_1 = 1659,00 \text{ lb}/\text{ft}^2 + 2116,8 \text{ lb}/\text{ft}^2$$



$$\begin{aligned}
 &= 3775,80 \text{ lbf/ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1659,00}{62,4300} \\
 &= 3775,8 - 2116,800 \text{ lbf/ft}^2 & &= 26,574 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\
 &= 1659,00 \text{ lbf/ft}^2 ; & &= 26,574 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan H Clarifier

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\
 &= 26,5737 \\
 &= 26,5737 \text{ ft} \\
 Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\
 g/gc &= 1 \\
 g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \\
 gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{1,923^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,1149 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\
 &= (26,5737 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 26,5737 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 26,574 + 26,5737 + 0,1149 + 10,8917 \\
 &= 64,1541 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 0,0171 cuft/s

$$\text{hp} = \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}]$$



$$= \frac{64,1541 \times 0,017 \times 62,4300}{550}$$

$$= 0,1248 \text{ hp}$$

$$\approx 0,1 \text{ hp}$$

Effisiensi pompa = 42% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37 pg. 520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{0,1}{42\%}$$

$$= 0,2971 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38 pg. 521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}}$$

$$= \frac{0,2971}{80\%}$$

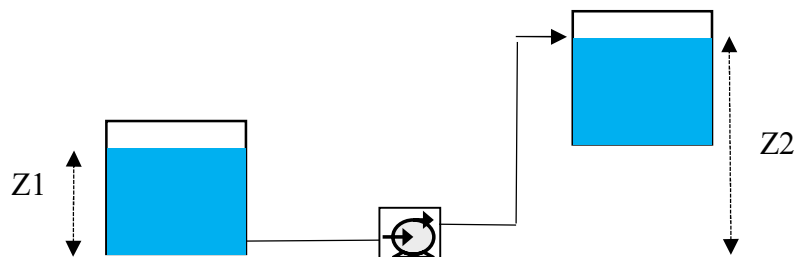
$$= 0,3714 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 0,4 \text{ hp}$$

Spesifikasi:

Rate volumetrik	:	1,028	cuft/jam
Total dynamic head	:	64,1541	ft.lb _f /lb _m
Effisiensi motor	:	80%	
Power motor	:	0,4	hp
Bahan konstruksi	:	Galvanized Steel	
Jumlah	:	1	buah

7. Pompa Kation Exchanger

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung ke kation exchanger
 Type : Centrifugal pump
 Dasar pemilihan: sesuai ntuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)
 $\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$



$$\text{Densitas air} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 2,4839 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2.472,2028 \text{ kg/jam} \\ &= 5.450,2677 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 2,4839 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 87,3021 \text{ cuft/jam} \\ &= 1,4550 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0243 \text{ cuft/detik} \\ &= 10,8844 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

Asumsi aliran turbulen Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496

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

$$D_i \text{ optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 18 ft

Maka Di pipa optimum = 1,252 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 1 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 1,315 in

ID = 1,049 in = 0,0874 ft = 0,0266 m

A = 0,006 ft²

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \times \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}} \\ &= \frac{0,0243}{0,006 \times 60} \end{aligned}$$

$$\text{Sg bahan} = 4,0418 \text{ ft/detik}$$

$$= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference}$$

$$= \frac{62,4300}{62,43} \times 1$$

$$= 1,0000 \text{ lb/ft s}$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp}$$



$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \\ \text{NRe} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,0874 \times 4,0418 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 34.552,8995 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \\ \varepsilon &= 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}] \\ \varepsilon/D &= \frac{0,00015}{0,0266446} = 0,005630 \\ f &= 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}] \\ gc &= 32,174 \\ a &= 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 485}) \\ k &= 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 484}) \end{aligned}$$

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	0,0874	35	9,17875
Gate Valve	1	0,0874	9	0,78675
pipa lurus				18
Total panjang ekuivalen pipa				27,9655

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\ &= \frac{2 \times 0,005 \times 4,042^2 \times 27,9655}{32,174 \times 0,0874} \\ &= 1,5593 \text{ ft.lbf / lb}_m \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = K \times v^2 \quad K = 0,5 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa}$$



$$\begin{aligned}
 & \alpha = 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 & = \frac{2 \times \alpha \times g c}{0,5 \times 1 \times 32,174} \quad (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484}) \\
 & = 0,1269 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g c} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times g c} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0) \\
 &= \frac{4,042^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,2539 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 1,9401 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 26,57 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times g/c \\
 &= 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft} \times 26,5737 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 1659,00 \text{ lb}/\text{ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1659,00 \text{ lb}/\text{ft}^2 + 2116,8 \text{ lb}/\text{ft}^2 \\
 &= 3775,80 \text{ lb}/\text{ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lb}/\text{ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1659,00}{62,4300} \\
 &= 3775,8 - 2116,800 \text{ lb}/\text{ft}^2 & &= 26,574 \frac{\text{b}_f/\text{ft}^2}{\text{b}_m/\text{ft}^3} \\
 &= 1659,00 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 26,574 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\
 &= 26,5737 \\
 &= 26,5737 \text{ ft} \\
 Z_1 &= 0,0000 \text{ ft}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} g/gc &= 1 \\ g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \\ gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f \\ \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{4,042^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,2537 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\ \frac{\Delta Z}{gc} &= (26,5737 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbf}_m/\text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\ &= 26,5737 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 26,574 + 26,5737 + 0,2537 + 1,9401 \\ &= 55,3412 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 1,4550 cuft/s

$$\begin{aligned} hp &= \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\ &= \frac{55,3412 \times 1,455 \times 62,4300}{550} \\ &= 9,1401 \text{ hp} \\ &\approx 9,1 \text{ hp} \quad (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp}) \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 42% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37 pg. 520)

$$\begin{aligned} Bhp &= \frac{Bph}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{9,1}{42\%} \\ &= 21,762 \text{ hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38 pg. 521)

$$\text{Power motor} = \frac{Bhp}{\eta \text{ motor}}$$



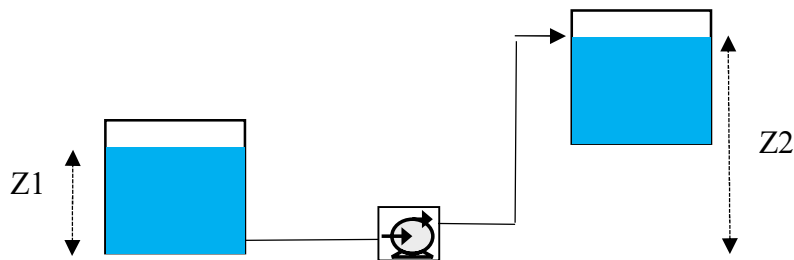
$$\begin{aligned}
 &= \eta \text{ motor} \\
 &= \frac{21,762}{80\%} \\
 &= 27,203 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 27,2 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi:

- Rate volumetrik : 87,302 cuft/jam
- Total dynamic head : 55,3412 ft.lb_f/lb_m
- Effisiensi motor : 80%
- Power motor : 27,2 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Steel
- Jumlah : 1 buah

8. Pompa Anion Exchanger

- Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger
- Type : Centrifugal pump
- Dasar pemilihan: sesuai ntuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc} \\
 \text{Densitas air} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\
 &(\text{Badger; App 9, hal 733}) \\
 \text{Bahan Masuk} &= 2,4839 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 2.472,2028 \text{ kg/jam} \\
 &= 5.450,2677 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= 2,4839 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 87,3021 \text{ cuft/jam} \\
 &= 1,4550 \text{ cuft/menit} \\
 &= 0,0243 \text{ cuft/detik} \\
 &= 10,8844 \text{ gpm} \\
 \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496

Di optimum untuk turbulen, NRe > 2100 digunakan persamaan (15) Peters:

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$



Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt
 ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 19 ft

Maka Di pipa optimum = 1,252 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 1 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 1,315 in

ID = 1,049 in = 0,0874 ft = 0,0266 m

A = 0,006 ft²

Kecepatan aliran, v = $\frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)}$ $\frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}}$

$$= \frac{0,0243}{0,006 \times 60}$$

Sg bahan = 4,0418 ft/detik

$$= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference}$$

$$= \frac{62,4300}{62,43} \times 1$$

$$= 1,0000$$

Berdasarkan Sg bahan

μ reference = 0,95 cp

μ bahan = $\frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu$ reference

$$= \frac{1,0000}{1} \times 0,95$$

$$= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \text{ lb/ft s}$$

NRe = $\frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu}$

$$= \frac{0,0874 \times 4,0418 \times 62,4300}{0,0006}$$

$$= 34.552,8995 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar}$$

ε = 0,00015 m [Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88]

ε/D = $\frac{0,00015}{0,0266446} = 0,005630$

f = 0,0048 [Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88]

gc = 32

a = 1 (aliran turbulen) (Peters & Timmerhause 4thed : 485)

k = 0,5 (Peters & Timmerhause 4thed : 484)



2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	0,0874	35	9,17875
Gate Valve	1	0,0874	9	0,78675
pipa lurus				19
Total panjang ekuivalen pipa				28,9655

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 4,042^2 \times 28,9655}{32,174 \times 0,0874} \\
 &= 1,6151 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \\
 &= \frac{0,5 \times 4,042^2}{2 \times 1 \times 32,174} & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 &= 0,1269 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0) \\
 &= \frac{4,042^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,2539 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 1,9959 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$



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

$$\begin{aligned} P_1 &= P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm} \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 14,88 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times g/\text{gc} \\ &= 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft} \times 14,8840 \text{ ft} \times 1 \\ &= 929,21 \text{ lb}/\text{ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 929,21 \text{ lb}/\text{ft}^2 + 2116,8 \text{ lb}/\text{ft}^2 \\ &= 3046,01 \text{ lb}/\text{ft}^2 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lb}/\text{ft}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{929,21}{62,4300} \\ &= 3046,0 - 2116,800 \text{ lb}/\text{ft}^2 & &= 14,884 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\ &= 929,21 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 14,884 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\ &= 14,8840 \\ &= 14,8840 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\ g/\text{gc} &= 1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{4,042^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,2537 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/\text{gc} \\ \frac{\Delta Z}{gc} &= (14,8840 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft}/\text{dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\ &= 14,8840 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

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



$$\begin{aligned}
 &= 14,884 + 14,8840 + 0,2537 + 1,9959 \\
 &= 32,0175 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 1,4550 cuft/s

$$\begin{aligned}
 \text{hp} &= \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry 6}^{\text{ed}}; \text{pers.6-11 ; hal.6-5}] \\
 &= \frac{32,0175 \times 1,455 \times 62,4300}{550} \\
 &= 5,2880 \text{ hp} \\
 &\approx 5,3 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 42% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37 pg. 520)

$$\begin{aligned}
 \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\
 &= \frac{5,3}{42\%} \\
 &= 12,59 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38 pg. 521)

$$\begin{aligned}
 \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\
 &= \frac{12,59}{80\%} \\
 &= 15,738 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 15,7 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

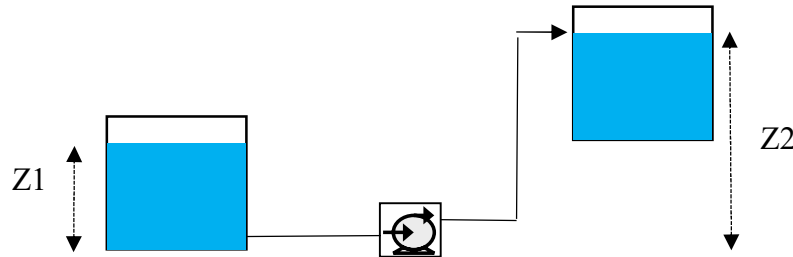
Spesifikasi:

- Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger
- Jenis : Centrifugal pump
- Rate volumetrik : 87,302 cuft/jam
- Total dynamic head : 32,0175 ft.lbf/lb_m
- Effisiensi motor : 80%
- Power motor : 15,7 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Steel
- Jumlah : 1 buah



