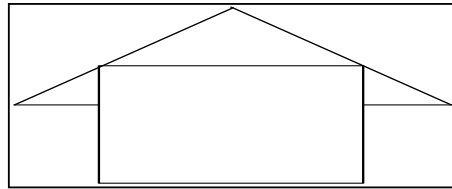




BAB V SPESIFIKASI ALAT

1. Gudang Asam Salisilat (F-110)

- Fungsi : Menyimpan asam salisilat untuk sementara waktu sebelum diproses
Type : Berbentuk segiempat tegak, lantai rata dan atap runcing
Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk menampung padatan

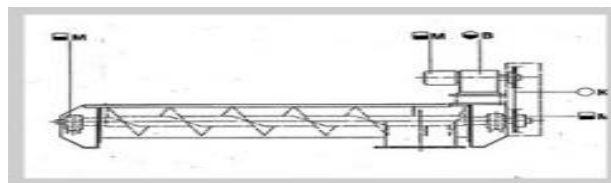


Spesifikasi Gudang Asam Salisilat (F-110)

- Kapasitas : 47108,482 cuft
Waktu penyimpanan : 30 hari
Panjang gudang : 64,230 ft = 19,58 m
Lebar gudang : 42,820 ft = 13,05 m
Tinggi gudang : 21,410 ft = 6,53 m
Bahan konstruksi : Beton
Jumlah : 2 buah

2. Screw Conveyor (J-111)

- Fungsi : Memindahkan asam salisilat dari gudang penyimpanan ke bucket elevator
Type : Plain spouts or chutes
Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup



Spesifikasi Screw Conveyor (J-111)

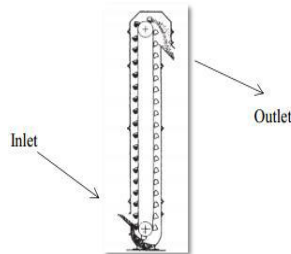
- Kapasitas : 130,86 cuft/jam
Panjang : 30 ft = 9,144 m
Diameter : 9 in
Kecepatan putaran : 40 Rpm
Power : 2 hp



Jumlah : 1 buah

3. Bucket Elevator-1 (J-112)

Fungsi : Untuk memindahkan Asam Salisilat dari screw conveyor ke tangki penyimpanan sementara (hopper)
Type : Continuous discharge bucket elevator
Dasar Pemilihan : Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu

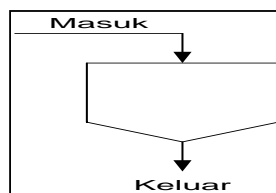


Spesifikasi Bucket Elevator-1 (J-112) :

Bahan Konstruksi : Carbon steel
Kapasitas masuk : 5314,475 kg/jam = 5,3145 ton /jam
Kapasitas maksimum : 14 ton/jam
Ukuran bucket : 6 in x 4 in x 4 1/4 in
Bucket spacing : 12 in
Ukuran feed (max) : 3/4 in
Tinggi elevator : 25 ft = 7,6 m
Lebar belt : 7 in
Kecepatan bucket : 3,0241 ft/min
Putaran head shaft : 9 rpm
Power : 2 Hp
Jumlah : 1 buah

4. Hopper (F-113)

Fungsi : Menampung sementara asam salisilat sebelum ke reaktor
Type : Silinder dengan tutup bawah berbentuk konikal dengan posisi vertikal
Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk bahan padat





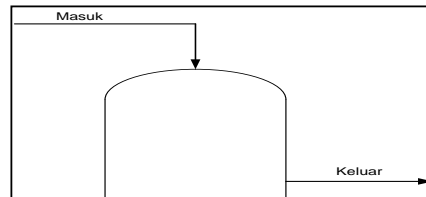
PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Spesifikasi Hopper Asam Salisilat (F-113)

Kapasitas	: 163,5711	cuft
Diameter shell	: 4,71	ft
Tinggi shell	: 9,41	ft
Tebal shell	: 3/16	in
Tebal tutup bawah	: 3/16	ft
Tinggi conical	: 1,07	ft
Cone angle	: 30	°
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-283 grade C	
Jumlah	: 1 buah	

5. Tangki Acetic Anhydride (F-120)

Fungsi	: Menampung asetat anhidrat
Type	: Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas torispherical dan tutup bawah flat
Dasar pemilihan	: Berdasarkan tekanan atmosferic dan wujud bahan (cair)



Spesifikasi Tangki Penyimpanan $C_4H_6O_3$ (F-120) :

Bahan Konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Volume Tangki	: 381,2704 m ³
Diameter Tangki	: 20,4690 ft
Tinggi Tangki	: 40,9380 ft
Tebal Shel	: 1/2 in
Volume Tutup	: 0,0119 m ³
Diameter Tutup	: 20,5523 ft
Tinggi Tutup	: 3,4733 ft
Tebal Tutup	: 1/2 in
icr	: 13,75 in
r	: 10,8 in
sf	: 4 1/2 in
Tutup Bawah	: Flat
Jumlah	: 2 Buah

6. Pompa-1 (L-121)

Fungsi	: Mengalirkan asetat anhidrat dari tangki penyimpanan
--------	---



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

menuju heater
Type : Centrifugal pump
Dasar Pemilihan : Sesuai untuk viskositas < 10 Cp dan liquid

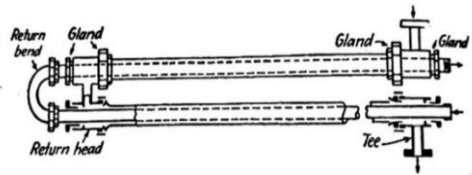


Spesifikasi Pompa-1 (L-121)

Bahan konstruksi : Commercial steel
Rate Volumetrik : 15,9875 gpm
Total Dynamic Head : 58,6879 ft.lb_f/lb_m
Efisiensi Pompa : 19%
Efisiensi motor : 80%
Power : 3 Hp
Jumlah : 1 buah

7. Heater - 1 (E - 122)

Fungsi : Memanaskan asetat anhidrat suhu 30 C menjadi 90 C
Type : Double pipe exchanger
Dasar Pemilihan : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang kecil



Spesifikasi Heater - 1 (E - 122)

Annulus

IPS, Sch : 2 in, sch 40
ID : 2,380 in

Pipe

IPS, Sch : 1 1/4 in, sch 40
OD : 1,660 in
ID : 1,380 in
Panjang haipins : 14 lin ft



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Jumlah Harpins : 1 buah

Heat exch, area A : 9,3 ft²

Faktor pengotor

Rd required : 0,0020

Rd calculated : 0,0021

Pressure Drop

Annulus : 0,0016 Psi

Pipe : 0,1043 Psi

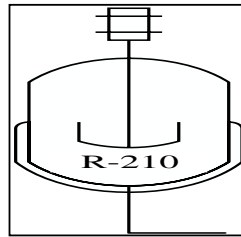
Bahan Konstruksi : Commercial Pipe

Jumlah : 1 buah

8. Reaktor (R-210)

Fungsi : Mereaksikan asam salisilat dengan asetat anhidrat

Type : Silinder tegak, tutup atas dan bawah dishead, dilengkapi dengan pengaduk dan jaket pendingin



Spesifikasi Reaktor (R-210) :

Dimensi Reaktor :

Waktu reaksi : 1 jam

Diameter : 5,9085 ft = 1,8009 m

Tinggi total reaktor : 13,83 ft = 4,2148 m

Kapasitas reaktor : 323,86 cuft = 9171 L

Tebal shell : 1/4 in

Tebal tutup : 1/4 in

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Jumlah reaktor : 1 buah

Dimensi Pengaduk

Type : Dipilih pengaduk type *flat blade turbine* dengan jumlah blade 6

Diameter Impeller : 1,9695 ft = 0,60 m

Jarak impeller ke dasar : 1,9695 ft = 0,60 m

Tebal blade : 0,0492 ft = 0,02 m

Panjang blade : 0,4924 ft = 0,15 m



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Power : 61 hp = 45,51 kWh

Dimensi Jacket Pendingin

Diameter dalam jacket : 5,99 ft = 1,8 m

Tinggi jacket : 12,823 ft = 3,9 m

Jaket spacing : 0,5 in = 0,2 m

Luas *Heat Transfer* : 254,04 ft² = 23,60 m²

Tebal Shell : 1/4 in

9. Pompa-2 (L-211)

Fungsi : Memindahkan bahan dari reaktor ke rotary drum vacuum filter

Type : Centrifugal pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk viskositas < 10 Cp dan liquid



Spesifikasi Pompa-2 (L-211)

Bahan konstruksi : Commercial steel

Rate Volumetrik : 26,2016 gpm

Total Dynamic Head : 17,8379 ft.lb_f/lb_m

Efisiensi Pompa : 20%

Efisiensi motor : 80%

Power : 2 Hp

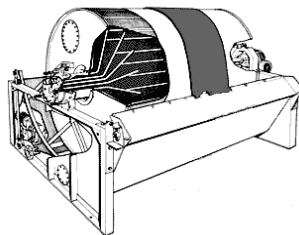
Jumlah : 1 buah

10. Rotary Drum Vacuum Filter (H-310)

Fungsi : Memisahkan cake dengan filtrat

Type : Continous Rotary Drum Vacuum Filter

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk memisahkan filtrat dan cake



Spesifikasi Rotary Drum Vacuum Filter (H-310) :

Bahan : Carbon steel



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Diameter	:	6,089	ft
Panjang	:	9,743	ft
Putaran	:	6	rpm (Perry ed7 18-96)
Power	:	11	hp
Vacuum	:	17,919	inHg
Jumlah	:	1	buah

11. Pompa-3 (L-311)

Fungsi	:	Memindahkan filtrat dari rotary drum vacuum filter ke kristalizer
Type	:	Centrifugal pump
Dasar Pemilihan	:	Sesuai untuk viskositas < 10 Cp dan liquid



Spesifikasi Pompa-3 (L-311)

Bahan konstruksi	:	Commercial steel
Rate Volumetrik	:	88,6272 gpm
Total Dynamic Head	:	67,7734 ft.lb _f /lb _m
Efisiensi Pompa	:	19%
Efisiensi motor	:	80%
Power	:	4 Hp
Jumlah	:	1 buah

12. Cooler (E-312)

Fungsi	:	Mendinginkan C ₉ H ₈ O ₄ Menuju Crystallizer
Type	:	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube)
Dasar Pemilihan	:	Mempunyai range perpindahan panas yang besar



Spesifikasi Cooler (E-312) :

Shell Side

ID	:	19 1/4 in
----	---	-----------



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Passes : 4
A : 67,1399 ft²
UD : 5 Btu/jam.ft.^oF

Tube Side

OD : 3/4 in
ID : 0,62 in
BWG : 16
Panjang : 10 ft
Pitch : 1 in square pitch
Jumlah Tube : 34,2027 buah
Jumlah cooler : 1 Buah
Bahan Konstruksi : Carbon Steel

13. Crystallizer (S-320)

Fungsi : Mengkristalkan larutan aspirin dengan cara pendinginan
Type : *Swenson - Walker Crystallizer*
Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi dengan pendinginan

Spesifikasi Crystallizer (S-320) :

Kapasitas : 888,5801 cuft
Diameter : 6,6867 ft = 2,0381 m
Panjang : 22,2669 ft = 6,7869 m
Luas cooling area : 611,3591 ft²/ft³
Power : 11 Hp
Jumlah : 1 buah

14. Centrifuge (H-330)

Fungsi : Memisahkan kristal basah dan mother liquor
Type : *Disk Bowls Centrifuge (automatic continous dish cake)*
Dasar pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan, efisiensi tinggi

Spesifikasi Centrifuge (H-330) :

Kapasitas : 23,02 gpm
Kapasitas : 5 - 50 gpm
Diameter bowl : 13 in
Speed : 7500 rpm
Centrifuge force : 10400 lbf/ft²
Power motor : 6 Hp
Jumlah : 1 buah

15. Screw Conveyor-2 (J-331)

Fungsi : Memindahkan kristal basah aspirin dari centrifuge ke rota



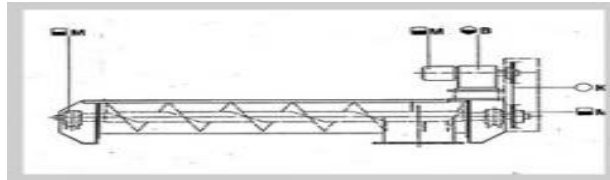
PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

dryer

Type : Plain spouts or chutes

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup



Spesifikasi Screw Conveyor-2 (J-331)

Kapasitas : 175,7543 cuft/jam
Panjang : 30 ft = 9,144 m
Diameter : 9 in = 2,743 m
Kecepatan putaran : 40 rpm
Power : 3 hp
Jumlah : 1 buah

16. Pompa-4 (L-322)

Fungsi : Memindahkan mother liquor dari centrifuge ke kristalizer

Type : Centrifugal pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk viskositas < 10 Cp dan liquid



Spesifikasi Pompa-4 (L-322)

Bahan konstruksi : Commercial steel
Rate Volumetrik : 1,1036 gpm
Total Dynamic Head : 10,0869 ft.lb_f/lb_m
Efisiensi Pompa : 19%
Efisiensi motor : 80%
Power : 2 Hp
Jumlah : 1 buah

17. Rotary Dryer (B-340)

Fungsi : Mengeringkan aspirin dengan bantuan udara panas

Type : Direct Heat Rotary Dryer

Dasar pemilihan : Sesuai untuk pengeringan padatan



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Spesifikasi Rotary Dryer (B-340)

Kapasitas	:	6716,4414	kg/jam
Tebal shell	:	3/16	in
Diameter terisolasi	:	4,2464 ft = 1,2943	m
Panjang	:	25,2625 ft = 7,7	m
Sudut rotary	:	2,8624	°
Time of passes	:	5,0047	menit
Jumlah flight	:	16	buah
Power	:	6	Hp
Putaran	:	5	rpm
Jumlah	:	1	buah

18. Blower (G-341)

Fungsi	:	Menyuplai udara bebas menuju rotary dryer
Type	:	Centrifugal blower
Dasar pemilihan	:	Sesuai dengan jenis bahan serta efisiensi

Spesifikasi Blower (G-341)