9. Pompa Boiler

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air lunak ke boiler
 Type : Centrifugal pump
 Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 2,4839 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2.472,2028 \text{ kg/jam} \\ &= 5.450,2677 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 2,4839 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 87,3021 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$

$$= 1,4550 \text{ cuft/menit}$$

$$= 0,0243 \text{ cuft/detik}$$

$$= 10,8844 \text{ gpm}$$

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

Asumsi aliran turbulen Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496

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

$$Di \text{ optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 50 ft

Maka Di pipa optimum = 1,252 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 1 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]



$$\text{OD} = 1,315 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 1,049 \text{ in} = 0,0874 \text{ ft} = 0,0266 \text{ m}$$

$$A = 0,006 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan aliran, } v = \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} = \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}}$$

$$= \frac{0,0243}{0,006 \times 60}$$

$$\text{Sg bahan} = 4,0418 \text{ ft/detik}$$

$$= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference}$$

$$= \frac{62,4300}{62,43} \times 1$$

$$= 1,0000$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp}$$

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1,0000}{1} \times 0,95$$

$$= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \text{ lb/ft s}$$

$$\text{NRe} = \frac{\text{ID } v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,0874 \times 4,0418 \times 62,4300}{0,0006}$$

$$= 34.552,8995 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar}$$

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,0266446} = 0,005630$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 484})$$



2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	0,0874	35	9,17875
Gate Valve	1	0,0874	9	0,78675
pipa lurus				50
Total panjang ekuivalen pipa				59,9655

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 4,042^2 \times 59,9655}{0,0266446 \times 0,0874} \\
 &= 4037,4833 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \\
 &= \frac{0,5 \times 4,042^2}{2 \times 1 \times 32,174} & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 &= 0,1269 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0) \\
 &= \frac{4,042^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,2539 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 4037,8641 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

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



$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatis} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 8,33 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \\
 P \text{ hidrostatis} &= \rho \times H \times \frac{g}{gc} \\
 &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 8,3337 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 520,27 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 520,27 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 &= 2637,07 \text{ lb/ft}^2 \\
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{520,27}{62,4300} \\
 &= 2637,1 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 & &= 8,3337 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\
 &= 520,27 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 8,3337 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\
 &= 8,3337 \\
 &= 8,3337 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\
 \frac{g}{gc} &= 1
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times gc} &= \frac{4,042^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,2537 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc} \\
 &= (8,3337 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 8,3337 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 8,3337 + 8,3337 + 0,2537 + 4037,8641 \\
 &= 4.054,7852 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f
 \end{aligned}$$



$$lb_m$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

$$\text{Rate volumetrik} = 0,0243 \text{ cuft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} && [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\ &= \frac{4.054,7852 \times 0,024 \times 62,4300}{550} \\ &= 11,1614 \text{ hp} \\ &\approx 0,02 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi pompa} = 42\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ fig.14-37 pg. 520})$$

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{11,161}{42\%} \\ &= 26,575 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ fig.14-38 pg. 521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{26,575}{80\%} \\ &= 33,219 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 33,2 \text{ hp} \end{aligned}$$

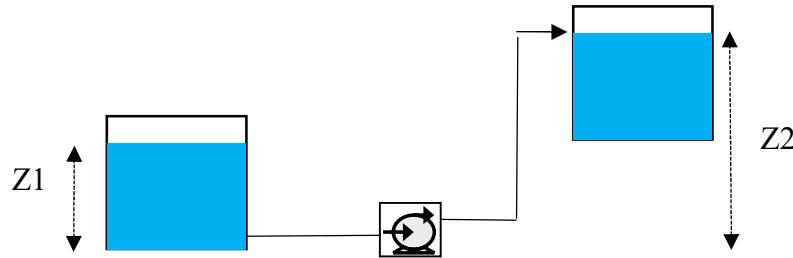
Spesifikasi:

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air lunak ke boiler
Jenis	:	Centrifugal pump
Rate volumetrik	:	2,484 cuft/jam
Effisiensi motor	:	80%
Power motor	:	33,2 hp
Bahan konstruksi	:	Galvanized Iron
Jumlah	:	1 buah



10. Pompa Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air proses
 Type : Centrifugal pump
 Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 1,4594 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1.452,4887 \text{ kg/jam} \\ &= 3.202,1857 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 1,4594 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 51,2924 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,8549 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0142 \text{ cuft/detik} \\ &= 6,3949 \text{ gpm} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen **Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496**

Di optimum untuk turbulen, $NR_e > 2100$ digunakan persamaan (15) Peters:

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 16 ft

Maka Di pipa optimum = 0,9855 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 1 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 1,315 in

ID = 1,049 in = 0,0874 ft = 0,0266 m



$$A = 0,006 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan aliran, } v = \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} = \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}}$$

$$= \frac{0,0142}{0,006 \times 60}$$

$$\text{Sg bahan} = 2,3746 \text{ ft/detik}$$

$$= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference}$$

$$= \frac{62,4300}{62,43} \times 1$$

$$= 1,0000$$

Berdasa μ reference

$$\mu \text{ bahan} = 0,95 \text{ cp}$$

$$= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1,0000}{1} \times 0,95$$

$$= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \text{ lb/ft s}$$

$$\text{NRe} = \frac{\text{ID } v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,0874 \times 2,3746 \times 62,4300}{0,0006}$$

$$= 20.300,8011 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar}$$

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,0266446} = 0,005630$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 484})$$

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	0,0874	35	9,17875
Gate Valve	1	0,0874	9	0,78675
pipa lurus				16
Total panjang ekuivalen pipa				25,9655



Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 2,375^2 \times 25,9655}{32,174 \times 0,0874} \\
 &= 0,4998 \text{ ft.lbf/ lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa} \\
 & & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 & & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484}) \\
 &= \frac{0,5 \times 2,375^2}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,0438 \text{ ft.lbf/ lb}_m
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0) \\
 &= \frac{2,375^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,0876 \text{ ft.lbf/ lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 0,6312 \text{ ft.lbf/ lb}_m
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatis} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 26,57 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \\
 P \text{ hidrostatis} &= \rho \times H \times g/gc \\
 &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 26,5737 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 1659,00 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1659,00 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 &= 3775,80 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$



$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 \\ &= 3775,8 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 \\ &= 1659,00 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; \end{aligned} \quad \begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1659,00}{62,4300} \\ &= 26,574 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\ &= 26,574 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\ &= 26,5737 \\ &= 26,5737 \text{ ft} \\ Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\ g/gc &= 1 \\ g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \\ gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{2,375^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,0876 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\ \frac{\Delta Z}{gc} &= (26,5737 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\ &= 26,5737 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 26,574 + 26,5737 + 0,0876 + 0,6312 \\ &= 53,8662 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 0,0142 cuft/s

$$\begin{aligned} hp &= \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\ &= \frac{53,8662 \times 0,014 \times 62,4300}{550} \\ &= 0,0871 \text{ hp} \\ &\approx 0,09 \text{ hp} \end{aligned}$$



Effisiensi pompa = 42% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37 pg. 520)

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{0,087}{42\%} \\ &= 0,2074 \text{ hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38 pg. 521)

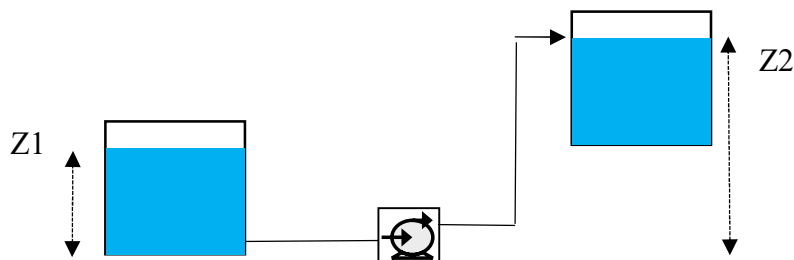
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,2074}{80\%} \\ &= 0,2593 \text{ hp} \end{aligned} \quad \text{digunakan power} = 0,3 \text{ hp}$$

Spesifikasi:

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke air proses
- Jenis : Centrifugal pump
- Rate volumetrik : 51,292 cuft/jam
- Effisiensi motor : 80%
- Power motor : 0,3 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Iron
- Jumlah : 1 buah

11. Pompa Air Proses

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air proses ke proses pabrik
- Tipe : Centrifugal pump
- Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 1,4594 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1.452,4887 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$



$$= 3.202,1857 \text{ lb/jam}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 1,4594 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 51,2924 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,8549 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0142 \text{ cuft/detik} \\ &= 6,3949 \text{ gpm} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen **Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496**

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

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 50 ft

Maka Di pipa optimum = 0,9855 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 1 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 1,315 in

ID = 1,049 in = 0,0874 ft = 0,0266 m

A = 0,006 ft²

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}} \\ &= \frac{0,0142}{0,006 \times 60} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg bahan} &= 2,3746 \text{ ft/detik} \\ &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference} \\ &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\begin{aligned} \mu \text{ reference} &= 0,95 \text{ cp} \\ \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \text{ lb/ft s} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 NRe &= \frac{ID \cdot v \cdot \rho}{\mu} \\
 &= \frac{0,0874 \times 2,3746 \times 62,4300}{0,0006} \\
 &= 20.300,8011 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \\
 \varepsilon &= 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}] \\
 \varepsilon/D &= \frac{0,00015}{0,0266446} = 0,005630 \\
 f &= 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}] \\
 gc &= 32,174 \\
 a &= 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 485}) \\
 k &= 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 484})
 \end{aligned}$$

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	0,0874	35	9,17875
Gate Valve	1	0,0874	9	0,78675
pipa lurus				50
Total panjang ekuivalen pipa				59,9655

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 2,375^2 \times 59,9655}{32,174 \times 0,0874} \\
 &= 1,1542 \text{ ft.lbf / lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa} \\
 & & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 &= \frac{0,5 \times 2,375^2}{2 \times 1 \times 32,174} & & (\text{Peters \& Timmerhaus, hal.484}) \\
 &= 0,0438 \text{ ft.lbf / lb}_m
 \end{aligned}$$



3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

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

$$= \frac{2,375^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174}$$

$$= 0,0876 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$= 1,2856 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

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

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 6,98 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft}$$

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

$$= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 6,9800 \text{ ft} \times 1$$

$$= 435,76 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_1 = 435,76 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 2552,56 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$= 2552,6 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 435,76 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ;$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{435,76}{62,4300}$$

$$= 6,98 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3}$$

$$= 6,98 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

$$Z_2 = \text{tinggi bahan keluar dari pipa}$$

$$= 30,0000$$

$$= 30,0000 \text{ ft}$$

$$Z_1 = 0,0000 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1$$

$$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2$$



$$g_c, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{2,375^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2}$$

$$= 0,0876 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m$$

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

$$\frac{\Delta Z}{g_c} = (30,0000 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lb}_m/\text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f}$$

$$= 30,0000 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 6,98 + 30,0000 + 0,0876 + 1,2856$$

$$= 38,3532 \frac{\text{ft.lb}_f}{\text{lb}_m}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

$$\text{Rate volumetrik} = 0,0142 \text{ cuft/s}$$

$$\text{hp} = \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}]$$

$$= \frac{38,3532 \times 0,014 \times 62,4300}{550}$$

$$= 0,0620 \text{ hp}$$

$$\approx 0,06 \text{ hp}$$

$$\text{Effisiensi pompa} = 90\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ fig.14-37 pg. 520})$$

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{0,062}{90\%}$$

$$= 0,0689 \text{ hp}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 86\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ fig.14-38 pg. 521})$$

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}}$$

$$= \frac{0,0689}{86\%}$$

$$= 0,0801 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 0,1 \text{ hp}$$

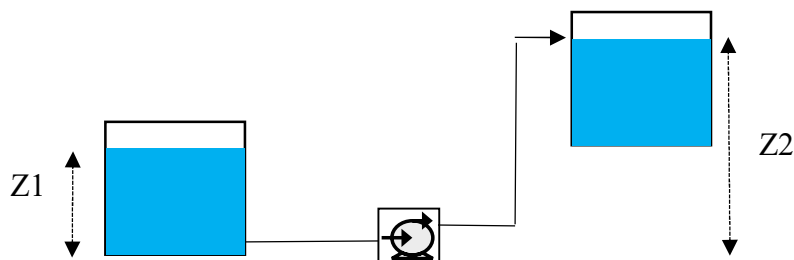


Spesifikasi:

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke air proses
- Jenis : Centrifugal pump
- Rate volumetrik : 51,292 cuft/jam
- Effisiensi motor : 86%
- Power motor : 0,1 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Iron
- Jumlah : 1 buah

12. Pompa Bak Penampung Air Pendingin

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin
- Tipe : Centrifugal pump
- Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 876,7249 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 872.599,0054 \text{ kg/jam} \\ &= 1.923.749,2193 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 876,7249 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 30.814,4997 \text{ cuft/jam} \\ &= 513,5750 \text{ cuft/menit} \\ &= 8,5596 \text{ cuft/detik} \\ &= 3.841,8075 \text{ gpm} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen **Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496**

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

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$



Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt
 ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus= 39 ft

Maka Di pipa optimum = 17,542 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 12 in sch 30 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 12,75 in

ID = 12 in = 1 ft = 0,3048 m

A = 3,14 ft²

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran, } v &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}} \\ &= \frac{8,5596}{3,140 \times 60} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg bahan} &= 2,7260 \text{ ft/detik} \\ &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference} \\ &= \frac{62,4300}{62,43} \times 1 \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\begin{aligned} \mu \text{ reference} &= 0,95 \text{ cp} \\ \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,0000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \text{ lb/ft s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{1 \times 2,7260 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 266.589,1548 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \end{aligned}$$

$$\epsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\epsilon/D = \frac{0,00015}{0,3048} = 0,000492$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}} \text{ed : 485})$$



$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhouse 4}^{\text{th}} \text{ed : 484})$$

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	1,0000	35	105
Gate Valve	1	1,0000	9	9
pipa lurus				39
Total panjang ekuivalen pipa				153

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 2,726^2 \times 153,0000}{32,174 \times 1,0000} \\
 &= 0,3392 \text{ ft.lbf/lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \\
 &= \frac{0,5 \times 2,726^2}{2 \times 1 \times 32,174} & \alpha &= 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 &= 0,0577 \text{ ft.lbf/lb}_m & & (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0) \\
 &= \frac{2,726^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,1155 \text{ ft.lbf/lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 0,5125 \text{ ft.lbf/lb}_m
 \end{aligned}$$

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

$$P_1 = P_{\text{hidrostatik}} + 1 \text{ atm}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi bahan, H} &= 26,57 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times g/gc \\
 &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 26,5737 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 1659,00 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1659,00 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 &= 3775,80 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1659,00}{62,4300} \\
 &= 3775,8 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 & &= 26,574 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\
 &= 1659,00 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 26,574 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\
 &= 26,5737 \\
 &= 26,5737 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$Z_1 = 0,0000 \text{ ft}$$

$$g/gc = 1$$

$$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2$$

$$gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times gc} &= \frac{2,726^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\
 &= 0,1154 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\
 \frac{\Delta Z}{gc} &= (26,5737 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 26,5737 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 26,574 + 26,5737 + 0,1154 + 0,5125 \\
 &= 53,7753 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}
 \end{aligned}$$



Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 8,5596 cuft/s

$$\text{hp} = \frac{-W_f \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}]$$

$$\begin{aligned} &= \frac{53,7753 \times 8,560 \times 62,4300}{550} \\ &= 52,2476 \text{ hp} \\ &\approx 52,25 \text{ hp} \quad (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp}) \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 42% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37 pg. 520)

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{52,248}{42\%} \\ &= 124,4 \text{ hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38 pg. 521)

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{124,4}{80\%} \\ &= 155,5 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 155,5 \text{ hp} \end{aligned}$$

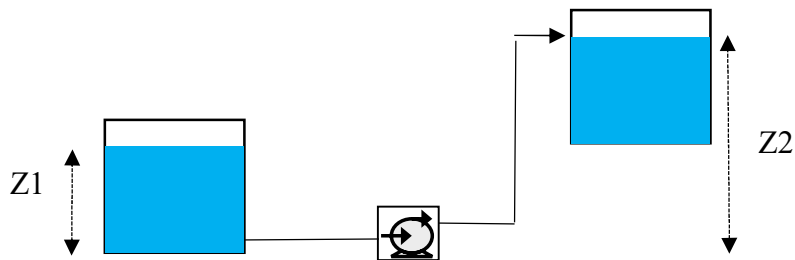
Spesifikasi:

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke air proses
Jenis : Centrifugal pump
Rate volumetrik : 30814,500 cuft/jam
Effisiensi motor : 80%
Power motor : 155,5 hp
Bahan konstruksi : Galvanized Iron
Jumlah : 1 buah



13. Pompa Air Pendingin

Fungsi : Mengalirkan air pendingin ke proses pabrik
 Tipe : Centrifugal pump
 Dasar Pemilihan ; Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\text{Bahan Masuk} = 876,7249 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

$$= 872.599,0054 \text{ kg/jam}$$

$$= 1.923.749,2193 \text{ lb/jam}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\text{Rate volumetrik} = 876,7249 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 30.814,4997 \text{ cuft/jam}$$

$$= 513,5750 \text{ cuft/menit}$$

$$= 8,5596 \text{ cuft/detik}$$

$$= 3.841,8075 \text{ gpm}$$

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft}$$

Asumsi aliran turbulen

Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496

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

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus = 50 ft

Maka Di pipa optimum = 17,542 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 12 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

$$\text{OD} = 12,75 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 12 \text{ in} = 1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$



$$A = 3,14 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan aliran, } v = \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}}$$

$$= \frac{8,5596}{3,140 \times 60}$$

$$\text{Sg bahan} = \frac{2,7260 \text{ ft/detik}}{\frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}}} \times \text{Sg reference}$$

$$= \frac{62,4300}{62,43} \times 1$$

$$= 1,0000$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp}$$

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1,0000}{1} \times 0,95$$

$$= 0,9500 \text{ cp} = 0,000638372 \text{ lb/ft s}$$

$$\text{NRe} = \frac{\text{ID } v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{1 \times 2,7260 \times 62,4300}{0,0006}$$

$$= 266.589,1548 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar}$$

$$\varepsilon = 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$\varepsilon/D = \frac{0,00015}{0,3048} = 0,000492$$

$$f = 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}]$$

$$gc = 32,174$$

$$a = 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 485})$$

$$k = 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 484})$$

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	1,0000	35	105
Gate Valve	1	1,0000	9	9
pipa lurus				50
Total panjang ekuivalen pipa				164



Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 2,726^2 \times 164,0000}{32,174 \times 1,0000} \\
 &= 0,3636 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} & K &= 0,5 & A_{\text{tangki}} &> A_{\text{pipa}} \\
 & & \alpha &= 1 & & \text{(Aliran Turbulen)} \\
 &= \frac{0,5 \times 2,726^2}{2 \times 1 \times 32,174} & & & & \text{(Peters\&Timmerhaus, hal.484)} \\
 &= 0,0577 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \times \alpha \times gc} & ; & (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0) \\
 &= \frac{2,726^2 - 0}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,1155 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 0,5368 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_{\text{hidrostatik}} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 58,88 \text{ ft} \\
 \rho_{\text{bahan}} &= 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft} \\
 P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \times H \times g/gc \\
 &= 62,4300 \text{ lb}/\text{cuft} \times 58,8837 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 3676,11 \text{ lb}/\text{ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 3676,11 \text{ lb}/\text{ft}^2 + 2116,8 \text{ lb}/\text{ft}^2 \\
 &= 5792,91 \text{ lb}/\text{ft}^2
 \end{aligned}$$



$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{3676,11}{62,4300} \\ &= 5792,9 - 2116,800 \text{ lbf/ft}^2 & &= 58,884 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lb}_m/\text{ft}^3} \\ &= 3676,11 \text{ lbf/ft}^2 ; & &= 58,884 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\ &= 58,8837 \\ &= 58,8837 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\ g/gc &= 1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} &= \frac{2,726^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2} \\ &= 0,1154 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f / \text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times g/gc \\ \frac{\Delta Z}{gc} &= (58,8837 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft} \cdot \text{lb}_m / \text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f} \\ &= 58,8837 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 58,884 + 58,8837 + 0,1154 + 0,5368 \\ &= 118,4197 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

$$\text{Rate volumetrik} = 8,5596 \text{ cuft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-Wf \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} & & [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}] \\ &= \frac{118,4197 \times 8,560 \times 62,4300}{550} \\ &= 115,0555 \text{ hp} \\ &\approx 115,06 \text{ hp} & & (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp}) \end{aligned}$$



Effisiensi pompa = 90% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37 pg. 520)

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{115,055}{90\%} \\ &= 127,84 \text{ hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38 pg. 521)

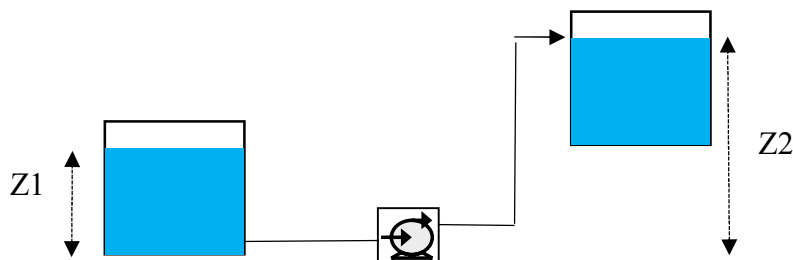
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{127,84}{86\%} \\ &= 148,65 \text{ hp} \end{aligned} \quad \text{digunakan power} = 148,7 \text{ hp}$$

Spesifikasi:

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke air proses
- Jenis : Centrifugal pump
- Rate volumetrik : 30814,500 cuft/jam
- Effisiensi motor : 86%
- Power motor : 148,7 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Iron
- Jumlah : 1 buah

14. Pompa Cooling Tower

- Fungsi : Mengalirkan air pendingin bekas ke cooling tower
- Tipe : Centrifugal pump
- Dasar Pemilihan: Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah



Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\rho \text{ air} = 62,43 \text{ lb/cuft} = 1 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Densitas air} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2940 \text{ kg/m}^3$$

(Badger; App 9, hal 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= 876,7249 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 872.599,0054 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$



$$= 1.923.749,2193 \text{ lb/jam}$$

Perhitungan: (Asumsi aliran turbulen)

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 876,7249 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 30.814,4997 \text{ cuft/jam} \\ &= 513,5750 \text{ cuft/menit} \\ &= 8,5596 \text{ cuft/detik} \\ &= 3.841,8075 \text{ gpm} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen **Peters, 4^{ed}, pers. 15 hal 496**

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

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

Dengan: q_f = fluid flow rate ; cuft/dt

ρ = fluid density ; lb/cuft

Menentukan Jumlah Energi yang Hilang

1. Karena pipa lurus :

Dipilih bahan pipa Galvanized Iron , ditetapkan panjang pipa lurus 50

Maka Di pipa optimum = 17,542 in [Peters, 4^{ed}, pers 15 hal 496]

Dipilih pipa 12 in sch 40 [Perry 7^{ed}, T.10-18]

OD = 12,75 in

ID = 12 in = 1 ft = 0,3048 m

A = 3,14 ft²

$$\text{Kecepatan aliran, } v = \frac{\text{Rate volumetrik}}{(\text{Area pipa} \times s)} = \frac{\text{cuft/menit}}{\text{ft}^2 \times 60 \text{ detik}}$$

$$= \frac{8,5596}{3,140 \times 60}$$

$$\text{Sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference (H}_2\text{O)}} \times \text{Sg reference}$$

$$= \frac{62,4300}{62,43} \times 1$$

$$= 1,0000$$

Berdasarkan Sg bahan

$$\mu \text{ reference} = 0,95 \text{ cp}$$

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{Sg bahan}}{\text{Sg reference (H}_2\text{O)}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1,0000}{1} \times 0,95$$



$$\begin{aligned}
 \text{NRe} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} = \frac{1 \times 2,7260 \times 62,4300}{0,0006} = 266.589,1548 > 2.100 \text{ Asumsi turbulen benar} \\
 \varepsilon &= 0,00015 \text{ m} \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}] \\
 \varepsilon/D &= \frac{0,00015}{0,3048} = 0,000492 \\
 f &= 0,0048 \quad [\text{Geankoplis 3ed, fig.2.10-3 : 88}] \\
 gc &= 32 \\
 a &= 1 \text{ (aliran turbulen)} \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 485}) \\
 k &= 0,5 \quad (\text{Peters \& Timmerhause 4}^{\text{th}}\text{ed : 484})
 \end{aligned}$$

2. Karena Friksi

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4ed, Tabel 1 hal. 484

Panjang ekuivalen suction, L : (Geankoplis tabel 2.10-1)

Fitting / Valve	Jumlah	ID (ft)	L/D	L (ft)
Elbow 90°	3	1,0000	35	105
Gate Valve	1	1,0000	9	9
pipa lurus				50
Total panjang ekuivalen pipa				164

Friksi yang terjadi:

1 Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= \frac{2 \times 0,005 \times 2,726^2 \times 164,0000}{32,174 \times 1,0000} \\
 &= 0,3636 \text{ ft.lbf / lb}_m
 \end{aligned}$$

2 Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad K = 0,5 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa} \\
 &= \frac{0,5 \times 2,726^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad \alpha = 1 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \\
 &= 0,0577 \text{ ft.lbf / lb}_m \quad (\text{Peters\&Timmerhaus, hal.484})
 \end{aligned}$$