Kapasitas	:	11117,3277	cuft/menit
Efisiensi blower	:	80%	
Power	:	60	Hp
Bahan konstruksi	:	Carbon steel	
Jumlah	:	1	buah

19. Molecular Sieve (D-342)

Fungsi	:	Mengurangi kadar air pada udara basah dari blower
Type	:	<i>Fixed Bed Column Molecular Sieve Air Dryer</i>
Dasar pemilihan	:	Sesuai dengan jenis bahan serta efisiensi

Spesifikasi Molecular Sieve (D-342)

Tinggi kolom	:	7,0723	m
Diameter kolom	:	1,7681	m
Karakteristik Adsorben			
Jenis adsorben	:	Molecular sieve 4A	
Bentuk	:	Pellet	
Bulk density	:	40 - 45	lb/cuft
Ukuran partikel	:	1,6 - 6	mm
Specific heat	:	0,24	BTU/lb.°F
Kebutuhan zeolit	:	9256,2	m ³ /tahun

20. Heater Udara (E-343)

Fungsi	:	Memanaskan udara bebas menjadi 100°C
Type	:	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

Dasar pemilihan : Mempunyai range perpindahan panas yang besar

Spesifikasi Heater Udara (E-343)

Shell Side :

ID : 19 1/4 in
Passes : 2
A : 449,4781 ft²
UD : 50 Btu/jam ft °F

Tube Side :

OD : 3/4 in
ID : 0,532 in
BWG : 12
Panjang : 8 ft
Pitch : 1 in square pitch
Jumlah Tube : 220 buah
Jumlah Heater : 1 Buah
Bahan Konstruksi : Carbon Steel

21. Cyclone (H-344)

Fungsi : Untuk memisahkan padatan feed dari rotary dryer
sebelum terikut udara bebas

Type : Cyclone separator

Dasar pemilihan : Efektif dan sesuai dengan jenis bahan

Spesifikasi Cyclone (H-344)

Kapasitas : 74,0361 lb/jam
Diameter cyclone : 5,5460 ft = 1,6904 m
Diameter partikel : 0,0003 ft = 0,00008 m
Tebal shell : 3/16 in
Tebal tutup atas : 3/16 in
Tebal tutup bawah : 3/16 in
Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C
Jumlah : 1 buah

22. Cooling Screw Conveyor (J-345)

Fungsi : Mendinginkan kristal aspirin dari rotary dryer sampai
dengan suhu 30°C

Type : Plain spouts or chutes

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup

Spesifikasi Cooling Screw Conveyor (J-345) :

Kapasitas : 175,746 cuft/jam
Panjang : 30 ft = 9,144 m



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Diameter	:	9	in
Kecepatan putaran	:	40	rpm
Power	:	3	hp
Jumlah	:	1	buah

23. Bucket Elevator-2 (J-346)

Fungsi	:	Untuk memindahkan aspirin dari cooling conveyer ke ball mill
Type	:	Continous discharge bucket elevator
Dasar Pemilihan	:	Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu

Spesifikasi Bucket Elevator-2 (J-346) :

Kapasitas masuk	:	6716,1056 kg/jam	=	6,7161 ton /jam
Kapasitas maksimum	:	14	ton/jam	
Ukuran bucket	:	6 in x 4 in x 4 1/4 in		
Bucket spacing	:	12	in	
Ukuran feed (max)	:	3/4	in	
Tinggi elevator	:	25	ft	= 7,6 m
Lebar belt	:	7	in	
Kecepatan bucket	:	2,3930	ft/min	
Putaran head shaft	:	7	rpm	
Power	:	2	Hp	
Jumlah	:	1	buah	

24. Ball mill (C-350)

Fungsi	:	Menghaluskan produk aspirin hingga ukuran 100 mesh
Type	:	Marcy ball mill
Dasar Pemilihan	:	Sesuai dengan jenis bahan dan kapasitas

Spesifikasi Ball mill (C-350)

Kapasitas masuk	:	161,1865	ton/hari	
Rate maksimum	:	180	ton/hari	
Panjang mill	:	7	ft	
Diameter mill	:	5	ft	
Power	:	56	Hp	
No. sieve	:	100	mesh	
Kecepatan aktual	:	26	rpm	
Bahan ball	:	Carbon steel		
Bahan konstruksi	:	Carbon steel C-283		
Berat bola baja	:	13,1	ton	
Bola baja	:	- Ukuran bola	=	5 & 3,5 & 2,5
		- Berat tiap bola	=	4,3667 ton
		- Jumlah bola 5 in	=	849 buah



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

	- Jumlah bola 3,5 in	=	2474	buah
	- Jumlah bola 2,5 in	=	6789	buah
Jumlah	:	1	buah	

25. Screw Conveyor (J-351)

Fungsi : Memindahkan produk ke bucket elevator
Type : Plain spouts or chutes
Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup

Spesifikasi Screw Conveyor (J-351) :

Kapasitas : 2,9291 cuft/jam
Panjang : 30 ft = 9,144 m
Diameter : 9 in
Kecepatan putaran : 40 rpm
Power : 3 hp
Jumlah : 1 buah

26. Bucket Elevator-3 (J-352)

Fungsi : Untuk mengangkut produk aspirin menuju silo penyimpanan
Type : Continous discharge bucket elevator
Dasar Pemilihan : Untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu

Spesifikasi Bucket Elevator-3 (J-352) :

Kapasitas masuk : 6716,1056 kg/jam = 6,7161 ton /jam
Kapasitas maksimum : 14 ton/jam
Ukuran bucket : 6 in x 4 in x 4 1/4 in
Bucket spacing : 12 in
Ukuran feed (max) : 3/4 in
Tinggi elevator : 25 ft = 7,6 m
Lebar belt : 7 in
Kecepatan bucket : 2,3930 ft/min
Putaran head shaft : 7 rpm
Power : 2 Hp
Jumlah : 1 buah

27. Silo Aspirin (F-353)

Fungsi : Menampung produk aspirin dari bucket elevator
Type : Berbentuk silinder tegak dengan tutup bawah conical
Dasar Pemilihan : Umum digunakan dalam menampung padatan

Spesifikasi Silo Aspirin (F-353)

Kapasitas : 54,9205 cuft
Diameter : 3,27 ft = 0,99684 m
Tinggi : 6,54 ft = 1,99368 m



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Tebal shell : 3/16 in
Tinggi tutup bawah : 0,66 ft = 0,19965 m
Tebal tutup bawah : 3/16 in
Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C
Jumlah : 1 buah



BAB VI

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

VI.1 Instrumentasi

Pada pengoperasian pabrik kimia, pemasangan alat-alat instrumentasi sangat dibutuhkan dalam memperoleh hasil produksi yang optimal. Dengan perlengkapan instrumen maka variasi proses seperti tekanan, suhu, laju alir akan dapat diukur dan dikontrol sehingga sesuai dengan kondisi proses optimum yang dikehendaki.

Harga-harga variabel proses ini dapat dikendalikan baik secara manual maupun secara otomatis. Secara manual biasanya dilakukan dengan memberi instrumen petunjuk atau pencatat saja apabila terjadi penyimpangan suatu peubah, maka untuk mengembalikan suatu peubah tersebut pada kondisi yang diinginkan harus dilakukan secara manual. Sedangkan untuk pengontrolan secara otomatis merupakan suatu sistem pengendalian yang sudah di set pada kondisi tertentu, apabila terjadi penyimpangan maka secara otomatis instrumen itu akan mengembalikan peubah yang dikendalikan pada kondisi setting. Selain itu untuk peubah-peubah proses yang kritis harus dilengkapi dengan peralatan yang khusus, misalnya alarm otomatis sebagai peringatan kepada operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Pengontrolan secara otomatis lebih disukai dikarenakan pengontrolannya tidak sulit, kontinyu, dan efektif, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga kerja.

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 dapat berjalan sesuai dengan efisiensi yang telah ditentukan dan kondisi proses tetap terjaga pada kondisi yang aman.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

3. Membantu keselamatan kerja.
4. Mengurangi tenaga kerja yang berlebihan sehingga lebih efisien.
5. Menekan biaya operasi dan perawatan.
6. Bila terjadi penyimpangan selama proses produksi, maka dapat segera diketahui dan ditindak-lanjuti dengan cepat dan tepat

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

VI.1.1 Pemilihan Instrumentasi

Dalam menentukan jenis instrumentasi yang perlu digunakan pada suatu peralatan, terlebih dahulu perlu ditinjau kondisi operasi. Harus diketahui input apa saja yang dapat dikontrol dan output dari alat control yang diinginkan. Pemakaian instrumentasi harus menguntungkan baik ditinjau dari segi proses maupun segi ekonomi.

Faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah:

1. Level, range, dan fungsi dari alat instrumen
2. Bahan konstruksi material
3. Mudah dalam pengawasan dan pengaturan
4. Mudah dalam perawatan dan perbaikan
5. Mudah dalam mendapatkan suku cadang
6. Harga peralatan relatif murah dengan kualitas yang memadai

Alat instrumentasi otomatis dibagi menjadi 3 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 sedang dikontrol menjadi sinyal yang bisa dibaca (seperti tekanan fluida).

2. *Receiving Element/Element Pengontrol*

Alat kontrol ini akan mengevaluasi sinyal yang didapat dari *Primary Element* dan diubah menjadi data yang bisa dibaca (perubahan data analog



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

menjadi digital) digambarkan dan dibaca oleh *error detector*. Maka sumber energi bisa diatur dengan perubahan-perubahan yang terjadi.

3. *Transmitting Element*

Alat kontrol ini berfungsi sebagai pembawa sinyal dari *Primary Element* menuju *Receiving Element*. Alat kontrol ini juga berfungsi untuk merubah data yang bersifat analog (tidak bisa dibaca) menjadi data digital (bisa dibaca).

Tipe-tipe pengontrolan meliputi :

1. Indikator : sebagai alat petunjuk
2. *Recorder* : sebagai alat pencatat
3. *Controller* : sebagai alat pengontrol

VI.1.2 Macam – Macam Instrumentasi

1. Pengatur Suhu

a. T.I. (Temperatur Indikator)

Fungsi : Penunjuk suhu

b. T.C. (Temperatur *Controller*)

Fungsi : Mengendalikan suhu agar dapat dipertahankan pada suhu yang telah ditentukan.

2. Pengatur Tekanan

a. P.I. (Pressure Indikator)

Fungsi : Penunjuk tekanan

b. P.C. (Pressure *Controller*)

Fungsi : Mengatur tekanan agar dapat dipertahankan pada tekanan yang diperlukan.

3. Pengatur Aliran

a. F.C. (*Flow Controller*)

Fungsi : Mengendalikan rate aliran

b. F.R.C. (*Flow Recorder & Controller*)

Fungsi : Mencatat dan mengatur rate aliran.



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

4. Pengatur Tinggi Bahan

a. L.I. (Level Indikator)

Fungsi : Penunjuk tinggi bahan dalam reaktor atau tangki penampung.

b. L.C. (Level Controller)

Fungsi : Pengatur tinggi bahan dalam peralatan agar bertahan pada ketinggian yang telah ditentukan dan dapat dikenal juga dengan (WC = *Weight Controller*).

Tabel VI. 1 Instrumentasi Pada Pabrik Aspirin

No	Kode	Nama Alat	Instrumentasi
1	F - 113	Hopper Asam Salisilat	WC
2	L - 121	Pompa -1	FC
3	E - 122	Heater Asetat Anhidrat	TC
4	R - 210	Reaktor	TC, LI
5	L - 211	Pompa -2	FC
6	H - 310	Rotary Drum Vacuum Filter	FC
7	L - 311	Pompa -3	FC
8	E - 312	Cooler	TC
9	S - 320	Crystallizer	TC
10	L - 332	Pompa -4	FC
11	B - 340	Rotary Dryer	TC
12	J - 345	Cooling Screw Conveyor	TC
13	F - 353	Silo Penyimpanan Produk Aspirin	WC

VI.2 Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja adalah hal yang paling utama yang harus mendapat perhatian yang besar, karena bila masalah ini diabaikan akan mengakibatkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan. Dengan memperhatikan keselamatan kerja yang baik dan teratur, secara psikologis juga akan membuat para pekerja aman dan tenang sehingga dapat berkonsentrasi pada pekerjaannya, dengan demikian produktivitas juga akan meningkat.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

1. Tujuan Keselamatan Kerja

Usaha dalam menjaga keselamatan kerja tidak hanya bertujuan menjaga keselamatan pekerja atau sumber daya manusia lain dalam lingkungan pabrik, tetapi juga untuk menjaga peralatan yang ada dalam pabrik. Peralatan yang baik dapat menyebabkan penggunaan alat dalam jangka waktu lebih lama.

2. Penyebab Kecelakaan Kerja

a. Lingkungan Fisik

- 1) Perencanaan mesin dan peralatan dengan memperhatikan keselamatan kerja, serta pengolahan alat yang benar.
- 2) Menciptakan suasana kerja yang nyaman

b. Manusia

Pemilihan penempatan dan pembinaan karyawan agar setiap karyawan dapat menempati posisi pekerjaan yang sesuai dengan kemampuannya serta dapat menumbuhkan kesadaran akan pentingnya keselamatan kerja.

c. System Manajemen

- 1) Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang keselamatan kerja dengan pelaksanaan dan melakukan pengawasan.
- 2) Melaksanakan prosedur kerja yang tetap berpedoman pada keselamatan kerja para karyawan.

VI.2.1 Alat Pelindung Diri

Untuk mengurangi kecelakaan akibat kerja, maka setiap perusahaan harus menyediakan alat pelindung diri yang sesuai dengan jenis pekerjaan setiap karyawannya, berikut macam-macam alat pelindung diri, diantaranya :

1. Alat pelindung mata
2. Alat pelindung wajah
3. Alat pelindung telinga
4. Masker dan sarung tangan
5. Helm safety
6. Sepatu pengaman



PRA RENCANA PABRIK “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

7. Baju pelindung

Berikut usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk menjaga keselamatan kerja, diantaranya :

1. Untuk peralatan pabrik seperti baja/tangki harus disediakan seleksi bahan konstruksi, penyediaan alat-alat kontrol, untuk meminimalisir terjadinya peledakan.
2. Perpipaan yang mengandung steam pemanas maupun bahan panas diberi tanda peringatan dan dijauhkan dari lalu lalang.
3. Dalam ruang pelistrikan diberi penerangan yang cukup agar operator dapat bekerja dengan baik. Kabel-kabel listrik yang berdekatan dengan peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi agar diberi isolasi yang cukup.
4. Pada tiap gedung yang tinggi wajib diberi penangkal petir.
5. Konstruksi dan bangunan pabrik harus diperhatikan kekuatannya terutama yang digunakan untuk menyangga suatu alat proses.
6. Untuk peralatan yang bergerak sebaiknya dipasang pagar pengaman dan jarak yang cukup antar unit untuk mempermudah pemeliharaan.
7. Untuk mencegah bahaya kebakaran, sebaiknya setiap ruangan disediakan alat pemadam kebakaran. Tata ruang pada lokasi pabrik diatur sehingga bisa dilewati mobil pemadam kebakaran dan sebaiknya bangunannya dibuat terpisah, sehingga apabila terjadi kebakaran apinya dapat dilokalisir.
8. Wajib pasang alarm pada setiap peralatan pabrik yang berbahaya agar semua personil dapat segera mengetahui dan bertindak apabila ada bahaya.
9. Limbah pabrik yang direncanakan ini berupa air, dimana air ini akan dialirkan ke unit pengolahan air untuk *direcycle*, jika tidak bisa maka akan dibuang ke badan perairan setelah dilakukan *treatment*.
10. Hal-hal lain yang perlu diperhatikan yaitu perawatan per periode terhadap seluruh peralatan dan instalasi pabrik.



VI.2.2 Kesehatan Kerja

Kesehatan kerja merupakan salah satu hal yang penting demi keberlangsungan proses pabrik. Kesehatan kerja ini meliputi :

1. Industrial Hygiene

Hal ini menyangkut bidang teknis dan di titik beratkan pada persoalan kebersihan dan hal-hal yang berhubungan dengan kesehatan bagi karyawan.

2. *Hygiene* Perusahaan dan Kesehatan Kerja

Hal ini menyangkut bidang teknis dan bidang medis, dimana seluruh karyawan dituntut untuk terjun secara aktif dalam persoalan ini.

3. *Toxicology*

Merupakan ilmu yang mempelajari masalah racun dan penyakit akibat racun dalam industri.

4. Gizi Kerja

Gizi diberikan khusus kepada karyawan perusahaan yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja.

5. Sanitasi

Sanitasi merupakan pencegahan penyakit dengan cara melakukan pengawasan kesehatan kerja.

6. Ventilasi

Pentingnya pengaturan ventilasi, seperti pemasangan fan yang bertujuan untuk memberikan kenyamanan dan mengurangi terhirupnya gas racun.

Keselamatan dan Kesehatan kerja yang terpadu dalam lingkungan kerja merupakan suatu persyaratan mutlak yang harus dipenuhi agar kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar.



BAB VII UTILITAS

Dalam pabrik Aspirin ini, diadakan suatu unit utilitas yaitu unit pembantu untuk menyediakan bahan ataupun tenaga yang diperlukan dalam sebuah aktivitas industri karena merupakan bagian yang penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses atau mendukung proses produksi di dalam suatu pabrik. Unit utilitas terdiri sebagai berikut :

- Unit Penyediaan Steam
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan *steam* pada evaporator, heat exchanger dan supply pembangkit tenaga listrik
- Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
Unit ini berfungsi sebagai air sanitasi, air umpan boiler, air pendingin (*cooling water*) dan air proses
- Unit Penyediaan Listrik
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan listrik untuk peralatan proses maupun penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set digunakan sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan
- Unit Penyediaan Bahan Bakar
Unit ini berfungsi sebagai penyedia bahan bakar seperti pada *boiler* dan generator.
- Unit Pengolahan Limbah
Unit ini berfungsi sebagai pengolahan limbah pabrik baik yang berupa padat, cair maupun gas.

VII.1 Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan steam berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam yang digunakan sebagai media pemanas pada proses pabrik ini.

Direncanakan boiler menghasilkan steam pada

$$P = 4,5 \text{ atm dan } T = 148 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{Ulrich, Appendix B : 426})$$

$$\text{dengan } h_v = 2119,5 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Smith 8ed, App E tabel E.1 : 687})$$

$$= 506,3486 \text{ kkal/kg}$$

$$= 911,222 \text{ Btu/lb}$$

Tabel VII.1 Kebutuhan Steam dalam Produksi Aspirin

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Steam	
			kg/jam	lb/jam
1	Heater asetat anhidrat	E-122	193,3070	426,1689
2	Heater udara	E-343	1567,6659	3456,1115
Total			1760,9729	3882,2804



Untuk faktor keamanan digunakan 20%

Untuk faktor keamanan dari kebocoran-kebocoran yang terjadi, maka kebutuh diperbesar hingga 20% dari kebutuhan steam total :

$$\begin{aligned} \text{Total steam} &= (100\% + 20\%) \times 1760,9729 \\ &= 2113,1675 \text{ kg/jam} \\ &= 4658,7365 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Bahan Bakar

$$mf = \frac{ms (hv - hf)}{eb \times F} \times 100 \quad (\text{Severn, hal. 142})$$

Keterangan :

- mf = Massa bahan bakar yang dipakai, lb/jam
- ms = Massa steam yang dihasilkan, lb/jam
- hv = Entalphy uap yang dihasilkan, btu/lb *(Smith 7ed, App. F, table. F.1, hal 719)*
- hf = Enthalpy liquid masuk, btu/lb
- eb = Efisiensi boiler: (85% - 92%)
- F = Nilai kalor bahan bakar

Diperoleh :

- ms = 4658,7365 lb/jam
- hv = 2119,5 kJ/kg = 911,222 btu/lb *(Steam pada 148 °C)*
- hf = 419,1 kJ/kg = 180,181 btu/lb *(Air pada 100 °C)*
- eb = 92% (diambil efisiensi maksimum)
- F = Digunakan Petroleum Fuels Oil 33°API (0.22% Sulfur)

Dari perry 7ed, Tabel 27-6 didapat

$$\begin{aligned} \text{Relative Density} &= 0,86 \text{ gr/cc} \\ &= 53,688 \text{ lb/cuft} \\ &= 7,1771 \text{ lb/gal} \end{aligned}$$

$$\text{Heating Value} = 139400 \text{ btu/gal} \quad (\text{Perry 7ed, Fig.27-3, Hal.27-10})$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Heating Value Bahan Bak} &= \frac{139400}{7,1771} \\ &= 19422,9592 \text{ btu/lb} \end{aligned}$$

Sehingga, kebutuhan bahan bakar :

$$\begin{aligned} mf &= \frac{ms (hv - hf)}{eb \times F} \times 100 \\ &= \frac{4658,7365 \times (911,222 - 180,181)}{92 \times 19422,9592} \times 100 \\ &= 190,5929 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$



Kapasitas Boiler

$$Q = \frac{m_s (h_v - h_f)}{1000} \quad (\text{Severn, pers. 171, hal. 139})$$

$$= \frac{4658,7365 \times (911,222 - 180,181)}{1000}$$

$$= 3405,7277 \text{ Btu/jam} = 3,4057 \text{ kBtu/jam}$$

Penentuan Boiler Horse Power

Untuk penentuan boiler horse powers, digunakan persamaan :

$$hp = \frac{m_s (h_v - h_f)}{970,3 \times 34,5} \quad (\text{Severn, pers. 172, hal 140})$$

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

$$hp = \frac{4658,7365 \times (911,222 - 180,181)}{970,3 \times 34,5}$$

$$= 101,7384 \quad hp \approx 102 \quad hp$$

Heating Surface Boiler

Untuk 1 hp boiler 10 ft² heating surface

$$\text{Maka, Total Heating Surface} = 10 \times 101,7384$$

$$= 1017,3837 \text{ ft}^2$$

Kebutuhan air untuk pembuatan steam

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

$$\text{Kebutuhan air} = (100\% + 20\%) \times 4658,7365$$

$$= 5590,484 \text{ lb/jam}$$

$$= \text{#####} \text{ lb/hari}$$

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

$$\text{Volume air} = \frac{134171,6104}{62,43}$$

$$= 2149,153 \text{ cuft/hari}$$

$$= 60,8572 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Air kondensat dari hasil pemanasan direcycle ke boiler. Dianggap kehilangan air kondensa 20%

Maka air yang ditambahkan sebagai make up water adalah :

$$\text{Make up water} = 20\% \times 60,8572$$



$$= 12,1714 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk stear} &= \text{Kebutuhan air boiler} + \text{Make up water} \\ &= 60,8572 + 12,1714 \\ &= 73,0287 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Spesifikasi Boiler :

Nama Alat	: Boiler
Fungsi	: Mengubah air menjadi uap air atau steam untuk kebutuhan proses
Tekanan Steam	: 4,5 atm
Suhu	: 148 °C
Type	: Fire tube boiler (tekanan steam <10 atm)
Heating Surface	: 1017,3837 ft ²
Kapasitas Boiler	: 3,4057 kBTu/jam
Rate Steam	: 4658,7365 lb/jam
Effisiensi Boiler	: 92%
Power	: 102 hp
Bahan Bakar	: Petroleum Fuels Oil 33°API (0.22% Sulfur)
Rate Bahan Bakar	: 190,5929 lb/jam
Kebutuhan Air	: 73,0287 m ³ /hari
Make Up Water	: 12,1714 m ³ /jam
Jumlah	: 1 Buah

VII.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

VII.2.1 Unit Penyediaan Air

Air di dalam pabrik memegang peran penting dan harus memenuhi persyaratan tertentu yang disesuaikan dengan masing-masing keperluan. Penyediaan air untuk pabrik ini direncanakan dari air sungai. Air sungai sebelum masuk ke dalam bak penampung perlu disaring terlebih dahulu kotoran terhalang dan tidak terikut ke dalam tangki penampung air sungai (*reservoir*). Dari tangki penampung kemudian dilakukan pengolahan (dalam unit *water treatment*). Untuk menghemat pemakaian air maka diadakan sirkulasi. Air dalam pabrik ini dipakai untuk :

- 1) Air Sanitasi
- 2) Air Umpan Boiler
- 3) Air Pendingin (Cooling Water)
- 4) Air Proses



VII.2.1.1 Air Sanitasi

Air sanitasi untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, perkantoran, taman, pemadam kebakaran, dan kebutuhan yang lain. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017

Tabel VII.2 Standar Baku Mutu untuk Keperluan Higiene Sanitasi

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

Kebutuhan air sanitasi pabrik untuk :

- Karyawan, asumsi kebutuhan air untuk karyawan 20 lt/hari per orang



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

20 liter/hari per orang	x 188 orang	= 3760 L/hari
		= 3,8 m ³ /hari
- Keperluan laboraturium		= 20 m ³ /hari
- Menyiram kebun dan kebersihan pabrik		= 10 m ³ /hari
- Cadangan /lain-lainnya 20% dari kebutuhan air sanitasi		= 7 m ³ /hari
Total kebutuhan air sanitasi		= 41 m ³ /hari

VII.2.1.2 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler harus memenuhi persyaratan yang sangat ketat.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain :

- 1) Bebas dari zat penyebab korosi, seperti : asam dan gas-gas terlarut
- 2) Bebas dari zat penyebab kerak, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika
- 3) Bebas dari zat penyebab timbulnya biuh (busa), seperti : zat-zat organik, anorganik, dan minyak
- 4) Kandungan logam dan impurities seminimal mungkin

Kebutuhan air untuk boiler = 73,0287 m³/hari

VII.2.1.3 Air Pendingin (Cooling Water)

Untuk kelancaran dan efisiensi dari air pendingin, maka diperlukan persyaratan untuk air pendingin dan air umpan boiler

Tabel VII.3 Persyaratan Air Pendingin dan Air Umpan Boiler

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



Tabel VII.4 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Cooling Water	
			kg/jam	lb/jam
1	Reaktor	R-210	18285,7682	40313,2155
2	Cooler	E-312	368,2082	811,7601
3	Crystallizer	S-320	6648,6591	14657,7834
4	Cooling Screw Conveyor	J-345	7542,4513	16628,2576
Total Kebutuhan Air Pendingin			32845,0868	72411,0166

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air pendingin} &= 72411,0166 \text{ lb/jam} \\ &= 788282,083 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Debit air pendingin} &= \frac{788282,083 \text{ kg/hari}}{1000 \text{ kg/m}^3} \\ &= 788,2821 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Diasumsikan kehilangan air pada waktu sirkula: 10% dari total air pendingin. Maka sirkulasi air pendingin adal 90%

$$\begin{aligned} \text{Air yang disirkulasi} &= 90\% \times 788,2821 \\ &= 709,4539 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, make up water} &= 10\% \times 788,2821 \\ &= 78,8282 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air} &= 788,2821 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ \text{yang disirkulasikan} &= 32,8451 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 144,61 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Digunakan udara sebagai pendingin dengan relative humidi 70%

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

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

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

$$T \text{ wet bulb (Twb)} = 26 \text{ }^\circ\text{C} = 78,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

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

**Menghitung Make Up Water**Aliran air sirkulasi cooling water (W_c)

$$\begin{aligned}W_c &= 788,2821 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 32,8451 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Evaporation Loss (W_e)

$$\begin{aligned}W_e &= 0,00085 \times W_c \times (T_1 - T_2) \\ &= 0,00085 \times 32,8451 \times 27 \\ &= 0,7538 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Water Drift Loss (W_d)Air yang keluar akibat fan berputar, untuk ini standarnya 0,1-0,2% jumlah air yang bersirkulasi. (*Perry 7ed : 12-17*)

$$\begin{aligned}W_d &= 0,2\% \times W_c \\ &= 0,2\% \times 32,8451 \\ &= 0,0657 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Water Blow Down (W_b) S = Rasio klorida dalam air sirkulasi terhadap air make up3 - 5 Dipilih $S = 5$

$$\begin{aligned}W_b &= \frac{W_e}{S - 1} \\ &= \frac{0,7538}{5 - 1} \\ &= 0,1884 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Jadi air yang dibutuhkan untuk penambahan (Make Up Water)

$$\begin{aligned}W_m &= W_e + W_d + W_b \\ &= 0,7538 + 0,0657 + 0,1884 \\ &= 1,0079 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Luas Menara (A)Konsentrasi air cooling water pada suhu $30^\circ\text{C} = 2 \text{ gpm/ft}^2$
(*Perry 7ed, figure 12-14*)

$$\begin{aligned}\text{Luas area pendingin (A)} &= \frac{144,61 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2} \\ &= 72,31 \text{ ft}^2\end{aligned}$$