3 Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{\Delta v^2}{gc}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \times \alpha \times gc}{v_2^2 - v_1^2} \quad ; (A_1 < A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0) \\
 &= \frac{2 \times \alpha \times gc}{2,726^2 - 0} \\
 &= \frac{2 \times 1 \times 32,174}{0,1155} \text{ ft.lbf / lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 \\
 &= 0,5368 \text{ ft.lbf / lb}_m
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm} \\
 \text{Tinggi bahan, H} &= 58,88 \text{ ft} \\
 \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \\
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times g/gc \\
 &= 62,4300 \text{ lb/cuft} \times 58,8837 \text{ ft} \times 1 \\
 &= 3676,11 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 3676,11 \text{ lb/ft}^2 + 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 &= 5792,91 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= P_1 - P_2 & \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{3676,11}{62,4300} \\
 &= 5792,9 - 2116,800 \text{ lb/ft}^2 & &= 58,884 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 \\
 &= 3676,11 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 ; & &= 58,884 \text{ lb}_m/\text{ft}^3 \\
 & & &= 58,884 \text{ ft.lbf} \\
 & & & \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \text{tinggi bahan keluar dari pipa} \\
 &= 35,0000 \\
 &= 35,0000 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= 0,0000 \text{ ft} \\
 g/gc &= 1
 \end{aligned}$$

$$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2$$

$$gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{2,726^2 - 0^2}{2 \times 1 \times 32,2}$$



$$= 0,1154 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

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

$$= (35,0000 - 0,0000) \times 1 \frac{\text{ft}/\text{dt}^2}{\text{ft.lbf}_m/\text{dt}^2 \cdot \text{lb}_f}$$

$$= 35,0000 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 58,884 + 35,0000 + 0,1154 + 0,5368$$

$$= 94,5360 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

Sg campuran (Himmelblau : berdasarkan Sg bahan)

Rate volumetrik = 8,5596 cuft/s

$$\text{hp} = \frac{-W_f \times \text{flowrate (cuft/s)} \times \rho}{550} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ pers.6-11 ; hal.6-5}]$$

$$= \frac{94,5360 \times 8,560 \times 62,4300}{550}$$

$$= 91,8503 \text{ hp}$$

$$\approx 91,85 \text{ hp} \quad (\text{Minimum} = 0,5 \text{ hp})$$

Effisiensi pompa = 87% (Peters 4^{ed} ; fig.14-37 pg. 520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{91,850}{87\%}$$

$$= 105,58 \text{ hp}$$

Effisiensi motor = 88% (Peters 4^{ed} ; fig.14-38 pg. 521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}}$$

$$= \frac{105,58}{88\%}$$

$$= 119,97 \text{ hp} \quad \text{digunakan power} = 120,0 \text{ hp}$$

Spesifikasi:

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke air proses
- Jenis : Centrifugal pump
- Rate volumetrik : 30814,500 cuft/jam
- Effisiensi motor : 88%
- Power motor : 120,0 hp
- Bahan konstruksi : Galvanized Iron



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses
Dorr”

Jumlah : 1 buah



VII.4. UNIT PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Tenaga listrik yang dibutuhkan Pabrik ini dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Generator set (Genset) dan distribusi pemakaian listrik untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah sebagai berikut :

- Untuk keperluan proses.
- 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)	Jumlah Alat	Total (Hp)
Peralatan Proses					
1	Ball Mill-1	L-111	56,0	1	56,0
2	Bucket Elevator-1	J-131	4,0	1	4,0
3	Tangki Pengencer H ₂ SO ₄	J-132	19,0	1	19,0
4	Pompa-1	L-122	0,2	1	0,2
5	Pompa-2	M-211	0,4	1	0,4
6	Reaktor-1	L-314	92,0	1	92,0
7	Reaktor-2	L-323	99,0	1	99,0
8	Tangki Penampungan Al ₂ (SO ₄) ₃ dari reaktor 2	J-321	145,6	1	145,6
9	Pompa-3	M-331	0,6	1	0,6
10	Pompa-4	L-332	0,8	1	0,8
12	Pompa-5	L-351	0,8	1	0,8
14	Tangki Penampungan Al ₂ (SO ₄) ₃ dari thickener 2	B-360	69,0	1	69,0
15	Pompa-6	L-361	0,2	1	0,2
16	Pompa-7	J-364	12,5	1	12,5
17	Steel Belt Cooler	J-365	0,7	1	0,7
18	Shredder	C-366	50,0	1	50,0
19	Ball Mill-2	J-370	56,0	1	56,0
20	Bucket Elevator-2	J-371	4,1	1	4,1
		Total	610,8	18	610,8
Peralatan Utilitas					
1	Cooling Tower	L - 111	120,0	1	120,0
2	Tangki Koagulasi	L-112	22,0	1	22,0



Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses
Dorr"

3	Tangki Flokulasi	D-130	7,0	1	7,0
4	Pompa Air Sungai	L-131	12,4	1	12,4
5	Pompa ke Tangki Koagulasi	L-141	115,7	1	115,7
6	Pompa ke Clarifier	L-161	80,5	1	80,5
7	Pompa ke Sand Filter	L-181	35,1	1	35,1
8	Pompa ke Bak Penampung Air Sanitasi	L-182	0,4	1	0,4
9	Pompa ke Kation Exchanger	L-183	27,2	1	27,2
10	Pompa ke Anion Exchanger	L-211	15,7	1	15,7
11	Pompa Boiler	D-310	33,2	1	33,2
12	Pompa ke Bak Penampung Air Proses	L-311	0,3	1	0,3
13	Pompa Air Proses	L-331	0,1	1	0,1
14	Pompa ke Bak Penampung Air Pendingin	L-332	155,5	1	155,5
15	Pompa Air Pendingin	E-350	148,7	1	149
16	Pompa Cooling Tower	E-350	120,0	1	120
	Total		0,0	0,0	0

$$\begin{aligned} 1 \text{ hp} &= 746 \text{ watt} = 0,7456 \text{ kW} \\ \text{Jadi kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas} &= 610,8 \text{ hp} + 0,0 \\ &= 610,8 \text{ hp} \\ &= 455 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk tiap-tiap lokasi. Dengan menggunakan perbandingan beban listrik lumen/m², dimana :

$$1 \text{ foot candle} = 10076 \text{ lumen/m}^2 \text{ dan } 1 \text{ lumen} = 0,0015 \text{ watt}$$

Tabel VII.2 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

No.	Lokasi	Luas (m ²)	Foot candle	Lumen/m ²
1	Jalan aspal	2000	200	2.015.200
2	Pos satpam	50	5	50.380
3	Parkir	100	10	100.760
4	Taman	108	11	108.821
5	Timbangan truk	100	10	100.760
6	Pemadam kebakaran	50	5	50.380
7	Bengkel	45	5	45.342
8	Kantor	500	50	503.800
9	Perpustakaan	100	10	100.760



Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses
Dorr"

10	Kantin	150	15	151.140
11	Poliklinik	100	10	100.760
12	Musholah	300	30	302.280
13	Ruang proses	3000	300	3.022.800
14	Ruang control	200	20	201.520
15	Laboratorium	500	50	503.800
16	Unit pengolahan air	550	55	554.180
17	Unit pembangkit listrik	150	15	151.140
18	Unit boiler	300	30	302.280
19	Storage produk	225	23	226.710
20	Storage bahan baku	250	25	251.900
21	Gudang	100	10	100.760
22	Daerah perluasan	1500	150	1.511.400
Total		10.456.873	1.038	10.456.873

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, gudang, jalan dan taman digunakan merkury 250 watt. Untuk lampu merkury 250 watt mempunyai besar output = 166.675 lumen. (Perry 6^{ed}, Conversion factor)

Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan :

No.	Lokasi	Lumen/m ²
1	Ruang Proses	3.022.800
2	Daerah perluasan	1.511.400
3	Utilitas	1.007.600
4	Storage bahan baku	251.900
5	Storage produk	226.710
6	Parkir	100.760
7	Bengkel	45.342
8	Gudang	100.760
9	Jalan aspal	2.015.200
10	Taman	108.821
Total		8.391.293

Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan = $\frac{8.391.293}{166.675} = 50,345 = 50$ buah

Untuk penerangan daerah lain digunakan lampu TL 40 watt.



$$\begin{aligned} \text{Untuk lampu TL 40 watt, lumen output} &= 26.666,7 \\ \text{Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan} &= \frac{10.456.873 - 8.391.293}{26.666,7} \\ &= 77,45925 \\ &= 77 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan :

$$\begin{aligned} &= [50 \times 250] + [77 \times 40] \\ &= 15.684,680 \text{ watt} \\ &= 15,685 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk AC kantor = 20 kWh

Supply PLN hanya untuk penerangan dan AC

$$\begin{aligned} &= 15,68 + 20 \\ &= 35,6847 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 10 % dari total kebutuhan.

Sehingga kebutuhan listrik = 1,1 x 35,6847

$$= 39,2531 \text{ kWh}$$

VII.4.1 Generator Set

Direncanakan digunakan : Generator Portable Set (penempatannya mudah)

Effisiensi generator set : 80%

Kapasitas generator set total = 455 / 80%

$$= 569 \text{ kWh}$$

1 kWh = 56,87 Btu/menit

Tenaga generator = 569 x 56,87

$$= 32375,22 \text{ Btu/menit}$$

Heating Value minyak bakar = 19.065,694 Btu/lb (**hal 1629, Perry^{ed.6}.1984**)

Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jam = 1,70 lb/menit

$$= 76,399 \text{ kg/jam}$$

Jadi dalam perencanaan ini, harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik yang dapat menghasilkan daya listrik yang sesuai. Dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar = 76,399 kg/jam

Berat jenis bahan bakar = 0,86 kg/liter

Maka kebutuhan bahan bakar = $\frac{76,399}{0,86} = 88,836 \text{ liter/jam}$

Spesifikasi :

Fungsi : Pembangkit tenaga listrik

Kapasitas : 569 kWh



Power factor : 80%
Bahan bakar : Minyak diesel
Jumlah bahan bakar : 88,8360 liter/jam
Jumlah : 2 buah (1 standby running)

VII.4.2. Tangki Penyimpanan Bahan Bakar

Fungsi : Menyimpan bahan bakar minyak diesel.

Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jam = 101,885 lb / jam
Kebutuhan bahan bakar untuk boiler per jam = 259,084 lb / jam

Total minyak diesel = 360,969 lb / jam
Densitas minyak diesel = 54 lb / cuft
Kapasitas per jam = 6,6846 cuft/jam = 189,308 liter/jam
1 cuft = 28,32 lt
Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 1 bulan :
Volume bahan = 6,6846 cuft/jam x 7,48 x 720 jam
= 36.000,65 gallon
Volume bahan = 36.000,65 x 0,0238
= 856,815 barrel
1 gallon = 0,02380 barrel
Dari Brownell tabel 3-3 halaman 43, diambil kapasitas tangki = 12.000 barrel
dengan jenis Vessel berdasarkan API Standard ^{12-D} (100,101)

Spesifikasi :

Nama alat : Tangki Penyimpanan Bahan Bakar.
Tipe : Standard Vessel API Standard ^{12-D} (100,101)
Working capacity : 12.000 barrel
Diameter : 29 ft
Tinggi : 16 ft
Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C
Jumlah : 1 buah



BAB VIII

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

VIII. 1 Pemilihan Lokasi

Penentuan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Daerah operasi ditentukan oleh faktor utama, sedangkan tepatnya lokasi pabrik yang dipilih ditentukan oleh faktor-faktor khusus. Setelah mempelajari dan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi tersebut, maka pabrik yang direncanakan ini didirikan di daerah Manyar , Gresik. Adapun alasan pemilihan lokasi tersebut karena dengan mempertimbangkan faktor-faktor utama dan faktor khusus.

A. Faktor Utama

1. Bahan Baku

Persediaan bahan baku dalam suatu pabrik adalah merupakan salah satu faktor penentuan dalam memilih lokasi pabrik yang tepat. Pada dasarnya suatu pabrik sebaiknya didirikan di daerah yang dekat dengan sumber bahan bakunya. Sehingga pengadaan dan transportasi bahan bakunya mudah diatasi dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Hal-hal yang perlu ditinjau mengenai bahan baku ini adalah sebagai berikut:

- a. Jarak sumber bahan baku dengan pabrik Bahan baku yang digunakan dapat diperoleh di Gresik dan sekitarnya.
 1. Asam Sulfat 98% dapat diperoleh dari PT Petrokimia Gresik.
 2. Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama digunakannya
 3. Bagaimana cara mendapatkannya, transportasinya, dan penyimpanan bahan baku
 4. Kemungkinan untuk mendapatkan sumber lain



2. Pemasaran

Dengan melihat pangsa pasar yang prospektif maka produk ini bisa dikatakan memenuhi pangsa pasar tersebut. Distribusi dan pemasaran dari produk dapat dilakukan melalui kota Surabaya di mana segala fasilitas telah tersedia karena kedudukan Surabaya sebagai Ibukota Provinsi Jawa Timur.

3. Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Agar produksi dari pabrik ini tidak bergantung pada supply listrik dari PLN dan untuk menghemat biaya, maka didirikan unit-unit pembangkit listrik sendiri, sehingga PLN digunakan apabila pabrik tidak beroperasi dan apabila generator ada kerusakan. Dengan demikian pabrik diharapkan dapat berjalan dengan lancar. Bahan bakar untuk pabrik ini mudah diperoleh dari Pertamina.

4. Persediaan Air

Air merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu Industri Kimia. Dalam hal ini air digunakan sebagai sanitasi, pencegahan bahaya kebakaran, media pendingin, steam, serta untuk air proses. Selama pabrik beroperasi, kebutuhan air relatif cukup banyak, maka untuk memenuhi kebutuhan air tersebut diambil air sungai yang letaknya tidak jauh dari lokasi pabrik dengan melakukan pengolahan terlebih dahulu. Mengingat lokasi pabrik ini direncanakan dekat dengan aliran sungai Bengawan, maka persoalan penyediaan air tidak akan mengalami kesulitan.

5. Iklim dan Geografis

Ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan menyangkut hubungan antara pemilihan lokasi pabrik dengan iklim dan letak geografis dari suatu daerah.

- a. Keadaan alamnya, alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan



Pra Rencana Pabrik
“ Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat
dengan Proses Dorr”

- b. Keadaan angin (kecepatan dan arahnya), pada suatu situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat itu, dan bagaimana akibatnya pada daerah itu
- c. Gempa bumi yang pernah terjadi
Keadaan iklim dan cuaca didaerah lokasi pabrik pada umumnya baik, tidak terjadi angin ribut, gempa bumi maupun banjir.

B. Faktor Khusus

1. Transportasi

Pengaruh faktor transportasi terhadap lokasi pabrik, maka pabrik akan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur. Sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan. Untuk mempermudah pengangkutan bahan baku, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan maka lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan- kendaraan besar, misalnya dekat dengan badan utama jalan raya yang menghubungkan kota-kota besar, dan pelabuhan sehingga tidak perlu untuk membuat jalan khusus

2. Perpajakan dan Asuransi

Perpajakan dan asuransi disalam mendirikan suatu pabrik juga merupakan faktor yang menentukan untuk pengambilan daerah lokasi pabrik jangan sampai pabrik yang ada akan memberatkan pabrik tersebut.

3. Karakteristik Tanah dan Lokasi

Hal – hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a. Apakah lokasi berada pada daerah bekas sawah, rawa atau bukit
- b. Harga tanah dan fasilitas – fasilitas lain Struktur dan karakteristik tanah di daerah Gresik tidak perlu ditakutkan lagi mengingat banyaknya industri lainnya yang sudah ada.



4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja sebagian besar akan diambil dari penduduk sekitar. Karena lokasinya cukup dekat dengan pemukiman penduduk, selain dapat memenuhi kebutuhan tenaga kerja juga dapat membantu meningkatkan taraf hidup penduduk sekitarnya.

5. Faktor Lingkungan Sekitar Pabrik

Menurut pengamatan, tidak ada pertentangan dari penduduk sekitarnya dalam pendirian pabrik baru mengingat daerah tersebut merupakan daerah industri. Selain itu fasilitas perumahan, pendidikan, kesehatan dan tempat peribadatan sudah tersedia di daerah tersebut.

VIII. 2 Tata Letak Pabrik

Dasar perencanaan tata letak pabrik harus diatur sehingga didapatkan :

- a) Konstruksi yang efisien.
- b) Pemeliharaan yang ekonomis.
- c) Operasi yang baik.
- d) Dapat menimbulkan kegairahan kerja dan menjamin keselamatan kerja yang tinggi.

Untuk mendapatkan tata letak pabrik yang baik harus dipertimbangkan beberapa faktor, yaitu :

- a. Tiap-tiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharannya.
- b. Setiap alat disusun berurutan menurut fungsi masing-masing sehingga tidak menyulitkan aliran proses.
- c. Untuk daerah yang mudah menimbulkan kebakaran ditempatkan alat pemadam kebakaran.
- d. Alat kontrol yang ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- e. Tersedianya tanah atau areal untuk perluasan pabrik.



Pra Rencana Pabrik “ Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan Proses Dorr”

Dalam pertimbangan pada prinsipnya perlu dipikirkan mengenai biaya instalasi yang rendah dan sistem manajemen yang efisien. Tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah Proses

Daerah ini merupakan tempat proses. Penyusunan perencanaan tata letak peralatan berdasarkan aliran proses. Daerah proses diletakkan ditengah-tengah pabrik, sehingga memudahkan supply bahan baku dari gudang persediaan dan pengiriman produk ke daerah penyimpanan, serta memudahkan pengawasan dan perbaikan alat-alat.

2. Daerah Penyimpanan (Storage Area)

Daerah ini merupakan tempat penyimpanan hasil produksi yang pada umumnya dimasukkan ke dalam tangki atau drum yang sudah siap dipasarkan.

3. Daerah Pemeliharaan

Daerah ini merupakan tempat melakukan kegiatan perbaikan dan perawatan peralatan, terdiri dari beberapa bengkel untuk melayani permintaan perbaikan dari pabrik dan bangunan.

4. Daerah Utilitas

Daerah ini merupakan tempat penyediaan keperluan pabrik yang berhubungan dengan utilitas yaitu air, steam, brine dan listrik.

5. Daerah Administrasi

Merupakan pusat dari semua kegiatan administrasi pabrik dalam mengatur operasi pabrik serta kegiatan-kegiatan lainnya.

6. Daerah Perluasan

Digunakan untuk persiapan jika pabrik mengadakan perluasan dimasa yang akan datang. Daerah perluasan ini terletak di bagian belakang pabrik.



7. Plant Service

Plant Service meliputi bengkel, kantin umum dan fasilitas kesehatan/poliklinik. Bangunan-bangunan ini harus ditempatkan sebaik mungkin sehingga memungkinkan terjadinya efisiensi yang maksimum.

8. Jalan Raya

Untuk memudahkan pengangkutan bahan baku maupun hasil produksi, maka perlu diperhatikan masalah transportasi. Salah satu sarana transportasi yang utama adalah jalan raya.

Setelah memperhatikan faktor-faktor di atas, maka disediakan tanah seluas 20.000 m² dengan ukuran 100 m x 200 m . Pembagian luas pabrik diperkirakan sebagai berikut :

Tabel 2. Pembagian Luas Pabrik

No.	BANGUNAN	Ukuran, m	m ²	Jumlah	Luas total
1	Jalan Aspal		850		850
2	Pos Keamanan	5 x 3	6	4	24
3	Parkir	10 x 5	50	2	100
4	Taman	6 x 6	36	3	108
5	Timbangan Truk	10 x 10	100	1	100
6	Pemadam Kebakaran	5 x 5	25	2	50
7	Bengkel	9 x 5	45	1	45
8	Kantor	25 x 20	500	1	500
9	Perpustakaan	10 x 10	100	1	100
10	Kantin	15 x 10	150	1	150
11	Poliklinik	10 x 10	100	1	100



Pra Rencana Pabrik
“ Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat
dengan Proses Dorr”

12	Mushola	20 x 15	300	1	300
13	Ruang Proses	60 x 50	3.000	1	3.000
14	Ruang Control	20 x 10	200	1	200
15	Laboratorium	25 x 20	500	1	500
16	Unit Pengolahan Air	20 x 25	550	1	550
17	Unit Pembangkit Listrik	15 x 10	150	1	150
18	Unit Boiler	20 x 15	300	1	300
19	Storage Produk	15 x 15	225	1	225
20	Storage Bahan Baku	25 x 10	250	1	250
21	Gudang	10 x 10	100	1	100
22	Utilitas	20 x 20	400	1	400
23	Daerah Perluasan	50 x 30	1.500	1	1.500
	Total		9.446		9.638

Luas Bangunan Gedung

$$= (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (8) + (9) + (10) + (11) + (12)$$
$$= 1.385 \text{ m}^2$$

Luas Bangunan Pabrik

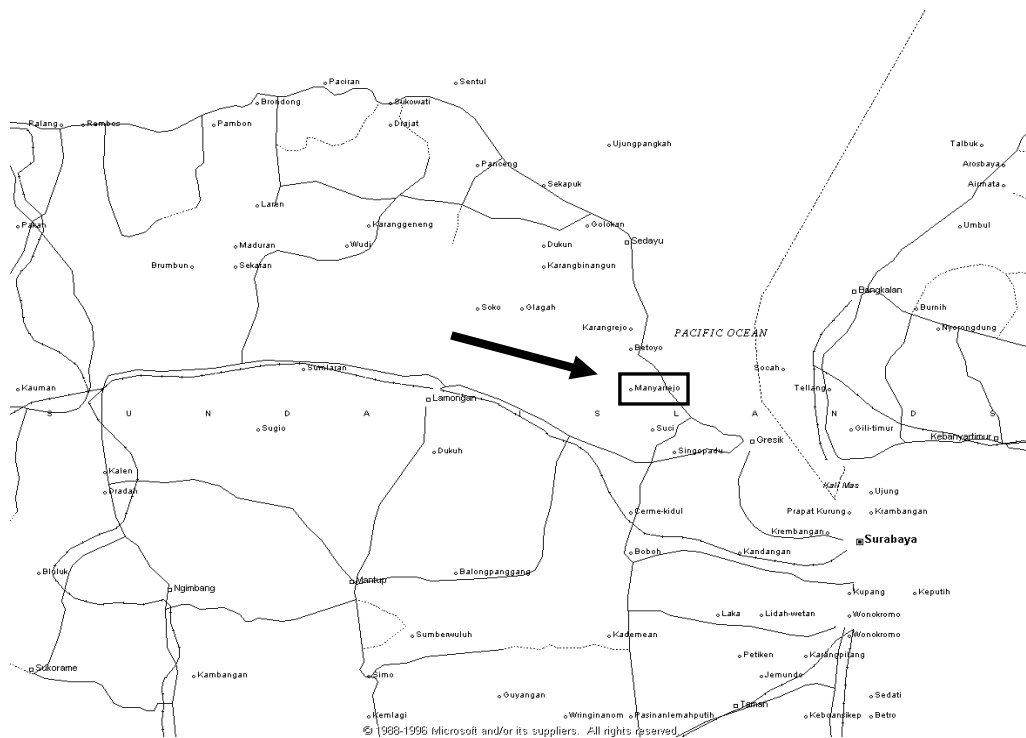
$$= (13) + (14) + (15) + (16) + (17) + (18) + (19) + (20) + (21) + (22)$$
$$= 5.675 \text{ m}^2$$



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat
dengan Proses Dorr”

15	Laboratorium	25	x	20	500
16	Unit Pengolahan Air	20	x	25	550
17	Unit Pembangkit Listrik	15	x	10	150
18	Unit Boiler	20	x	15	300
19	Storage Produk	15	x	15	225
20	Storage Bahan Baku	25	x	10	250
21	Gudang	10	x	10	100
22	Utilitas	20	x	20	400
23	Daerah Perluasan	30	x	10	300

Peta Lokasi : (encharta-msn)



Gambar 3. Peta Lokasi Pabrik



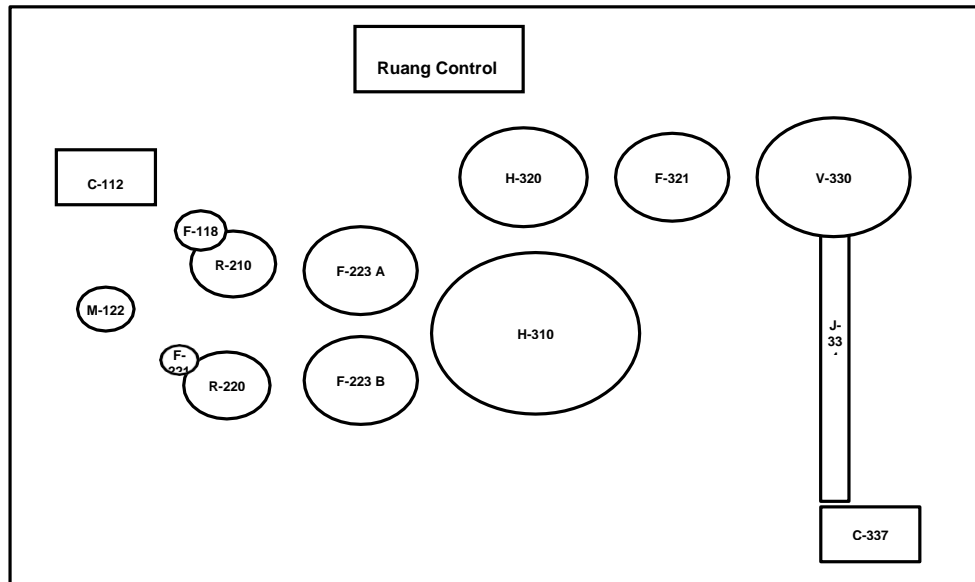
Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat
dengan Proses Dorr”