Tinggi Menara (H)

Range pendingin 25 - 35 °F dengan temperature approach

7,2 °F diperoleh tinggi menara 35 - 40 ft

(Perry 7ed : 12-16)

Temperature Range = 27 °F

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

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

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

Diameter Menara (D)

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

$$72,31 = \frac{3,14}{4} \times D^2$$

$$D^2 = 92,1100$$

$$D = 9,5974 \text{ ft} = 2,9253 \text{ m}$$

Panjang Menara (L)

$$L = \frac{Gpm \times W}{C \times 12 \times CW \times CH}$$

Keterangan :

L = panjang cooling tower, ft

W = wind correction factor

C = konsentrasi air / ft² cooling tower

CW = wet bulb correction factor

Dengan,

$$W = 1 \quad \text{fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)}$$

$$CW = 0,98 \quad \text{fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)}$$

$$C = 2 \quad \text{fig.56, hal.3-794 (Perry 6.ed.1984)}$$

$$CH = 1,25 \quad \text{fig.56, hal.3-794 (Perry 6.ed.1984)}$$

Maka ,

$$L = \frac{144,613 \times 1}{2 \times 12 \times 0,98 \times 1,25}$$
$$= 4,919 \text{ ft}$$



Dengan dasar perhitungan dari (Perry 7ed; 12-16) , maka diperoleh :

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

Dengan performance dari cooling tower y 90% , maka diperoleh :

$$\text{Power Fan} = 0,03 \text{ Hp/ft}^2 \quad (\text{Perry 7ed, Fig.12-15})$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga yang dibutuhkan} &= A \times 0,03 \\ &= 72,31 \times 0,03 \\ &= 2,1692 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi Fan} = 80\%$$

$$\begin{aligned} \text{Fan Power} &= \frac{2,1692}{80\%} \\ &= 2,7115 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Cooling Tower :

Fungsi : Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin

Type : Cross Flow Induced Draft Cooling Tower

Power : 3 hp

Kapasitas : 32,8451 m³/jam

Tinggi : 36 ft

Panjang : 4,919 ft

Diameter : 9,5974 ft

Lebar : 12 ft

Luas : 72,31 ft²

Bahan Konstru : Baja Stainless SA-240 grade M tipe 316

Jumlah : 1 Buah

VII.2.1.4 Air Proses (Process Water)

Air proses digunakan dalam suatu proses dalam pabrik ini. Berikut adalah kebutuhan air proses :

Tabel VII.5 Kebutuhan Air Proses dalam Produksi Aspirin

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air	
			kg/jam	lb/jam
1	Rotary Drum Vacuum filter	H-310	1375,6592	3032,8092
Total Kebutuhan Air Proses			1375,6592	3032,8092

$$\text{Kebutuhan Air Proses} = 1375,6592 \text{ kg/jam}$$



$$= 1,3757 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 33,0158 \text{ m}^3/\text{hari}$$

VII.2.2 Unit Pengolahan Air (Water Treatment)

Air untuk keperluan industri harus terbebas dari kontaminan yang merupakan faktor penyebab terbentuknya endapan, korosi, dan lain-lain. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka sumber air harus diproses terlebih dahulu sebelum digunakan.

Proses Pengolahan Air Sungai :

Air sungai dipompa ke bak penampung yang terlebih dahulu dilakukan penyaringan dengan cara memasang serat kayu agar kotoran bersifat makro dapat terhalang. Selanjutnya air sungai dipompa menuju tangki koagulasi dan flokulasi dengan pemberian Aluminium Sulfat dan Poly Aluminium Chloride. Hasil dari kedua proses ini dipompa menuju clarifier untuk membentuk flok-flok dengan proses sedimentasi. Air lalu ditampung pada bak air jernih yang selanjutnya dilewatkan sand filter untuk menyaring kotoran yang masih terikat oleh air. Air bersih yang keluar ditampung dalam bak untuk menyaring kotoran yang masih terikat oleh air. Air bersih yang keluar ditampung dalam bak penampung air bersih untuk didistribusikan sesuai kebutuhan.

Tabel VII.6 Kebutuhan Air dalam Pabrik

No	Kebutuhan	m ³ /hari	m ³ /jam
1	Air Sanitasi	41	1,6880
2	Air Umpan Boiler	73,0287	3,0429
3	Air Pendingin	788,2821	32,8451
4	Air Proses	33,0158	1,3757
Total		934,8386	38,9516

Total air yang harus disupply dari water treatment 934,8386 m³/hari.

Untuk faktor keamanan, karena kehilangan akibat jalur pipa dalam perjalanan maka direncanakan kebutuhan air sungai total :

$$= (100\% + 20\%) \times \text{Total kebutuhan air}$$

$$= (100\% + 20\%) \times 934,8386$$

$$= 1121,8063 \text{ m}^3/\text{hari}$$

VII.2.2.1 Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

1) Bak Penampung Air Sungai

Fungsi : Menampung air sungai sebelum diproses menjadi air bersih

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang

$$\text{Rate Volumetrik (Q)} = 1121,8063 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Waktu tinggal (t)} = 1 \text{ hari}$$

$$\text{Volume air} = Q \times t$$



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$= 1121,8063 \times 1$$

$$= 1121,8063 \text{ m}^3$$

Volume air mengisi 80% volume bak penampung, maka :

$$\text{Volume bak} = \frac{\text{Volume air}}{80\%}$$

$$= \frac{1121,8063}{80\%}$$

$$= 1402,2579 \text{ m}^3$$

Diasumsikan :

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

$$\text{Lebar (L)} = 1 \text{ L}$$

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

$$\text{Volume bal} = P \times L \times H$$

$$1402,2579 = 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L}$$

$$1402,2579 = 2 \text{ L}^3$$

$$\text{L}^3 = 701,129$$

$$\text{L} = 8,8838 \text{ m}$$

$$\text{P} = 17,768 \text{ m}$$

$$\text{H} = 8,8838 \text{ m}$$

$$\text{Volume liquid} = P \times L \times \text{Hliquid}$$

$$1121,8063 = 17,768 \times 8,8838 \times \text{Hliquid}$$

$$\text{Hliquid} = 7,107 \text{ m}$$

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

$$Q_2 = 10\% \times Q \text{ masuk}$$

$$= 10\% \times 1121,8063$$

$$= 112,1806 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_1 = \text{Debit air tanpa padatan yang mengendap} = Q_{\text{koagulasi}}$$

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

$$= 1121,8063 - 112,1806$$

$$= 1009,6257 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai :

Fungsi : Menampung air sungai sebelum diproses menjadi air bersih

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang

Bahan Konstruksi : Beton

Kapasitas : 1402,258 m³

Dimensi Bak Penampung Air Sungai



Panjang : 17,768 m
Lebar : 8,8838 m
Tinggi : 8,8838 m
Jumlah : 1 Buah

2) Tangki Koagulasi

Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik (Q1)} &= 1009,6257 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 42,0677 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 42067,74 \text{ L/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal (t)} = 5 \text{ menit} = 0,0833 \text{ jam}$$

$$\text{Dosis Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 20 \text{ mg/L}$$

$$\text{Kelarutan Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 250 \text{ g/L}$$

$$\rho \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 1,1293 \text{ kg/L}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= \text{Dosis Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \text{Q1} \\ &= 20 \times 42067,74 \\ &= 841354,7301 \text{ mg/jam} \\ &= 841,3547 \text{ gr/jam} \\ &= 0,8414 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= \frac{\text{Kebutuhan Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\rho \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3} \\ &= \frac{0,8414 \text{ kg/jam}}{1,1293 \text{ kg/L}} \\ &= 0,7450 \text{ L/jam} \\ &= 0,0007 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air untuk} &= \frac{\text{Kebutuhan Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{Kelarutan Al}_2(\text{SO}_4)_3} \\ \text{melarutkan Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= \frac{841,3547 \text{ gr/jam}}{250 \text{ g/L}} \\ &= 3,3654 \text{ L/jam} \\ &= 0,0034 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Rate volumetrik ke tangki flokulasi (Q3)

$$\begin{aligned}\text{Q3} &= \text{Q1} + \text{Larutan Koagulan} \\ &= 42,0677 + 0,0034 \\ &= 42,0711 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

**Menentukan Dimensi Tangki Koagulasi**

$$\begin{aligned}\text{Volume liquid} &= \text{Rate volumetrik (Q3)} \times \text{Waktu} \\ &= 42,0711 \times 0,0833 \\ &= 3,5059 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume liquid mengisi 80% volume bak koagulasi, maka :

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{\text{Volume liquid}}{80\%} \\ &= \frac{3,5059}{80\%} \\ &= 4,3824 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} \\ 4,3824 &= \frac{3,14 \times D^2 \times 2 D}{4} \\ D^3 &= 2,7913 \\ D &= 1,4080 \text{ m} \\ H &= 2,8160 \text{ m}\end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Liquid (Hliquid) di dalam Tangki

$$\begin{aligned}\text{Volume liquid} &= \frac{\pi \times D^2 \times H_{\text{liquid}}}{4} \\ 3,5059 &= \frac{3,14 \times 1,4080^2 \times H_{\text{liquid}}}{4} \\ H_{\text{liquid}} &= 2,2528 \text{ m}\end{aligned}$$

Sistem Pengaduk

Pada tangki koagulasi dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm. Dirangkai pengaduk dengan tipe blade turbin dengan 6 Dengan perbandingan :

$$(Da/Dt) = 1/3$$

$$(W/Da) = 1/5 \quad (\text{Mc Cabe 5ed : 247})$$

$$(L/Da) = 1/4$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter Impeller (Da)} &= \frac{1}{3} \times \text{Diameter Tangki (Dt)} \\ &= \frac{1}{3} \times 1,4080 \\ &= 0,4693 \text{ m}\end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned}\text{Lebar blade (W)} &= \frac{1}{5} \times \text{Diameter Impeller (Da)} \\ &= \frac{1}{5} \times 0,4693 \\ &= 0,0939 \text{ m} \\ \text{Panjang blade (L)} &= \frac{1}{4} \times \text{Diameter Impeller (Da)} \\ &= \frac{1}{4} \times 0,4693 \\ &= 0,1173 \text{ m} \\ \text{Kecepatan Pengadukan (N = 100 rpm)} &= 1,67 \text{ rps} \\ \rho \text{ air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \mu \text{ air} &= 0,8 \text{ cps} = 0,0008 \text{ kg/m.s} \\ \text{Reynold Number (N}_{re}) &= \frac{\rho \times \text{Da}^2 \times \text{N}}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 0,469^2 \times 1,667}{0,0008} \\ &= 458907,2522\end{aligned}$$

Sehingga dilihat dari nilai N_{re} didapat :

$$N_p = 5 \quad (\text{Geankoplis, Fig. 3.4-4, Hal. 145})$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$$\begin{aligned}P &= N_p \times \rho \times N^3 \times \text{Da}^5 \\ &= 5 \times 1000 \times 1,6667^3 \times 0,4693^5 \\ &= 527,1469 \text{ Watt} \\ &= 0,7064 \text{ Hp} \quad (\text{Geankoplis, Pers. 3.4-2, Hal. 145})\end{aligned}$$

Effisiensi motor adalah 80%

$$\begin{aligned}P &= \frac{0,7064}{80\%} \\ &= 0,8830 \text{ Hp}\end{aligned}$$

Dipilih motor 1 Hp

Spesifikasi Tangki Koagulasi :

- Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak dikehendaki
- Tipe : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk
- Bahan Konstruks: : Beton



Kapasitas : 3,506 m³ 926,1673
Dimensi Tangki Koagulasi
Diameter : 1,4080 m
Tinggi : 2,8160 m
Sistem Pengaduk
Jenis : Flat Blade Turbin
Jumlah : 6
Kecepatan putara : 100 rpm
Diameter Impelle : 0,4693 m
Lebar Blade : 0,0939 m
Panjang Blade : 0,1173 m
Power Motor : 1 Hp
Effisiensi Motor : 80%
Bahan : Carbon steel
Jumlah : 1 Buah

3) Tangki Flokulasi

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan
Tipe : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk
Rate Volumetrik (Q3) = 42,0711 m³/jam
= 42071,1019 L/jam
Waktu tinggal (t) = 15 menit = 0,25 jam
Dosis PAC = 3 mg/L
Kelarutan PAC = 466 g/L
 ρ PAC = 1,029 kg/L
Kebutuhan PAC = Dosis PAC x Q3
= 3 x 42071,10
= 126213,3058 mg/jam
= 126,2133 gr/jam
= 0,1262 kg/jam
Volume PAC = $\frac{\text{Kebutuhan PAC}}{\rho \text{ PAC}}$
= $\frac{0,1262 \text{ kg/jam}}{1,029 \text{ kg/L}}$
= 0,1227 L/jam
= 0,0001 m³/jam
Kebutuhan air untuk melarutkan PAC = $\frac{\text{Kebutuhan PAC}}{\text{Kelarutan PAC}}$
= $\frac{126,2133 \text{ gr/jam}}{466 \text{ g/L}}$



$$\begin{aligned} &= 0,2708 \quad \text{L/jam} \\ &= 0,0003 \quad \text{m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Rate volumetrik ke Clarifier (Q4)

$$\begin{aligned} Q4 &= Q3 + \text{Larutan Flokulan} \\ &= 42,0711 + 0,0003 \\ &= 42,0714 \quad \text{m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki Koagulasi

$$\begin{aligned} \text{Volume liquid} &= \text{Rate volumetrik (Q4)} \times \text{Waktu} \\ &= 42,0714 \quad \times \quad 0,25 \\ &= 10,5178 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Volume liquid mengisi 80% volume bak koagulasi, maka :

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{Volume liquid}}{80\%} \\ &= \frac{10,5178}{80\%} \\ &= 13,1473 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} \\ 13,1473 &= \frac{3,14 \times D^2 \times 2 D}{4} \\ D^3 &= 8,3741 \\ D &= 2,0307 \quad \text{m} \\ H &= 4,0614 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Liquid (Hliquid) di dalam Tangki

$$\begin{aligned} \text{Volume liquid} &= \frac{\pi \times D^2 \times H_{\text{liquid}}}{4} \\ 10,5178 &= \frac{3,14 \times 2,0307^2 \times H_{\text{liquid}}}{4} \\ H_{\text{liquid}} &= 3,2491 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Sistem Pengaduk

Pada tangki flokulasi dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 40 rpm. Dirangkai pengaduk dengan tipe blade turbin dengan 6 blade.

Dengan perbandingan :

$$(Da/Dt) = 1/3$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$(W/Da) = 1/5 \quad (Mc Cabe Sed : 247)$$

$$(L/Da) = 1/4$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Impeller (Da)} &= \frac{1}{3} \times \text{Diameter Tangki (Dt)} \\ &= \frac{1}{3} \times 2,0307 \\ &= 0,6769 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar blade (W)} &= \frac{1}{5} \times \text{Diameter Impeller (Da)} \\ &= \frac{1}{5} \times 0,6769 \\ &= 0,1354 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang blade (L)} &= \frac{1}{4} \times \text{Diameter Impeller (Da)} \\ &= \frac{1}{4} \times 0,6769 \\ &= 0,1692 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Pengadukan (N)} &= 40 \text{ rpm} \\ &= 0,67 \text{ rps} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Reynold Number (N}_{re}) &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 0,677^2 \times 0,667}{0,0008} \\ &= 381827,8594 \end{aligned}$$

Sehingga dilihat dari nilai N_{re} didapat :

$$N_p = 5 \quad (\text{Geankoplis, Fig. 3.4-4, Hal. 145})$$

Daya yang diperlukan untuk motor pengaduk :

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \\ &= 5 \times 1000 \times 0,6667^3 \times 0,6769^5 \\ &= 210,5321 \text{ Watt} \\ &= 0,2821 \text{ Hp} \quad (\text{Geankoplis, Pers. 3.4-2, Hal. 145}) \end{aligned}$$

Effisiensi motor adalah 80%

$$P = \frac{0,2821}{80\%}$$

$$= 0,3526 \text{ Hp}$$

Dipilih motor 1 Hp



Spesifikasi Tangki Flokulasi :

- Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan PAC
- Tipe : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk
- Bahan Konstruksi : Beton
- Kapasitas : 10,518 m³ 2778,52
- Dimensi Tangki Flokulasi
- Diameter : 2,0307 m
- Tinggi : 4,0614 m
- Sistem Pengaduk
- Jenis : Flat Blade Turbin
- Jumlah : 6
- Kecepatan putara : 40 rpm
- Diameter Impelle : 0,6769 m
- Lebar Blade : 0,1354 m
- Panjang Blade : 0,1692 m
- Power Motor : 1 Hp
- Effisiensi Motor : 80%
- Bahan : Carbon steel
- Jumlah : 1 Buah

4) Clarifier

- Fungsi : Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan
- Tipe : Berbentuk silinder dengan bagian bawah conis
- Rate Volumetrik (Q4) = 42,0714 m³/jam
= 42071,3728 L/jam
- Waktu tinggal (t) = 2 jam
- Acuan design pada partikel flokulan, maka didapatkan :
- Laju alir limpahan (Overflow rate) = 32 - 48 m³/m².hari
= 40 m³/m².hari
= 1,6667 m³/m².jam

Luas Penampang Clarifier

$$A = \frac{Q4}{v}$$
$$= \frac{42,0714 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,6667 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$= 25,2428 \text{ m}^2$$

Diameter Clarifier

$$D = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$
$$= \sqrt{4 \times \frac{25,2428}{3,14}}$$
$$= 5,6707 \text{ m}$$

$$r = 2,8353 \text{ m}$$

Kedalaman clarifier ($H = D/H = 6$)

$$H = \frac{D}{6}$$
$$= \frac{5,6707}{6}$$
$$= 0,9451 \text{ m}$$

Diameter umpan pipa masuk ($d' = 0,15 D$)

$$= 0,15 \times 5,6707$$
$$= 0,8506 \text{ m}$$

$$s/s' = 3 - 4$$

$$s/s' = 4$$

Asumsi :

$$s = 1$$

$$s' = \frac{s}{4}$$
$$= \frac{1}{4}$$

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

Pengecekan waktu tinggal proses

$$V = A \times H$$
$$= 25,2428 \times 0,945$$
$$= 23,8573 \text{ m}^3$$

$$t = \frac{V}{Q4} = \frac{23,8573}{42,0714} = 0,5671 \text{ jam}$$

Volume Clarifier

$$\text{Volume liquid} = Q4 \times t$$
$$= 42,0714 \times 2$$
$$= 84,1427 \text{ m}^3$$



Direncanakan volume cairan sama dengan volume tangki agar terjadi *overflow*, maka :

$$\text{Volume Tangki} = 84,1427 \text{ m}^3$$

Maka :

$$\text{Tinggi Cone (Hc)} = \frac{1}{2} \text{ Tinggi Silinder (Hs)}$$

$$\text{Vol. Tangki} = \text{Volume Silinder} + \text{Volume Cone}$$

$$84,14275 = \pi \times r^2 \times Hs + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times Hc$$

$$84,14275 = \pi \times r^2 \times Hs + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times \frac{1}{2} Hs$$

$$84,14275 = 29,4500 Hs$$

$$Hs = 2,8571 \text{ m}$$

$$Hc = 1,4286 \text{ m}$$

Spesifikasi Clarifier :

Fungsi	: Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih dengan cara sedimentasi
Tipe	: Berbentuk silinder dengan bagian bawah conis
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel
Kapasitas	: 84,1427 m ³
Dimensi Clarifier	
Diameter Silinder	: 5,6707 m
Tinggi Silinder	: 2,8571 m
Tinggi Conis	: 1,4286 m
Diameter Pipa Umpuk	: 0,8506 m
Jumlah	: 1 Buah

5) Bak Penampung Flok

Fungsi : Menampung flok dari clarifier

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (Q5)} &= 10\% \times Q4 \\ &= 10\% \times 42,0714 \\ &= 4,2071 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal (t)} = 12 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= Q5 \times t \\ &= 4,2071 \times 12 \\ &= 50,4856 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume air mengisi 80% volume bak penampung, maka :

$$\text{Volume bak} = \frac{\text{Volume air}}{80\%}$$



$$= \frac{50,4856}{80\%}$$
$$= 63,1071 \text{ m}^3$$

Diasumsikan :

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \\ \text{Lebar (L)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 63,1071 &= 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L} \\ 63,1071 &= 2 \text{ L}^3 \\ L^3 &= 31,5535 \\ L &= 3,1600 \text{ m} \\ P &= 6,3199 \text{ m} \\ H &= 3,1600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hliquid} &= 80\% \text{ H} \\ &= 80\% \times 3,1600 \\ &= 2,528 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Flok :

Fungsi : Menampung flok dari clarifier
Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
Bahan Konstruksi : Beton
Kapasitas : 50,4856 m³
Dimensi Bak Penampung Flok Clarifier
Panjang : 6,3199 m
Lebar : 3,1600 m
Tinggi : 3,1600 m
Jumlah : 1 Buah

6) Bak Penampung Air Bersih dari Clarifier

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier
Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
Rate Volumetrik (Q6) = 90% x Q4
= 90% x 42,0714
= 37,8642 m³/jam
Waktu tinggal (t) = 1 jam
Volume air = Q6 x t
= 37,8642 x 1
= 37,8642 m³

Volume air mengisi 80% volume bak penampung, maka :



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{\text{Volume air}}{80\%} \\ &= \frac{37,8642}{80\%} \\ &= 47,3303 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Diasumsikan :

$$\begin{aligned}\text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \\ \text{Lebar (L)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 47,3303 &= 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L} \\ 47,3303 &= 2 \text{ L}^3 \\ L^3 &= 23,6651 \\ L &= 2,8710 \text{ m} \\ P &= 5,7420 \text{ m} \\ H &= 2,8710 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hliquid} &= 80\% \text{ H} \\ &= 80\% \times 2,8710 \\ &= 2,2968 \text{ m}\end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih :

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier
Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
Bahan Konstruksi : Beton
Kapasitas : 37,8642 m³
Dimensi Bak Penampung Flok Clarifier
Panjang : 5,7420 m
Lebar : 2,8710 m
Tinggi : 2,8710 m
Jumlah : 1 Buah

7) Sand Filter

Fungsi : Menyaring padatan yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring
Tipe : Berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah dished
Rate Volumetrik (Q_t) = 37,8642 m³/jam
Waktu tinggal (t) = 15 menit = 0,25 jam
Asumsi : jumlah flok 1% dari debit yang masuk
Jumlah flok = 1% x Q₆
= 1% x 37,8642



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned} &= 0,3786 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Rate Air Bersih (Q7)} &= \text{Rate Volumetrik (Q6)} - \text{Jumlah flok} \\ &= 37,8642 - 0,3786 \\ &= 37,4856 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 165,0442 \text{ gpm} \\ \text{Volume Air Bersih} &= \text{Rate Air Bersih (Q7)} \times t \\ &= 37,4856 \times 0,25 \\ &= 9,3714 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Rate Filtrasi (Va)} = 12 \text{ gpm/ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang bec} &= \frac{Q7}{Va} \\ &= \frac{165,0442 \text{ gpm}}{12 \text{ gpm/ft}^2} \\ &= 13,7537 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Diameter *Sand Filter*

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} \\ &= \sqrt{4 \times \frac{13,7537}{3,14}} \\ &= 4,1858 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi Media *Filter*

$$\begin{aligned} \text{Lapisan Antrasit} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{Lapisan Pasir} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Lapisan Gravel} &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi Air} &= 2 \text{ m} + \\ \hline \text{Tinggi lapisan} &= 3,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan akibat} &= 25\% \text{ dari tinggi pasir dan lapisan antrasit} \\ \text{backwash} &= 25\% \times 1,1 \text{ m} \\ &= 0,275 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bagian atas untuk pipa} &= \text{Tinggi bagian bawah} = 1 \text{ m} \\ \text{Total tinggi} &= \text{tinggi total lapisan dalam kolom} + \text{kenaikan} \\ \text{sand filter} &\quad \text{akibat backwash} + \text{tinggi bagian atas untuk pipa} + \\ &\quad \text{tinggi bagian bawah untuk pipa} \\ &= 3,4 + 0,275 + 1,0 + 1,0 \\ &= 5,7 \text{ m} \end{aligned}$$



Spesifikasi Sand Filter

Fungsi : Menyaring padatan yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring

Tipe : Berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah dished

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-238 Grade P

Kapasitas : 9,3714 m³ 2475,661

Dimensi Sand Filter

Luas Bed : 13,7537 ft²

Diameter : 4,1858 m

Tinggi Lapisan : 3,4 m

Tinggi Backwash : 0,275 m

Tinggi Silinder : 5,675 m

Jumlah : 1 Buah

8) Bak Penampung Air Bersih dari Sand Filter

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang

Rate Volumetrik (Q8) = 37,4856 m³/jam

Waktu tinggal (t) = 1 jam

Menentukan Dimensi Bak Penampung

$$\begin{aligned}\text{Volume liquid} &= Q8 \times t \\ &= 37,4856 \times 1 \\ &= 37,4856 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume liquid mengisi 80% volume bak penampung, maka :

$$\begin{aligned}\text{Volume bak penampung} &= \frac{\text{Volume liquid}}{80\%} \\ &= \frac{37,4856}{80\%} \\ &= 46,8570 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Diasumsikan :

$$\begin{aligned}\text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \\ \text{Lebar (L)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 46,8570 &= 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L} \\ 46,8570 &= 2 \text{ L}^3 \\ \text{L}^3 &= 23,4285 \\ \text{L} &= 2,8614 \text{ m} \\ \text{P} &= 5,7228 \text{ m}\end{aligned}$$



$$H = 2,8614 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{liquid}} &= 80\% H \\ &= 80\% \times 2,8614 \\ &= 2,2891 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih dari Sand Filter:

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter
Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
Bahan Konstruksi : Beton
Kapasitas : 37,4856 m³
Dimensi Bak Penampung Air Bersih
Panjang : 5,7228 m
Lebar : 2,8614 m
Tinggi : 2,8614 m
Jumlah : 1 Buah

9) Bak Penampung Air Sanitasi

Fungsi : Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan (chlorin)
Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
Rate Volumetrik (Q₉) = 40,5120 m³/hari
= 40512 L/hari
Waktu tinggal (t) = 1 hari

Menentukan Dimensi Bak Penampung

$$\begin{aligned} \text{Volume liquid} &= Q_9 \times t \\ &= 40,5120 \times 1 \\ &= 40,5120 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume liquid mengisi 80% volume bak penampung, maka :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung} &= \frac{\text{Volume liquid}}{80\%} \\ &= \frac{40,5120}{80\%} \\ &= 50,6400 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diasumsikan :

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



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 50,6400 &= 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L} \\ 50,6400 &= 2 \text{ L}^3 \\ L^3 &= 25,3200 \\ L &= 2,9364 \text{ m} \\ P &= 5,8729 \text{ m} \\ H &= 2,9364 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hliquid} &= 80\% \text{ H} \\ &= 80\% \times 2,9364 \\ &= 2,3492 \text{ m}\end{aligned}$$

Untuk membunuh kuman digunakan desinfektan jenis chlorine dengan kebutuhan chlorine sebesar 200 mg/L

$$\begin{aligned}\text{Maka, per tahun perlu ditambahkan chlorine sebanyak :} \\ &= 200 \text{ mg/L} \times 40512 \text{ L/har} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= 2673792000 \text{ mg/tahun} \\ &= 2673,7920 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Sanitasi

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

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang

Bahan Konstruksi : Beton

Kapasitas : 40,5120 m³

Dimensi Bak Penampung Air Sanitasi

Panjang : 5,8729 m

Lebar : 2,9364 m

Tinggi : 2,9364 m

Jumlah : 1 Buah

10) Kation Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca²⁺. Kandungan CaCO₃ dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Krik Othmer, Vol.11:887). Kandungan ini dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler.