Geografi Lokasi via Satelit (google-earth) :



Gambar 4. Peta Lokasi Pabrik secara Geografi

VIII.3 Tata Letak Peralatan



Gambar 5. Tata Letak Peralatan Pabrik

KETERANGAN :

NAMA ALAT	KODE	JUMLAH
Ball Mill – 1	(C - 112)	1
Hopper Bauksit	(F - 118)	1
Tangki Pengencer H ₂ SO ₄	(M - 122)	1
Hopper Barium Sulfida	(F - 221)	1
Reaktor – 1	(R - 210)	1
Reaktor – 2	(R - 220)	1
Tangki Penampung – 1	(F - 223)	2
Thickener – 1	(H - 310)	1
Thickener – 2	(H - 320)	1
Tangki Penampung – 2	(F - 321)	1
Evaporator	(V - 330)	1
Steel Belt Cooler	(J - 334)	1
Ball Mill – 2	(C - 337)	1



BAB IX

STRUKTUR ORGANISASI

IX.1 Umum

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Letak	: Manyar ; Gresik
Lapangan Usaha	: Memproduksi Aluminium Sulfat Powder
Kapasitas Produksi	: 50.000 ton Aluminium Sulfat /tahun

IX.2 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan dari pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut :

- Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.
- Kekayaan perseroan terpisah dari kekayaan setiap pemegang saham.
- Demi kelancaran produksi, maka tanggung jawab setiap pemegang saham dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin kerana tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

IX.3 Struktur Organisasi

IX.3.1 Struktur Organisasi : GARIS DAN STAF

Bentuk organisasi ini mempunyai keuntungan antara lain :

- Dapat dipergunakan oleh setiap organisasi yang bagaimanapun besar maupun tujuan.
- Ada pembagian yang jelas antara pimpinan, staf dan pelaksana.
- Bakat-bakat yang berbeda dari para karyawan dapat dikembangkan menjadisuatu spesialisasi.
- Sistem penempatan “*The Right Man in The Right Place*” lebih mudah dilaksanakan



- Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat walaupun banyak orang yang diajak berunding karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat.
- Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dicapai karena ada anggota-anggota staf yang ahli dalam bidangnya yang dapat memberikan nasehat dan mengerjakan perencanaan yang teliti.
- Koordinasi dapat pula dengan mudah dikerjakan karena sudah ada pembagian tugas masing-masing.
- Disiplin dan moral para karyawan biasanya tinggi karena tugas yang dilaksanakan oleh seseorang sesuai dengan bakat, keahlian dan pengalamannya.

IX.4 Pembagian Tugas Dan Tanggung Jawab

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah pemilik perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham :

- Memilih dan memberhentikan komisaris
- Meminta pertanggungjawaban kepada Dewan Komisaris.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris sebagai wakil dari pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh Rapat Persero. Biasanya yang menjadi Ketua Dewan Komisaris adalah Ketua dari Pemegang Saham, dipilih dari Rapat Umum Pemegang Saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris :

- Memilih dan memberhentikan Direktur
- Mengawasi Direktur
- Menyetujui atau menolak rencana kerja yang diajukan Direktur
- Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham



3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan membawahi :

- Direktur teknik dan Produksi
- Direktur Keuangan Tugas dan Wewenang :
- Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris
- Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib perusahaan
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Mengangkat dan memberhentikan pegawai
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan

4. Direktur Teknik Dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

- Pengawasan dan peningkatan mutu produksi
- Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi
- Pengawasan peralatan pabrik
- Perbaikan pemeliharaan alat-alat produksi

5. Direktur Keuangan Dan Administrasi

Direktur Keuangan bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal

- Laba rugi perusahaan
- Neraca keuangan
- Administrasi perusahaan
- Perencanaan pemasaran dan penjualan

6. Staf Ahli

Direksi dibantu oleh beberapa staf ahli yang bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Staf ahli ini bersifat sebagai konsultan yang diminta pertimbangannya apabila perusahaan mengalami suatu masalah. Staf ahli tersebut yaitu :

- Ahli Teknik
- Ahli Proses



- Ahli Ekonomi
- Ahli Hukum

7. Kepala Bagian

Kepala Bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Teknik
2. Kepala Bagian Produksi
3. Kepala Bagian Umum
4. Kepala Bagian Pemasaran
5. Kepala Bagian Keuangan

Tugas umum Kepala Bagian adalah :

1. Menjalankan organisasi/mengatur/mengkoordinasi atau mengawasi pekerja-pekerja seksi bawahannya.
2. Bertanggung jawab atas kerja seksi-seksi dibawahnya.
3. Membuat laporan-laporan berkala dari seksi-seksi dibawahnya.
4. Mengajukan saran-saran atau pertimbangan-pertimbangan mengenai usaha perbaikan kepala seksi.

Tugas khusus Kepala Bagian :

1. Kepala Bagian Teknik
Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi di segala bidang produksi seperti pemeliharaan, perbaikan, penampungan bahan baku (utilitas).
2. Kepala Bagian Produksi
Menyelenggarakan dan mengembangkan produksi dengan cara yang ekonomis dalam batas kualitas yang direncanakan oleh perusahaan disamping secara periodik mengenalkan kualitas produk dan bahan baku.
3. Kepala Bagian Umum
Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.
4. Kepala Bagian Pemasaran
Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.



5. Kepala Bagian Keuangan

Merencanakan, menyelenggarakan dan mengevaluasi hasil operasi keuangan.

8. Kepala Seksi

Tugas Umum Kepala Seksi :

1. Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing.
2. Merencanakan rencana yang telah ditetapkan direksi.
3. Bertanggung jawab atas kelancaran/keserasian kerja atau personalia dari seksi-seksi Kepala bagian.

Tugas Khusus Kepala Seksi :

1. Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan

Menjamin keadaan peralatan/mesin-mesin yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisien dan efektif.

2. Seksi Utilitas dan Pembangkit Tenaga

Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi: air, listrik, steam dan bahan bakar.

3. Seksi Riset dan Pengembangan

Mengadakan pemeriksaan dan menetapkan acceptabilitas bahan baku, bahan pembantu maupun produk, selain itu juga dapat melakukan penelitian guna keperluan pengembangan bila diperlukan.

4. Seksi Produksi dan Proses

Melakukan pembuatan produksi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan dan mengadakan kegiatan agar proses produksi berlangsung secara baik, mulai dari bahan baku masuk hingga produk.

5. Seksi Personalia dan Kesejahteraan

Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.



6. Seksi Keamanan
Melaksanakan dan mengatur hal-hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.
7. Seksi Administrasi
Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.
8. Seksi Pemasaran dan Penjualan
Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Disini Direktur Utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.
9. Seksi Gudang
Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku / bahan pembantu dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan dan penerimaan serta pengiriman produksi ke konsumen.
10. Seksi Anggaran
Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendaya gunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.
11. Seksi Pembelian
Mengadakan pembelian dan persediaan dari semua peralatan beserta spare part dan semua bahan-bahan untuk keperluan produksi dengan memperhatikan mutu, harga dan jumlah yang tepat.

IX.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 330 hari dalam setahun, 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan mesin-mesin. Jam kerja untuk pegawai adalah sebagai berikut :

- a. Untuk pekerja non shift
Bekerja dalam enam hari dalam seminggu, sedang hari Minggu dan hari besar libur. Pembagian jam kerja karyawan non-shift sebagai berikut :



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan
Proses Dorr”

- * Senin sampai Jum’at : 07.00 – 15.00
- * Sabtu : 07.00 – 13.00

b. Untuk pekerja shift

Sehari bekerja dalam 24 jam terbagi dalam 3 shift , yaitu :

- * Shift I (pagi) : 07.00 – 15.00
- * Shift II (siang) : 15.00 – 23.00
- * Shift III (malam) : 23.00 – 07.00

Untuk memenuhi kebutuhan pegawai ini diperlukan 4 regu dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur. Jadwal kerja masing-masing regu ditabelkan pada tabel IX.1.

Tabel IX.1. Jadwal Kerja Karyawan Proses

REGU	HARI KE :													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

IX.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan karyawan diberikan dalam bentuk Jaminan Sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain :

- **Pakaian kerja**, diberikan kepada karyawan sebanyak 2 stel tiap tahun.
- **Tunjangan**, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja



- **Pengobatan**, dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, dimana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.
- **Jamsostek**. Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

IX.7 Status Karyawan Dan Sistem Upah

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, dan tanggung jawab serta keahlian.

IX. 8 Jaminan Sosial

Jaminan Sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain :

- a. Pakaian kerja, diberikan kepada karyawan tetap sebanyak 2 stel pakaian per tahun.
- b. Tunjangan, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama – sama dengan gaji, di mana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
- c. Pengobatan, dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, di mana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.
- d. Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

Tabel IX.2. Perincian Jumlah Tenaga Kerja Dan Gaji

Jabatan	Gaji/orang/bulan	Jumlah	Gaji/bulan
Direktur Utama	Rp 40.000.000	1	Rp 40.000.000
Staff Ahli	Rp 18.000.000	2	Rp 36.000.000
Direktur Admin. & Keuangan	Rp 25.000.000	1	Rp 25.000.000
Direktur Teknik & Proses	Rp 25.000.000	1	Rp 25.000.000
K. Bagian Keuangan	Rp 10.000.000	1	Rp 10.000.000
K. Bagian Pemasaran	Rp 10.000.000	1	Rp 10.000.000
K. Bagian Umum	Rp 10.000.000	1	Rp 10.000.000



Pra Rencana Pabrik
"Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan
Proses Dorr"

K. Bagian Produksi	Rp	10.000.000	1	Rp	10.000.000
K. Bagian Teknik	Rp	10.000.000	1	Rp	10.000.000
K. Seksi Pembelian	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Anggaran	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Gudang	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Pemasaran & Penjualan	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Keamanan	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Administrasi	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Personalia	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Produksi & Proses	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Riset & Pengembangan	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Utilitas & Tenaga	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
K. Seksi Pemeliharaan & Perbaikan	Rp	7.000.000	1	Rp	7.000.000
Sekretaris Direktur	Rp	6.000.000	2	Rp	12.000.000
Karyawan Pembelian	Rp	5.000.000	3	Rp	15.000.000
Karyawan Laboratorium	Rp	5.000.000	3	Rp	15.000.000
Karyawan Gudang	Rp	4.300.000	5	Rp	21.500.000
Karyawan Pemasaran	Rp	4.300.000	5	Rp	21.500.000
Karyawan Keamanan	Rp	4.300.000	5	Rp	21.500.000
Karyawan Administrasi	Rp	5.000.000	3	Rp	15.000.000
Karyawan Personalia	Rp	5.000.000	5	Rp	25.000.000
Karyawan Produksi & Proses	Rp	6.000.000	30	Rp	180.000.000
Karyawan Riset & Pengembangan	Rp	5.000.000	6	Rp	30.000.000
Karyawan Utilitas	Rp	5.500.000	7	Rp	38.500.000
Karyawan Pemeliharaan	Rp	5.000.000	6	Rp	30.000.000
Karyawan Quality Control	Rp	5.000.000	6	Rp	30.000.000
Karyawan K3	Rp	5.000.000	6	Rp	30.000.000