Tipe : Berbentuk silinder tegak

$$\text{Kandungan CaCO}_3 = 5 \text{ grain/gal} = 0,3240 \text{ g/gal}$$



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air yang diproses} &= 106,0445 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 28016,9585 \text{ gal/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah CaCO}_3 \text{ dalam a} &= \text{kandungan CaCO}_3 \times \text{jumlah air} \\ &= 0,3240 \times 28016,9585 \\ &= 9077,4945 \text{ g/hari}\end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

$$\text{Dowex dengan } \textit{exchanger capacity} = 1,8 \text{ ek/L resin} \\ (\textit{Perry bed : 16-4})$$

(Dowex - Marathon C resin specification)

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}\text{Berat ekuivalen} &= \frac{\text{BM}}{\text{jumlah elektron}} \\ &= \frac{100}{2} \\ &= 50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ek (ekuivalen)} &= \frac{\text{Gram}}{\text{Berat ekuivalen}} \\ &= \frac{9077,4945}{50} \\ &= 181,5499 \text{ ek}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Resin yang diperlukan} &= \frac{\text{ek (ekuivalen)}}{\text{kapasitas dowex}} \\ &= \frac{181,5499}{1,8} \\ &= 100,8611 \frac{\text{L resin}}{\text{hari}}\end{aligned}$$

Regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka

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

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan resin setiap 3 bulan} &= 100,8611 \times 90 \\ &= 9077,4945 \text{ L resin/3 bulan} \\ &= 9,0775 \text{ m}^3/3 \text{ bulan}\end{aligned}$$



Cara kerja

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

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

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

$$9,0775 = \frac{3,14}{4} \times D^2 \times 2 D$$

$$9,0775 = 1,57 D^3$$

$$D^3 = 5,7818$$

$$D = 1,7948 \text{ m}$$

$$H = 3,5897 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi ruang kosong} = 1 \text{ m (ruang kosong atas)}$$

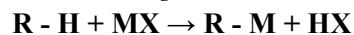
$$\frac{1 \text{ m (ruang kosong bawah)}}{2 \text{ m}}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, tinggi kation exchanger} &= \text{tinggi resin} + \text{tinggi ruang kosong} \\ &= 3,5897 + 2 \\ &= 5,590 \text{ m} \end{aligned}$$

Regenerasi dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan HCl 33%

(*Condensate Polishing Plant PJB II - Paiton, Standart Procedure*)



Dimana :

R = Resin Dowex

R - H = Resin Dowex mengikat kation.

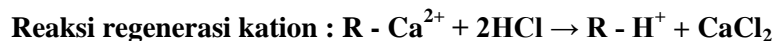
MX = Mineral yang terkandung dalam air.

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

R - M = Resin dalam kondisi mengikat kation.

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

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



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

Volume resin yang diregenerasi = 9077,4945 L resin (3 bulan)

Densitas resin = 1,2 kg/L

Massa resin = Volume resin x Densitas resin



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned} &= 9077,4945 \times 1,2 \\ &= 10892,9935 \text{ kg} \\ \text{Ekivalen total Ca} &= \text{Volume resin} \times \text{Kapasitas resin} \\ &= 9077,4945 \times 1,8 \\ &= 16339,4902 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol total Ca}^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen total Ca}^{2+}}{\text{Ekivalen Ca}^{2+}} \\ &= \frac{16339,4902}{2} \\ &= 8169,7451 \text{ mol} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan HC} &= 2 \times 8169,7451 \\ &= 16339,4902 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan HCl} &= \text{mol HCl} \times \text{BM HCl} \\ &= \text{#####} \times 36,5 \\ &= 596391,3915 \text{ g} \\ &= 596,3914 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan HCl 33\%} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa H}_2\text{O}} \\ 33\% &= \frac{596,3914}{\text{Massa total}} \end{aligned}$$

$$\text{Massa total} = 1807,2466 \text{ kg}$$

$$\rho \text{ HCl 33\%} = 1,1642 \text{ kg/L} \quad (\text{Perry7ed, Tabel 2-57})$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas campuran} &= \% \text{ HCl} \times \rho \text{ HC} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O} \\ &= 33\% \times 1,164 + 67\% \times 1 \\ &= 1,0542 \text{ gr/ml} \\ &= 1,0542 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= \frac{\text{Massa total}}{\text{Densitas campuran}} \\ &= \frac{1807,2466}{1,0542} \\ &= 1714,3527 \text{ L} \\ &= 1,7144 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi : volume larutan mengis 80% volume tangki, maka

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{Volume Larutan}}{80\%}$$



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned} &= \frac{1,7144}{80\%} \\ &= 2,1429 \text{ m}^3 \quad 566,1050 \\ \text{Asumsi : } H &= 2 D \\ \text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 2,1429 &= \frac{3,14}{4} \times D^2 \times 2 D \\ 2,1429 &= 1,57 D^3 \\ D^3 &= 1,3649 \\ D &= 1,1093 \text{ m} \\ H &= 2,2185 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Kation Exchanger

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

Tipe : Berbentuk silinder tegak

Kapasitas resin : 9,077 m^3 / 3 bulan

Jumlah : 1 buah

Waktu regenerasi : 3 bulan

Dimensi tangki resin

Diameter : 1,7948 m

Tinggi : 3,5897 m

Dimensi tangki HCl

Diameter : 1,1093 m

Tinggi : 2,2185 m

Bahan konstruksi : Stainless steel type 316

11) Anion Exchanger

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

Tipe : Berbentuk silinder tegak

Kandungan CaCO_3 = 5 grain/gal = 0,3240 g/gal



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air yang diproses} &= 106,0445 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 28016,9585 \text{ gal/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah CaCO}_3 \text{ dalam a} &= \text{kandungan CaCO}_3 \times \text{jumlah air} \\ &= 0,3240 \times 28016,9585 \\ &= 9077,4945 \text{ g/hari}\end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

$$\text{Dowex dengan } \textit{exchanger capacity} = 1,8 \text{ ek/L resin} \\ (\textit{Perry bed : 16-4})$$

(Dowex - Marathon C resin specification)

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}\text{Berat ekuivalen} &= \frac{\text{BM}}{\text{jumlah elektron}} \\ &= \frac{100}{2} \\ &= 50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ek (ekuivalen)} &= \frac{\text{Gram}}{\text{Berat ekuivalen}} \\ &= \frac{9077,4945}{50} \\ &= 181,5499 \text{ ek}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Resin yang diperlukan} &= \frac{\text{ek (ekuivalen)}}{\text{kapasitas dowex}} \\ &= \frac{181,5499}{1,8} \\ &= 100,8611 \frac{\text{L resin}}{\text{hari}}\end{aligned}$$

Regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka

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

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan resin setiap 3 bulan} &= 100,8611 \times 90 \\ &= 9077,4945 \text{ L resin/3 bulan} \\ &= 9,0775 \text{ m}^3/3 \text{ bulan}\end{aligned}$$



Cara kerja

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

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

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

$$9,0775 = \frac{3,14}{4} \times D^2 \times 2 D$$

$$9,0775 = 1,57 D^3$$

$$D^3 = 5,7818$$

$$D = 1,7948 \text{ m}$$

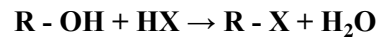
$$H = 3,5897 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ruang kosong} &= 1 \text{ m (ruang kosong atas)} \\ &\quad \frac{1}{2} \text{ m (ruang kosong bawah)} \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, tinggi anion exchanger} &= \text{tinggi resin} + \text{tinggi ruang kosong} \\ &= 3,5897 + 2 \\ &= 5,590 \text{ m} \end{aligned}$$

Regenerasi dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan NaOH 4 (SPO Paiton)

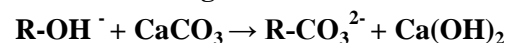


Dimana :

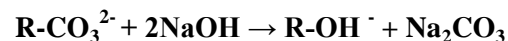
R = Resin Dowex

R - OH = Resin Dowex mengikat anion.

Reaksi anion exchange :



Reaksi regenerasi anion :



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

Volume resin yang diregenerasi = 9077,4945 L resin (3 bulan)

Densitas resin = 1,06 kg/L

$$\begin{aligned} \text{Massa resin} &= \text{Volume resin} \times \text{Densitas resin} \\ &= 9077,4945 \times 1,06 \\ &= 9622,1442 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ekivalen total } CO_3^{2-} &= \text{Volume resin} \times \text{Kapasitas resin} \\ &= 9077,4945 \times 1,8 \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$= 16339,4902 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol total CO}_3^{2-} &= \frac{\text{Ekivalen total CO}_3^{2-}}{\text{Ekivalen CO}_3^{2-}} \\ &= \frac{16339,4902}{2} \\ &= 8169,7451 \text{ mol} \end{aligned}$$

1 mol CO_3^{2-} ditukar atau exchange dengan 2 mol NaOH

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan NaOH} &= 2 \times 8169,7451 \\ &= 16339,4902 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan NaOH} &= \text{mol HCl} \times \text{BM HCl} \\ &= \text{#####} \times 40 \\ &= 653579,6071 \text{ g} \\ &= 653,5796 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan NaOH 40\%} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa H}_2\text{O}} \\ 40\% &= \frac{653,5796}{\text{Massa total}} \end{aligned}$$

$$\text{Massa total} = 1633,9490 \text{ kg}$$

$$\rho \text{ NaOH 40\%} = 1,4435 \text{ kg/L} \quad (\text{Perry7ed, Tabel 2-57})$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas campuran} &= \% \text{ NaOH} \times \rho \text{ NaOH} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O} \\ &= 40\% \times 1,444 + 60\% \times 1 \\ &= 1,1774 \text{ gr/ml} \\ &= 1,1774 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= \frac{\text{Massa total}}{\text{Densitas campuran}} \\ &= \frac{1633,9490}{1,1774} \\ &= 1387,7603 \text{ L} \\ &= 1,3878 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi : volume larutan mengisi 80% volume tangki, maka

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{Volume Larutan}}{80\%} \\ &= \frac{1,3878}{80\%} \\ &= 1,7347 \text{ m}^3 \quad 458,2593 \end{aligned}$$

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



$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 1,7347 &= \frac{3,14}{4} \times D^2 \times 2 D \\ 1,7347 &= 1,57 D^3 \\ D^3 &= 1,1049 \\ D &= 1,0338 \text{ m} \\ H &= 2,0676 \text{ m}\end{aligned}$$

Spesifikasi Anion Exchanger

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

Tipe : Berbentuk silinder tegak

Kapasitas resin : 9,077 m^3 / 3 bulan

Jumlah : 1 buah

Waktu regenerasi : 3 bulan

Dimensi tangki resin

Diameter : 1,7948 m

Tinggi : 3,5897 m

Dimensi tangki NaOH

Diameter : 1,0338 m

Tinggi : 2,0676 m

Bahan konstruksi : Stainless steel type 316

12) Bak Penampung Air Demineralisasi

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

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang

Rate Volumetrik (Q) = 106,0445 m^3 /hari

= 4,4185 m^3 /jam

Waktu tinggal (t) = 12 jam

Menentukan Dimensi Bak Penampung

Volume liquid = Q x t

= 4,4185 x 12

= 53,0223 m^3

Volume liquid mengisi 80% volume bak penampung, maka :



$$\begin{aligned}\text{Volume bak penampung} &= \frac{\text{Volume liquid}}{80\%} \\ &= \frac{53,0223}{80\%} \\ &= 66,2778 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Diasumsikan :

$$\begin{aligned}\text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \\ \text{Lebar (L)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Volume bak} &= P \times L \times H \\ 66,2778 &= 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L} \\ 66,2778 &= 2 \text{ L}^3 \\ L^3 &= 33,1389 \\ L &= 3,2120 \text{ m} \\ P &= 6,4241 \text{ m} \\ H &= 3,2120 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hliquid} &= 80\% \text{ H} \\ &= 80\% \times 3,2120 \\ &= 2,5696 \text{ m}\end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Demineralisasi:

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan sebagai air
Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
Bahan Konstruksi : Beton
Kapasitas : 53,0223 m³
Dimensi Bak Penampung Air Demineralisasi
Panjang : 6,4241 m
Lebar : 3,2120 m
Tinggi : 3,2120 m
Jumlah : 1 Buah

13) Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi : Menampung air pendingin dari cooling tower untuk pendingin.
Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
Rate Volumetrik (Q) = 32,8451 m³/jam
Waktu tinggal (t) = 1 jam



Menentukan Dimensi Bak Penampung

$$\begin{aligned}\text{Volume liquid} &= Q \times t \\ &= 32,8451 \times 1 \\ &= 32,8451 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume liquid mengisi 80% volume bak penampung, maka :

$$\begin{aligned}\text{Volume bak penampung} &= \frac{\text{Volume liquid}}{80\%} \\ &= \frac{32,8451}{80\%} \\ &= 41,0564 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Diasumsikan :

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

$$\text{Lebar (L)} = 1 \text{ L}$$

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

$$\text{Volume bak} = P \times L \times H$$

$$41,0564 = 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L}$$

$$41,0564 = 2 \text{ L}^3$$

$$\text{L}^3 = 20,5282$$

$$\text{L} = 2,7381 \text{ m}$$

$$\text{P} = 5,4762 \text{ m}$$

$$\text{H} = 2,7381 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Hliquid} &= 80\% \text{ H} \\ &= 80\% \times 2,7381 \\ &= 2,1905 \text{ m}\end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Pendingin:

Fungsi : Menampung air pendingin dari cooling tower untuk pendingin.