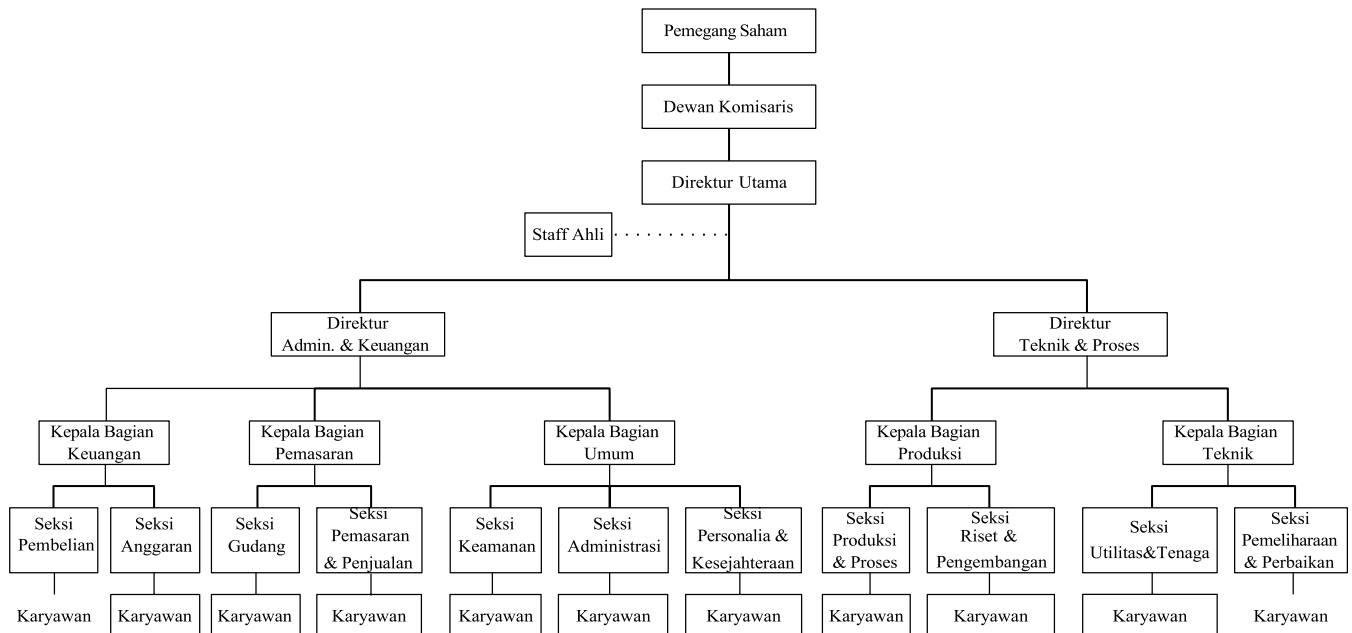


Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Aluminium Sulfat dari Bauksit dan Asam Sulfat dengan
 Proses Dorr”

Dokter	Rp	8.000.000	2	Rp	16.000.000
Perawat	Rp	4.800.000	3	Rp	14.400.000
Sopir	Rp	4.300.000	5	Rp	21.500.000
Office Boy	Rp	4.300.000	4	Rp	17.200.000
Petugas Kebersihan	Rp	4.300.000	10	Rp	43.000.000
Satpam	Rp	4.300.000	8	Rp	34.400.000
Jumlah			148	Rp	884.500.000

Penentuan jumlah karyawan proses dan karyawan utilitas berdasarkan metode :

“Operator Requirements of Process Equipment”. (Ulrich : 329)



Gambar IX.1. Struktur Organisasi Perusahaan



BAB X

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi di dalam suatu perencanaan pabrik adalah sangat penting, karena perhitungan ekonomi ini dapat diketahui apakah pabrik yang direncanakan ini layak untuk didirikan atau tidak dalam artian feasible (memenuhi)

Faktor-faktor yang perlu untuk ditinjau antara lain:

1. Laju pengembalian modal (*Return on Investment*)
2. Lama pengembalian modal (*Pay Back Periode*)
3. Titik impas (*Break Even Point*)
4. Laju pengembalian modal sendiri (*Internal Rate of Return, IRR*)

Untuk meninjau faktor-faktor diatas, perlu adanya penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Penaksiran modal industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri atas:
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Production Cost*) yang terdiri atas:
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Total pendapatan

X.1. Harga Peralatan

Karena harga peralatan cenderung naik tiap tahun, maka untuk menentukan harga sekarang, ditaksir dari harga-harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Contoh perhitungan harga alat dan daftar harga alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Appendix D.



X.2. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

X.2.1. Modal Tetap (Fixed Capital Investment / FCI)

Proses : Solid - Fluid

A. Biaya Langsung (Direct Cost)

1	Harga peralatan (E)		Rp	19.531.129.397	
2	Instrumentasi dan kontrol :	13%	E	Rp	2.539.046.822
3	Isolasi :	10%	E	Rp	1.953.112.940
4	Perpipaan terpasang :	40%	E	Rp	7.812.451.759
5	Pelistrikan terpasang	10%	E	Rp	1.953.112.940 +
6	Harga FOB (Free on Board) (F)		Rp	33.788.853.856	
7	Ongkos Kapal Laut :	10%	F	Rp	3.378.885.386 +
8	Cost & Freight (G)		Rp	37.167.739.242	
9	Asuransi :	1%		Rp	371.677.392 +
10	Cost Insurance Freight (H)		Rp	37.539.416.635	
11	Biaya angkut ke plant site :	15%	H	Rp	5.630.912.495
12	Pemasangan Alat :	40%	E	Rp	7.812.451.759
13	Bangunan Pabrik		Rp	15.885.000.000	
14	Tanah		Rp	50.000.000.000	
15	Service fac & yard improvement :	65%	E	Rp	12.695.234.108 +
16	Direct Cost (DC)		Rp	129.563.014.996	

B. Biaya Tidak Langsung (Indirect Cost)

17	Engineering dan supervisi :	40%	DC	Rp	51.825.205.999
18	Ongkos Pemborong :	20%	DC	Rp	25.912.602.999
19	Biaya tak terduga :	40%	E	Rp	7.812.451.759
20	Biaya konstruksi :	34%	E	Rp	6.640.583.995 +
21	Indirect Cost		Rp	92.190.844.751	

Fixed Capital Investment (FCI) = Direct Cost + Indirect Cost

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 221.753.859.748

X.2.2. Total Production Cost (TPC)

A. Manufacturing Cost (Variable Cost)

I. Direct Production Cost

1	Bahan Baku (1 tahun)		Rp	553.174.600.032	
2	Biaya Utilitas (1 tahun)		Rp	38.952.242.703	
3	Biaya Pengemasan (1 tahun)		Rp	1.653.260.871	
4	Gaji Karyawan		Rp	11.498.500.000	
5	Biaya Laboratorium	15%	Gaji	Rp	1.724.775.000
6	Biaya Supervisi	15%	Gaji	Rp	1.724.775.000
7	Biaya pemeliharaan & perbaikan	6%	FCI	Rp	13.305.231.585
8	Operating supplies :	15%	Pemeliharaan	Rp	1.995.784.738 +
Direct Production Cost			Rp	624.029.169.929	



Perhitungan bunga bank, R :

Komposisi modal 60% (0,60) modal sendiri dan 40 % (0,40) modal pinjaman

Lama pengembalian pinjaman, n = 10 Tahun

Rate bunga sebesar : 9,95% BRI

1. Depresiasi alat dihitung dengan metode garis lurus

Harga alat = Rp 19.531.129.397

H. alat akhir masa pakai (10% harga alat) = Rp 1.953.112.940

Biaya depresiasi alat selama 10 th

= $\frac{V.alat - V.alat\ akhir\ masa\ pakai}{n}$ = Rp 1.757.801.646

2. Depresiasi bangunan

H. bangunan = Rp 7.812.451.759

H. bangunan akhir masa pakai (10% H.bangunan) = Rp 1.562.490.352

Biaya depresiasi bangunan selama 10 th

= $\frac{H.bangunan - akhir\ masa\ pakai}{n}$ = Rp 624.996.141

3 Total depresiasi

= depresiasi alat + depresiasi bangunan

= Rp 1.757.801.646 + Rp 624.996.141

= Rp 2.382.797.786

B. Biaya Produksi Tetap (Fixed Charge) (FC)

1 Depresiasi = Rp 2.382.797.786

2 Local taxes : 1% FCI = Rp 2.217.538.597

3 Insurance : 1,0% FCI = Rp 2.217.538.597

4 Rent = Rp -

5 Bunga Bank BRI 9,95% (40% TCI) = 0,0398 TCI

Fixed Charges = Rp 6.817.874.981 + 0,0398 TCI

C. Biaya Plant Over Head

60% (Operatin Labor+Supervision+maintanance) = Rp10.215.474.794

Manufacturing cost=Direct Production Cost+Fixed Charges+Plant Over Head

Manufacturing cost / Biaya Pembuatan Total (BPT)

= Rp641.062.519.704 + 0,0398 TCI



X.3. Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses)

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ Administrative cost } 15\% \text{ (operating = Rp } 94.162.459.450 \\
 &\quad \text{labor + supervision + maintenance)} \\
 &2 \text{ Distribution \& Marketing } 5\% \text{ TPC = } 0,05 \text{ TPC} \\
 &3 \text{ Research \& Development } 5\% \text{ TPC = } 0,05 \text{ TPC} \\
 &\text{General Expenses} = \text{Rp } 94.162.459.450 + 0,1 \text{ TPC}
 \end{aligned}$$

Biaya Produksi Total (TPC) = Manufacturing cost + General expenses

$$\begin{aligned}
 \text{Manufacturing cost} &= \text{Rp} 641.062.519.704 + 0,0398 \text{ TCI} \\
 \text{General expenses} &= \text{Rp } 94.162.459.450 + 0,1 \text{ TPC} \\
 \text{TPC} &= \text{Rp } 735.224.979.154 + 0,04 \text{ TCI} + 0,1 \text{ TPC} \\
 0,9 \text{ TPC} &= \text{Rp } 735.224.979.154 + 0,0398 \text{ TCI} \\
 \text{TPC} &= \text{Rp } 816.916.643.504 + 0,0442 \text{ TCI} \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

Biaya Working Capital Investment (WCI)

WCI adalah penyimpanan bahan baku, penyimpanan produk dan cadangan dalam 2 bulan.

$$\begin{aligned}
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 &= \text{Rp } 221.753.859.748 + \text{WCI} \\
 \text{WCI} &= \frac{\text{TPC}}{12} \times 2 \text{ bulan} \\
 \text{WCI} &= \frac{\text{Rp } 816.916.643.504 + 0,0442 \text{ TCI}}{12} \times 2 \\
 \text{WCI} &= \text{Rp } 136.152.773.917 + 0,0074 \text{ TCI} \dots\dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

Biaya Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned}
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 \text{TCI} &= \text{Rp } 221.753.859.748 + \text{Rp } 136.152.773.917 + 0,007 \text{ TCI} \\
 \text{TCI} &= \text{Rp } 357.906.633.665 + 0,0074 \text{ TCI} \\
 0,9926 \text{ TCI} &= \text{Rp } 357.906.633.665 \\
 \text{TCI} &= \text{Rp } \mathbf{360.564.124.807}
 \end{aligned}$$

Sehingga persamaan 1 menjadi :

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{Rp } 816.916.643.504 + (0,0442 \text{ TCI}) \\
 &= \text{Rp } 816.916.643.504 + \text{Rp } 15.944.946.853 \\
 \text{TPC} &= \text{Rp } \mathbf{832.861.590.357}
 \end{aligned}$$

Sehingga persamaan 2 menjadi :

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= \text{Rp } 136.152.773.917 + 0,0074 \text{ TCI} \\
 &= \text{Rp } 136.152.773.917 + 0,0074 \times (\text{Rp} 360.564.124.807) \\
 \text{WCI} &= \text{Rp } \mathbf{138.810.265.059}
 \end{aligned}$$



Fixed Charges (FC) :

$$\begin{aligned} \text{FC} &= \text{Rp } 6.817.874.981 + 0,0398 \text{ TCI} \\ &= \text{Rp } 6.817.874.981 + 0,0398 (\text{Rp } 360.564.124.807) \\ \text{FC} &= \text{Rp } \quad \quad \quad \mathbf{21.168.327.149} \end{aligned}$$

Biaya Pembuatan Total (*Manufacturing Cost*) :

$$\begin{aligned} \text{Manufacturing cost} &= \text{Rp } 641.062.519.704 + 0,0398 \text{ TCI} \\ &= \text{Rp } 641.062.519.704 + 0,0398 \times \text{Rp } 360.564.124.807 \end{aligned}$$

Manufacturing cost = Rp 655.412.971.871

Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*) :

$$\begin{aligned} \text{General Expenses} &= \text{Rp } 94.162.459.450 + 0,1 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp } 94.162.459.450 + 0,1 \times \text{Rp } 816.916.643.504 \end{aligned}$$