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang

Bahan Konstruksi : Beton

Kapasitas : 32,8451 m³

Dimensi Bak Penampung Air Pendingin

Panjang : 5,4762 m

Lebar : 2,7381 m

Tinggi : 2,7381 m

Jumlah : 1 Buah

VII.2.2.2 Perhitungan Pompa Pengolahan Air

1) Pompa Air Sungai

Fungsi : Mengalirkan air sungai menuju bak penampung air sungai



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

Type : Centrifugal Pump

Penghitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 1121,8063 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 46,7419 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1650,6772 \text{ cuft/jam} \\ &= 27,5113 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,4585 \text{ cuft/detik} \\ &= 205,7986 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

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

$$\text{Diameter optimun} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

$$q_f = \text{fluid flow rate ; cuft/det}$$

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

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,4585^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,6998 \text{ in} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Dipilih pipa 6 in sch 80 (*Kern, T. 11 : 844*)

$$OD = 6,625 \text{ in} = 0,552 \text{ ft}$$

$$ID = 5,761 \text{ in} = 0,480 \text{ ft} = 0,146 \text{ m}$$

$$A = 26,1 \text{ in}^2 = 0,1813 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,4585}{0,1813} \\ &= 2,5298 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,480 \times 2,5298 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 118773,1064 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \\ &\quad 1,2 \end{aligned}$$

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

$$\epsilon/D = 0,00031$$

$$f = 0,0045 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$$

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lb}_m/\text{lb}_f.\text{detik}^2$$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

$$\text{Jarak sungai ke bak penampung} = 200 \text{ m} = 656,1680 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi bak penampung air sungai} = 8,8838 \text{ m} = 29,1464 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa masuk bak} = 0,6096 \text{ m} = 2 \text{ ft}$$

$$\text{Taksiran panjang pipa lurus} = 687,3143 \text{ ft}$$

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

$$\text{ID pipa} = 0,4801 \text{ ft}$$

$$3 \text{ Elbow } 90^\circ = 3 \times 32 \times 0,4801 = 46,088 \text{ ft}$$

$$1 \text{ Gate Valve} = 1 \times 7 \times 0,4801 = 3,361 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total pipa} &= \text{panjang pipa lurus} + \text{elbow} + \text{valve} \\ &= 687,3143 + 46,088 + 3,3606 \end{aligned}$$



$$= 736,7629 \text{ ft}$$

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\ &= \frac{2 \times 0,0045 \times 6,3998 \times 736,76}{32,1740 \times 0,4801} \\ &= 2,7473 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F2 &= \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}} \\ &= \frac{0,4 \times 6,3998}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,0398 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\ &= \frac{6,3998^2 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,0995 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F4 &= 3 \times Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 3,1999 \\ &= 7,1997 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F5 &= Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 3,1999 \\ &= 0,5440 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 2,7473 + 0,0398 + 0,0995 + 7,1997 + 0,5440 \\ &= 10,6303 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 7,107 \text{ m} = 23,31709 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 23,3171) \\ &= 3572,439 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta P &= 3572,439 - 2116,8 \\ &= 1455,639 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1455,639 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}} \\ &= 23,3171 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi : } Z_1 = 0 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 29,1464 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \times \frac{g}{g_c} &= 29,1464 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 29,1464 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} &= \frac{6,3998 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1} \\ &= 0,0995 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F \\ &= 23,3171 + 29,1464 + 0,0995 + 10,6303 \\ &= 63,1932 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

$$\text{sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan)} = 0,99997$$

$$\text{Rate volumetrik} = 205,7986 \text{ gpm}$$

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51})$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$= \frac{63,1932 \times 205,7986 \times 1,0000}{3960}$$
$$= 3,2840 \text{ Hp}$$

Effisiensi pompa = 74% (Peters 4ed, Fig. 14-37)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Hp}}{\eta \text{ pompa}}$$
$$= \frac{3,2840}{74\%}$$
$$= 4,4378 \text{ Hp}$$
$$\approx 5 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 83% (Peters 4ed, Fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}}$$
$$= \frac{5}{83\%}$$
$$= 6,02 \text{ Hp} \approx 7 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Air Sungai

Fungsi	: Mengalirkan air sungai menuju bak penampung air sungai
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 46,7419 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 2,5298 ft/detik
Total Dynamic Head	: 63,1932 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	: 74%
Effisiensi Motor	: 83%
Power Motor	: 7 Hp
Bhp	: 4,4378 Hp
Jumlah	: 1 Buah

2) Pompa Tangki Koagulasi

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi

Type : Centrifugal Pump

Phitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$\text{Densitas air } (\rho) = 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28})$$
$$= 62,4280 \text{ lb/cuft}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= 1009,6257 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 42,0677 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1485,6095 \text{ cuft/jam} \\ &= 24,7602 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,4127 \text{ cuft/detik} \\ &= 185,2188 \text{ gpm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968\end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (*Kern table 6 hal 808*) didapat sg referenc = 1

Dari (*Kern fig 14 hal 823*) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

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

$$\text{Diameter optimur} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned}D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,4127^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,4821 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 6 in sch 80 (*Kern, T. 11 : 844*)

$$\text{OD} = 6,625 \text{ in} = 0,552 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 5,761 \text{ in} = 0,480 \text{ ft} = 0,146 \text{ m}$$

$$\text{A} = 26,1 \text{ in}^2 = 0,1813 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v)} = \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{A}}$$



$$= \frac{0,4127}{0,1813}$$

$$= 2,2768 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{ID \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,480 \times 2,2768 \times 62,428}{0,00064}$$

$$= 106895,7958 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})$$

Dipilih pipa commercial steel $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,00031$
 $f = 0,0048 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$
 $gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f.\text{detik}^2$

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 (Peter 4ed, T. 1 : 484)

Jarak bak ke tangki koagulasi = 5 m = 16,4042 ft
 Tinggi tangki koagulasi = 2,8160 m = 9,2389 ft
 Panjang pipa masuk tangki = 0,6096 m = 2 ft
 Taksiran panjang pipa lurus = 27,6431 ft

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

(Peter 4ed : 484 - 485)

Panjang ekuivalen suction (Le)

ID pipa = 0,4801 ft
 3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,4801 = 46,088 ft
 1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,4801 = 3,361 ft
 Panjang total pipa = panjang pipa lurus + elbow + valve
 = 27,6431 + 46,088 + 3,3606
 = 77,0917 ft

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484})$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \times 0,0048 \times 5,1838 \times 77,09}{32,1740 \times 0,4801} \\ &= 0,2484 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}} \\ &= \frac{0,4 \times 5,1838}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,0322 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\ &= \frac{5,1838^2 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,0806 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 2,5919 \\ &= 5,8318 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 2,5919 \\ &= 0,4406 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 0,2484 + 0,0322 + 0,0806 + 5,8318 + 0,4406 \\ &= 6,6336 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bahan, } H &= 7,107 \text{ m} = 23,31709 \text{ ft} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 23,3171) \\ &= 3572,439 \text{ lb/ft}^2 \\ P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ \Delta P &= 3572,439 - 2116,8 \\ &= 1455,639 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{1455,639 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}} \\ &= 23,3171 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : } Z_1 &= 29,1464 \text{ ft} \\ Z_2 &= 9,2389 \text{ ft} \\ \Delta Z \times \frac{g}{g_c} &= 19,9075 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 19,9075 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} &= \frac{5,1838 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1} \\ &= 0,0806 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \sum F \\ &= 23,3171 + 19,9075 + 0,0806 + 6,6336 \\ &= 49,9387 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\text{sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan)} = 0,99997$$

$$\text{Rate volumetrik} = 185,2188 \text{ gpm}$$

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51}) \\ &= \frac{49,9387 \times 185,2188 \times 1,0000}{3960} \\ &= 2,3357 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 70\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-37})$$



$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Hp}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{2,3357}{70\%} \\ &= 3,3367 \text{ Hp} \\ &\approx 4 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi motor} &= 83\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-38}) \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{4}{83\%} \\ &= 4,82 \text{ Hp} \approx 5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Tangki Koagulasi

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 42,0677 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 2,2768 ft/detik
Total Dynamic Head	: 49,9387 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	: 70%
Effisiensi Motor	: 83%
Power Motor	: 5 Hp
Bhp	: 3,3367 Hp
Jumlah	: 1 Buah

3) Pompa Tangki Flokulasi

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki koagulasi ke tangki flokulasi
Type : Centrifugal Pump

Phitungan :

$$\begin{aligned} \text{Suhu} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \\ \\ \text{Rate volumetrik} &= 42,0711 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1485,7283 \text{ cuft/jam} \\ &= 24,7621 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,4127 \text{ cuft/detik} \\ &= 185,2336 \text{ gpm} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned}\text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968\end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $N_{Re} > 2100$ digunakan persamaan

$$\text{Diameter optimur} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned}D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,4127^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,4823 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 6 in sch 80 (Kern, T. 11 : 844)

$$\text{OD} = 6,625 \text{ in} = 0,552 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 5,761 \text{ in} = 0,480 \text{ ft} = 0,146 \text{ m}$$

$$\text{A} = 26,1 \text{ in}^2 = 0,1813 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{A}} \\ &= \frac{0,4127}{0,1813} \\ &= 2,2770 \text{ ft/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,480 \times 2,2770 \times 62,428}{0,00064}\end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$= 106904,3474 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})$$

Dipilih pipa commercial steel $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,00031$
 $f = 0,0048 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$
 $gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f.\text{detik}^2$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

Jarak bak ke tangki flokulasi = 4 m = 13,1234 ft
 Tinggi tangki flokulasi = 4,0614 m = 13,3248 ft
 Panjang pipa masuk tangki = 0,6096 m = 2 ft
 Taksiran panjang pipa lurus = 28,4482 ft

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

ID pipa = 0,4801 ft
 3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,4801 = 46,088 ft
 1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,4801 = 3,361 ft
 Panjang total pipa = panjang pipa lurus + elbow + valve
 = 28,4482 + 46,088 + 3,3606
 = 77,8967 ft

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484})$$

$$= \frac{2 \times 0,0048 \times 5,1846 \times 77,90}{32,1740 \times 0,4801}$$

$$= 0,2510 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$F2 = \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16})$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned}\alpha &= 1 \quad ; \quad \text{untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; \quad A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} \\ &= \frac{0,4}{2} \times \frac{5,1846}{32,1740} \\ &= 0,0322 \quad \text{ft.lbf/lbm}\end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned}F_3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0 \\ &= \frac{5,1846^2 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,0806 \quad \text{ft.lbf/lbm}\end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned}F_4 &= 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 2,5923 \\ &= 5,8327 \quad \text{ft.lbf/lbm}\end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned}F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 2,5923 \\ &= 0,4407 \quad \text{ft.lbf/lbm}\end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned}&= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 0,2510 + 0,0322 + 0,0806 + 5,8327 + 0,4407 \\ &= 6,6372 \quad \text{ft.lbf/lbm}\end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, } H = 2,253 \text{ m} = 7,3911 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 7,3911) \\ &= 2578,212 \text{ lb/ft}^2\end{aligned}$$

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

$$\Delta P = 2578,212 - 2116,8$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$= 461,4117 \text{ lb/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{461,4117 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}$$
$$= 7,3911 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}_m$$

Asumsi : $Z_1 = 9,2389 \text{ ft}$
 $Z_2 = 13,3248 \text{ ft}$

$$\Delta Z \times \frac{g}{g_c} = 4,0859 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m$$
$$= 4,0859 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}_m$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} = \frac{5,1846 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1}$$
$$= 0,0806 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \sum F$$
$$= 7,3911 + 4,0859 + 0,0806 + 6,6372$$
$$= 18,1948 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}}$$

sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan) = 0,99997

Rate volumetrik = 185,2336 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51})$$
$$= \frac{18,1948 \times 185,2336 \times 1,0000}{3960}$$
$$= 0,8511 \text{ Hp}$$

Effisiensi pompa = 70% (Peters 4ed, Fig. 14-37)

$$B_{hp} = \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}}$$
$$= \frac{0,8511}{70\%}$$
$$= 1,2158 \text{ Hp}$$
$$\approx 2 \text{ Hp}$$



$$\begin{aligned} \text{Efisiensi motor} &= 80\% && (\text{Peters 4ed, Fig. 14-38}) \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{2}{80\%} \\ &= 2,50 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Tangki Flokulasi

Fungsi	:	Mengalirkan air dari tangki koagulasi ke tangki flokulasi
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	42,0711 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	2,2770 ft/detik
Total Dynamic Head	:	18,1948 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	:	70%
Effisiensi Motor	:	80%
Power Motor	:	3 Hp
Bhp	:	2 Hp
Jumlah	:	1 Buah

4) Pompa ke Clarifier

Fungsi	:	Mengalirkan air dari tangki flokulasi ke clarifier
Type	:	Centrifugal Pump

Pehitungan :

$$\begin{aligned} \text{Suhu} &= 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 && (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \\ \\ \text{Rate volumetrik} &= 42,0714 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1485,7379 \text{ cuft/jam} \\ &= 24,7623 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,4127 \text{ cuft/detik} \\ &= 185,2348 \text{ gpm} \\ \\ \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$= 0,999968$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $N_{Re} > 2100$ digunakan persamaan

$$\text{Diameter optimun} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned}D_{i,opt} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,4127^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,4823 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 6 in sch 80 (Kern, T. 11 : 844)

$$\text{OD} = 6,625 \text{ in} = 0,552 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 5,761 \text{ in} = 0,480 \text{ ft} = 0,146 \text{ m}$$

$$A = 26,1 \text{ in}^2 = 0,1813 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,4127}{0,1813} \\ &= 2,2770 \text{ ft/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,480 \times 2,2770 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 106905,0356 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})\end{aligned}$$