General Expenses = Rp 175.854.123.800

X.4. Analisa Ekonomi

Metode yang dipakai adalah **Discounted Cash Flow**

A. Asumsi yang diambil

1. Modal
 - Modal sendiri = 60% FCI
 - Modal pinjaman bank = 40% FCI
2. Bunga = 9,95% pertahun
3. Masa konstruksi = 2 tahun
 - Modal tahun pertama = 50% investasi
 - Modal tahun kedua = 50% investasi
4. Laju inflasi = 6% pertahun selama : 2 tahun
5. Pengembalian pinjaman dalam waktu = 10 tahun
6. Umur pabrik : 10 tahun dihitung dengan metode straight line method
7. Kapasitas produksi :
 - Tahun I = 80%
 - Tahun II = 90%
 - Tahun III dst = 100%
8. Pajak Pendapatan Badan Usaha

Penghasilan Kotor	Tarif Pajak
Kurang dari Rp 4,8 Milyar	1% x penghasilan kotor
Lebih dari Rp 4,8 Milyar s/d 50 Milyar	(0,25 - 0,6 Milyar /penghasilan kotor) x PKP
Lebih dari Rp 50 Milyar	25% x PKP



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 Berikut: Maka, TPC yang didapatkan adalah dari BPT ditambah dengan General expenses yaitu sebesar Rp 136.152.773.917,39

Tabel X.1. Biaya Total Produksi Dalam Berbagai Kapasitas

Thn	Kap.	Variabel Cost (Rp)	FC (Rp)	SVC (Rp)	TPC (Rp)
1	80%	499.223.335.943	21.168.327.149	187.664.093.279	832.861.590.357
2	90%	561.626.252.936	21.168.327.149	187.664.093.279	832.861.590.357
3	100%	624.029.169.929	21.168.327.149	187.664.093.279	832.861.590.357

B. Investasi pabrik

Total investasi Pabrik	=	Rp	221.753.859.748
Modal Sendiri 60%	=	Rp	133.052.315.849
Modal Bank 40%	=	Rp	88.701.543.899

Tabel investasi pabrik tergantung pada masa konstruksi seperti terlihat pada Tabel X.2 dan X.3

Tabel X.2 Modal sendiri pada tahun konstruksi

Modal Sendiri	=	Rp	133.052.315.849
inflasi	=	200%	

Tahun	Modal	Pengeluaran	Inflasi	Jumlah
-2	50%	Rp 66.526.157.924		Rp 66.526.157.924
-1	50%	Rp 66.526.157.924	Rp 3.991.569.475	Rp 70.517.727.400
0			Rp 7.983.138.951	Rp 7.983.138.951

Total Modal sendiri pada akhir masa konstruksi = Rp 145.027.024.275

Tabel X.3 Modal Pinjaman pada tahun konstruksi

Modal Bank	=	Rp	88.701.543.899
Bunga	=	9,95%	

Thn	Modal	Pengeluaran	Bunga (Rp)	Jumlah
-2	50%	Rp 44.350.771.950		Rp 44.350.771.950
-1	50%	Rp 44.350.771.950	Rp 4.412.901.809	Rp 48.763.673.759
			Rp 8.825.803.618	Rp 8.825.803.618

Total Modal Pinjaman pada akhir masa konstruksi = Rp 101.940.249.326



X.5. Laju Pengembalian Modal, Internal Rate of Return (IRR)

Untuk memperoleh harga i yaitu dari hasil TCI harus dipenuhi :

$$\sum \frac{CF}{(1+i)^n} = \text{Total investasi pada akhir masa konstruksi}$$

Keterangan : n = Tahun
 CF = Cash Flow pada tahun ke - n
 i = *Capital interest rate*

total investasi pd akhir masa konstruksi = Rp 360.564.124.807

Dengan cara trial akan di peroleh harga = 0,2553 trial = 25,53%

Tahun	Cash Flow	trial=	Present Value
		25,5%	
		Disc Factor $1/((1+i)^n$	
0	Rp 360.564.124.807		
1	Rp 86.881.910.939	0,7966	Rp 69.211.786.372
2	Rp 98.399.989.921	0,6346	Rp 62.444.823.464
3	Rp 109.918.068.902	0,5055	Rp 55.567.540.179
4	Rp 109.918.068.902	0,4027	Rp 44.266.161.719
5	Rp 109.918.068.902	0,3208	Rp 35.263.268.214
6	Rp 109.918.068.902	0,2556	Rp 28.091.391.638
7	Rp 109.918.068.902	0,2036	Rp 22.378.138.048
8	Rp 109.918.068.902	0,1622	Rp 17.826.851.335
9	Rp 109.918.068.902	0,1292	Rp 14.201.209.584
10	Rp 109.918.068.902	0,1029	Rp 11.312.954.254
		TOTAL	Rp 360.564.124.807

Dari perhitungan Goal Seek diperoleh $i = 25,5\%$ per tahun harga i yang diperoleh lebih besar dari pada harga i yang ditetapkan untuk bunga pinjaman yaitu 9,95%. Hal ini membuktikan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman pertahun sebesar 25,53%

X.6 Return on Investment (ROI)

Laba kotor rata-rata = Rp 138.773.129.895
 Laba bersih rata-rata = Rp 104.079.847.421
 Total Capital Invesment = Rp 360.564.124.807

$$\begin{aligned} \text{ROI Sebelum Pajak} &= \frac{\text{Laba kotor rata - rata}}{\text{Total investasi akhir}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 138.773.129.895}{\text{Rp } 360.564.124.807} \times 100\% \\ &= 38,49\% \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{ROI Sesudah Pajak} &= \frac{\text{Laba bersih rata - rata}}{\text{Total investasi akhir}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp } 104.079.847.421}{\text{Rp } 360.564.124.807} \times 100\% \\
 &= 28,87\%
 \end{aligned}$$

X.7. Lama Pengembalian Modal , Pay Back Periode (PBP)

Untuk menghitung waktu pengembalian modal maka dihitung akumulasi modal sebagai berikut :

Tabel X.4. Payback Periode

Tahun	Cashflow	Cumulative Cashflow
0	Rp 221.753.859.748	
1	Rp 86.881.910.939	Rp 86.881.910.939
2	Rp 98.399.989.921	Rp 185.281.900.860
3	Rp 109.918.068.902	Rp 295.199.969.762
4	Rp 109.918.068.902	Rp 405.118.038.665
5	Rp 109.918.068.902	Rp 515.036.107.567
6	Rp 109.918.068.902	Rp 624.954.176.470
7	Rp 109.918.068.902	Rp 734.872.245.372
8	Rp 109.918.068.902	Rp 844.790.314.274
9	Rp 109.918.068.902	Rp 954.708.383.177
10	Rp 109.918.068.902	Rp -

Total modal investasi = Rp 221.753.859.748

Menghitung Pay Back Period

$$\frac{(x - x1)}{(x2 - x1)} = \frac{(y - y1)}{(y2 - y1)}$$

Rp (73.446.110.015)
 -0,668189596 Rp 109.918.068.902

x = tahun

y = Cummulative cash flow

Berdasarkan cummulative cash flow, angka total modal investasi terakhir berada di tahun ke - 3 dan ke - 4 Sehingga :

$$x - x1 = \frac{221.753.859.748 - 295.199.969.762}{109.918.068.902}$$

$$x = -0,67 + 3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi Pay Back Period} &= 2,33 \text{ Tahun} \\
 &= 2 \text{ Tahun} \quad (8) \text{ Bulan}
 \end{aligned}$$



X.8 Break Even Point (BEP)

Break Event Point (BEP)

A. Biaya Tetap (Fixed Cost (FC)) = Rp 21.168.327.149

B. Biaya Variable Cost (VC) = Rp 624.029.169.929

C. Semi Variable Cost (SVC) = Rp 187.664.093.279

D. Total penjualan (S) = Rp 986.435.976.777

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

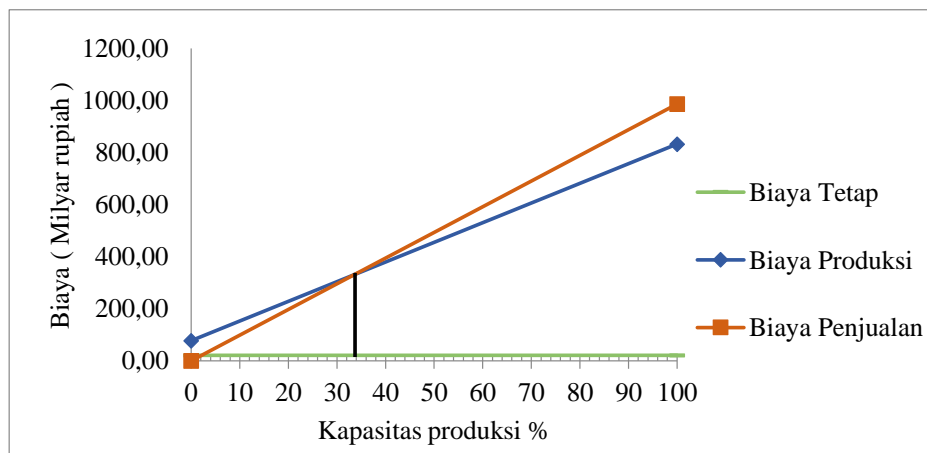
$$= \frac{\text{Rp } 21.168.327.148,69 + (0,3 \times \text{Rp } 187.664.093.279)}{\text{Rp } 986.435.976.777 - (0,7 \times \text{Rp } 187.664.093.279)} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp } 21.168.327.148,69 + 56.299.229.597}{\text{Rp } 986.435.976.777 - 131.365.065.295} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp } 21.730.556.748,29}{\text{Rp } 855.070.911.482} \times 100\%$$

$$= 33,53\%$$

Kapasitas %	Milyar rupiah		
	Biaya tetap	Biaya produksi	Biaya penjualan
0	21,17	77,47	0
100	21,17	833	986,44



Gambar X.1 Grafik BEP



BAB XI

DISKUSI DAN KESIMPULAN

XI.1. DISKUSI

Berhasil tidaknya suatu industri kimia tidak hanya terletak pada proses dan peralatan yang modern atau produk yang berkualitas baik, melainkan terletak pada sistem dan cara penanganan yang tepat serta sesuai baik mengenai proses, teknik produksi, manajemen dan pemasaran.

XI.1.1. Proses Produksi

Pada kenyataannya, untuk mendirikan pabrik aluminium sulfat dari bauksit dan asam sulfat dengan proses dorr, proses harus dilakukan dan dikontrol dengan baik dan pemeliharaan alat harus diperhatikan pula.

XI.1.2. Faktor Lokasi

Faktor lokasi pabrik juga memegang peranan penting terhadap berhasilnya suatu industri. Dengan pertimbangan tersedianya sarana dan prasarana yang memadai, serta letak lokasi pabrik yang strategis baik dilihat dari lokasi penyediaan bahan baku, lokasi pelabuhan maupun lokasi pemasarannya, maka pada kecamatan Manyar, Gresik, Jawa Timur direncanakan sebagai lokasi pendirian pabrik ini.

XI.1.3. Bentuk Perusahaan

Bentuk Perseroan Terbatas (PT) dipilih sebagai bentuk perusahaan dengan dasar pertimbangan fleksibilitas pada kelangsungan pabrik ini jangka panjang. Sedangkan struktur organisasi perusahaan berupa garis dan staff untuk memberi ketegasan tugas dan wewenang masing-masing karyawan.



XI.1.4. Faktor Ekonomi

Untuk mengetahui kelayakan pabrik ini dari segi ekonomi telah dilakukan perhitungan Rate of Return (ROR), Pay Out Period (POP) dan Break Even Point (BEP). Berdasarkan analisa ekonomi, bila diinvestasikan untuk pembuatan pabrik laju pengembaliannya sebesar 25,5 %. Modal pabrik ini akan kembali setelah pabrik berproduksi 2 tahun 8 bulan, waktu ini relatif cukup jika dilihat berdasarkan perkiraan umur pabrik.

XI.2. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan operasi : Kontinyu 24 jam/hari
330 hari per tahun
2. Kapasitas produksi : 50.000 ton per tahun
3. Bahan baku : Bauksit dan Asam Sulfat
4. Lokasi : Kecamatan Manyar - Gresik, Jawa Timur
5. Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas
6. Struktur Organisasi : Garis dan staff
7. Jumlah Tenaga kerja : 145 orang
8. Umur pabrik : 10 tahun
9. Masa konstruksi : 2 tahun
10. FCI : Rp 221.753.859.748
11. WCI : Rp 138.810.265.05912.
12. Laju pengembalian modal : 25,5%
13. Pay Back Period : 2 Tahun 8 bulan
14. BEP : 33,53%