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

$$\epsilon / D = 0,00031$$

$$f = 0,0048 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$$



$$g_c = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f.\text{detik}^2$$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

$$\text{Jarak tangki flokulasi ke clarifier} = 4 \text{ m} = 13,1234 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi clarifier} = 4,2857 \text{ m} = 14,0607 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa masuk clarifier} = 0,6096 \text{ m} = 2 \text{ ft}$$

$$\text{Taksiran panjang pipa lurus} = 29,1841 \text{ ft}$$

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

$$\text{ID pipa} = 0,4801 \text{ ft}$$

$$3 \text{ Elbow } 90^\circ = 3 \times 32 \times 0,4801 = 46,088 \text{ ft}$$

$$1 \text{ Gate Valve} = 1 \times 7 \times 0,4801 = 3,361 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total pipa} &= \text{panjang pipa lurus} + \text{elbow} + \text{valve} \\ &= 29,1841 + 46,088 + 3,3606 \\ &= 78,6327 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{g_c \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\ &= \frac{2 \times 0,0048 \times 5,1847 \times 78,63}{32,1740 \times 0,4801} \\ &= 0,2534 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} \\ &= \frac{0,4 \times 5,1847}{2 \times 1 \times 32,1740} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$= 0,0322 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} && A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\ &= \frac{5,1847 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,0806 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 2,5923 \\ &= 5,8328 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 2,5923 \\ &= 0,4407 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 0,2534 + 0,0322 + 0,0806 + 5,8328 + 0,4407 \\ &= 6,6397 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, } H = 3,249 \text{ m} = 10,6598 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 10,6598) \\ &= 2782,272 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta P &= 2782,272 - 2116,8 \\ &= 665,4722 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$



$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{665,4722 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}} \\ = 10,6598 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}_m$$

Asumsi : $Z_1 = 13,3248 \text{ ft}$
 $Z_2 = 14,0607 \text{ ft}$

$$\Delta Z \times \frac{g}{g_c} = 0,7359 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ = 0,7359 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}_m$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} = \frac{5,1847 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1} \\ = 0,0806 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \sum F \\ = 10,6598 + 0,7359 + 0,0806 + 6,6397 \\ = 18,1160 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lb}_m}$$

sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan) = 0,99997

Rate volumetrik = 185,2348 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51}) \\ = \frac{18,1160 \times 185,2348 \times 1,0000}{3960} \\ = 0,8474 \text{ Hp}$$

Effisiensi pompa = 70% (Peters 4ed, Fig. 14-37)

$$B_{hp} = \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}} \\ = \frac{0,8474}{70\%} \\ = 1,2105 \text{ Hp} \\ \approx 2 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4ed, Fig. 14-38)



$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{2}{80\%} \\ &= 2,50 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Clarifier

Fungsi	:	Mengalirkan air dari tangki flokulasi ke clarifier
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	42,0714 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	2,2770 ft/detik
Total Dynamic Head	:	18,1160 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	:	70%
Effisiensi Motor	:	80%
Power Motor	:	3 Hp
Bhp	:	2 Hp
Jumlah	:	1 Buah

5) Pompa ke Sand Filter

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

Type : Centrifugal Pump

Penghitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 37,8642 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1337,1641 \text{ cuft/jam} \\ &= 22,2861 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,3714 \text{ cuft/detik} \\ &= 166,7113 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968 \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (*Kern table 6 hal 808*) didapat sg referenc = 1

Dari (*Kern fig 14 hal 823*) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $N_{Re} > 2100$ digunakan persamaan

$$\text{Diameter optimur} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned}D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,3714^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,2748 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 4 in sch 40 (*Kern, T. 11 : 844*)

$$\text{OD} = 4,500 \text{ in} = 0,375 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 4,026 \text{ in} = 0,336 \text{ ft} = 0,102 \text{ m}$$

$$A = 12,7 \text{ in}^2 = 0,0882 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,3714}{0,0882} \\ &= 4,2115 \text{ ft/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,336 \times 4,2115 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 138182,5980 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar})\end{aligned}$$

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

$$\epsilon/D = 0,00045$$

$$f = 0,0049 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$$

$$g_c = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f\text{.detik}^2$$



Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (Peter 4ed, T. 1 : 484)

Jarak bak air bersih ke sand filter	= 4 m = 13,1234 ft
Tinggi sand filter	= 5,6750 m = 18,6188 ft
Panjang pipa masuk sand filter	= 0,6096 m = 2 ft
Taksiran panjang pipa lurus	= 33,7421 ft

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

(Peter 4ed : 484 - 485)

Panjang ekuivalen suction (Le)

ID pipa	= 0,3355 ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,3355 = 32,208 ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,3355 = 2,349 ft
Panjang total pipa	= panjang pipa lurus + elbow + valve
	= 33,7421 + 32,208 + 2,3485
	= 68,2986 ft

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484})$$

$$= \frac{2 \times 0,0049 \times 17,737 \times 68,30}{32,1740 \times 0,3355}$$

$$= 1,0998 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$F2 = \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16})$$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen
 $k = 0,4$; A tangki >>>A pipa

$$= \frac{0,4 \times 17,7371}{2 \times 1 \times 32,1740}$$

$$= 0,1103 \text{ ft.lbf/lbm}$$



3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} && \text{(Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15)} \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} && A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\ &= \frac{17,7371 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,2756 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90⁰

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} && \text{(Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17)} \\ &= 3 \times 0,75 \times 8,8685 \\ &= 19,9542 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} && \text{(Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17)} \\ &= 0,17 \times 8,8685 \\ &= 1,5077 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 1,0998 + 0,1103 + 0,2756 + ##### + 1,5077 \\ &= 22,9476 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 2,297 \text{ m} = 7,5355 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 7,5355) \\ &= 2587,225 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta P &= 2587,225 - 2116,8 \\ &= 470,4253 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{470,4253 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} \\ &= 7,5355 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Asumsi : $Z_1 = 7,5355 \text{ ft}$
 $Z_2 = 18,6188 \text{ ft}$
 $\Delta Z \times \frac{g}{gc} = 11,0833 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m$
 $= 11,0833 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times gc \times \alpha} = \frac{17,7371 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1}$$

$$= 0,2756 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 7,5355 + 11,0833 + 0,2756 + 22,9476$$

$$= 41,8420 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb}_m}$$

sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan) = 0,99997

Rate volumetrik = 166,7113 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51})$$

$$= \frac{41,8420 \times 166,7113 \times \text{#####}}{3960}$$

$$= 1,7614 \text{ Hp}$$

Effisiensi pompa = 70% (Peters 4ed, Fig. 14-37)

$$B_{hp} = \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{1,7614}{70\%}$$

$$= 2,5163 \text{ Hp}$$

$$\approx 3 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 82% (Peters 4ed, Fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\text{ef. Motor}}$$

$$= \frac{3}{82\%}$$

$$= 3,66 \text{ Hp} \approx 4 \text{ Hp}$$

**Spesifikasi Pompa Sand Filter**

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke sand filter
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	37,8642 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	4,2115 ft/detik
Total Dynamic Head	:	41,8420 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	:	70%
Effisiensi Motor	:	82%
Power Motor	:	4 Hp
Bhp	:	3 Hp
Jumlah	:	1 Buah

6) Pompa Bak Penampung Air Sanitasi

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

Type : Centrifugal Pump

Penghitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= 40,5120 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,6880 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 59,6112 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,9935 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0166 \text{ cuft/detik} \\ &= 7,4320 \text{ gpm}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}&= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968\end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $N_{Re} > 2100$ digunakan persamaan

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

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0166^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 1,0544 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 in sch 40 (*Kern, T. 11 : 844*)

$$OD = 1,320 \text{ in} = 0,110 \text{ ft}$$

$$ID = 1,049 \text{ in} = 0,087 \text{ ft} = 0,027 \text{ m}$$

$$A = 0,9 \text{ in}^2 = 0,006 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,0166}{0,0060} \\ &= 2,7598 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{ID \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,087 \times 2,7598 \times 62,428}{0,00064} \\ &= \frac{23593,2788}{2,35932788} > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

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

$$\epsilon/D = 0,00173$$

$$f = 0,007 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$$

$$g_c = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f.\text{detik}^2$$

Digunakan persamaan Bernoulli

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



Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

Jarak bak air bersih ke bak sanitasi = 4 m = 13,1234 ft
 Tinggi bak air sanitasi = 2,9364 m = 9,6340 ft
 Panjang pipa masuk bak sanitasi = 0,6096 m = 2 ft
 Taksiran panjang pipa lurus = 24,7574 ft

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

ID pipa = 0,0874 ft
 3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,0874 = 8,392 ft
 1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,0874 = 0,612 ft
 Panjang total pipa = panjang pipa lurus + elbow + valve
 = 24,7574 + 8,392 + 0,6119
 = 33,7613 ft

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484})$$

$$= \frac{2 \times 0,007 \times 7,6164 \times 33,76}{32,1740 \times 0,0874}$$

$$= 1,2800 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$F2 = \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16})$$

$\alpha = 1$; untuk aliran turbulen
 $k = 0,4$; $A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}}$

$$= \frac{0,4 \times 7,6164}{2 \times 1 \times 32,1740}$$

$$= 0,0473 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$F3 = \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15})$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned} &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\ &= \frac{7,6164 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,1184 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 3,8082 \\ &= 8,5684 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 3,8082 \\ &= 0,6474 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 1,2800 + 0,0473 + 0,1184 + 8,5684 + 0,6474 \\ &= 10,6615 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, } H = 2,289 \text{ m} = 7,5103 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 7,5103) \\ &= 2585,652 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta P &= 2585,652 - 2116,8 \\ &= 468,852 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{468,852 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} \\ &= 7,5103 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi: } Z_1 = 7,5103 \text{ ft}$$



$$Z_2 = 9,6340 \text{ ft}$$

$$\Delta Z \times \frac{g}{gc} = 2,1237 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m$$

$$= 2,1237 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times gc \times \alpha} = \frac{7,6164 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1}$$

$$= 0,1184 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 7,5103 + 2,1237 + 0,1184 + 10,6615$$

$$= 20,4138 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lb}_m}$$

sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan) = 0,99997

Rate volumetrik = 7,4320 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51})$$

$$= \frac{20,4138 \times 7,4320 \times 1,0000}{3960}$$

$$= 0,0383 \text{ Hp}$$

Effisiensi pompa = 40% (Peters 4ed, Fig. 14-37)

$$B_{hp} = \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{0,0383}{40\%}$$

$$= 0,0958 \text{ Hp}$$

$$\approx 1 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4ed, Fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\text{ef. Motor}}$$

$$= \frac{1}{80\%}$$

$$= 1,25 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Sanitasi

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air



		bersih ke bak penampung air sanitasi
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	1,6880 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	2,7598 ft/detik
Total Dynamic Head	:	20,4138 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	:	40%
Effisiensi Motor	:	80%
Power Motor	:	2 Hp
Bhp	:	1,0000 Hp
Jumlah	:	1 Buah

7) Pompa Kation Exchanger

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke kation exchanger

Type : Centrifugal Pump

Phitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 && (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 106,0445 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 4,4185 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 156,0387 \text{ cuft/jam} \\ &= 2,6006 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0433 \text{ cuft/detik} \\ &= 19,4542 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (*Kern table 6 hal 808*) didapat sg referenc = 1

Dari (*Kern fig 14 hal 823*) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \end{aligned}$$



$$= 0,9500 \text{ Cp}$$

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

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $N_{Re} > 2100$ digunakan persamaan

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

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \\ &= 3,9 \times 0,0433^{0.45} \times 62,4280^{0.13} \\ &= 1,6259 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 1/4 in sch 80 (Kern, T. 11 : 844)

$$\text{OD} = 1,660 \text{ in} = 0,138 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,278 \text{ in} = 0,107 \text{ ft} = 0,032 \text{ m}$$

$$\text{A} = 1,3 \text{ in}^2 = 0,0089 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{A}} \\ &= \frac{0,0433}{0,0089} \\ &= 4,8762 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,107 \times 4,8762 \times 62,428}{0,00064} \\ &= \frac{50786,9260}{5,078693} > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

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

$$\epsilon/D = 0,00142$$

$$f = 0,007 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$$

$$g_c = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f.\text{detik}^2$$

Digunakan persamaan Bernoulli

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



Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

Jarak bak ke kation exchanger	=	4	m =	13,1234	ft
Tinggi kation exchanger	=	5,5897	m =	18,3387	ft
Panjang pipa masuk exchanger	=	0,6096	m =	2	ft
Taksiran panjang pipa lurus	=			33,4621	ft

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

ID pipa	=	0,1065	ft
3 Elbow 90°	=	3 x 32 x 0,1065	= 10,224 ft
1 Gate Valve	=	1 x 7 x 0,1065	= 0,746 ft
Panjang total pipa	=	panjang pipa lurus + elbow + valve	
	=	33,4621 + 10,224 + 0,7455	
	=	44,4316	ft

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\
 &= \frac{2 \times 0,007 \times \text{#####} \times 44,43}{32,1740 \times 0,1065} \\
 &= 4,3165 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned}
 F2 &= \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\
 \alpha &= 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \\
 k &= 0,4 \quad ; \text{ A tangki } \gg \gg \text{ A pipa} \\
 &= \frac{0,4 \times 23,7774}{2 \times 1 \times 32,1740} \\
 &= 0,1478 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned}
 F3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\
 &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0
 \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$= \frac{23,7774}{2} - \frac{0,0000}{1 \times 32,1740}$$

$$= 0,3695 \text{ ft.lbf/lbm}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$F_4 = 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17})$$

$$= 3 \times 0,75 \times \text{#####}$$

$$= 26,7496 \text{ ft.lbf/lbm}$$

5. Friksi karena gate valve

$$F_5 = K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17})$$

$$= 0,17 \times \text{#####}$$

$$= 2,0211 \text{ ft.lbf/lbm}$$

ΣF (Total friksi)

$$= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 4,3165 + 0,1478 + 0,3695 + \text{#####} + 2,0211$$

$$= 33,6045 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, } H = 2,289 \text{ m} = 7,5103 \text{ ft}$$

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

$$= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 7,5103)$$

$$= 2585,652 \text{ lb/ft}^2$$

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

$$\Delta P = 2585,652 - 2116,8$$

$$= 468,852 \text{ lb/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{468,852 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}$$

$$= 7,5103 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\text{Asumsi: } Z_1 = 7,5103 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 18,3387 \text{ ft}$$

$$\Delta Z \times \frac{g}{g_c} = 10,8285 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m$$



$$= 10,8285 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} = \frac{23,7774 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1}$$

$$= 0,3695 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 7,5103 + 10,8285 + 0,3695 + 33,6045$$

$$= 52,3128 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lb}_m}$$

sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan) = 0,99997

Rate volumetrik = 19,4542 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51})$$

$$= \frac{52,3128 \times 19,4542 \times 1,0000}{3960}$$

$$= 0,2570 \text{ Hp}$$

Effisiensi pompa = 40% (Peters 4ed, Fig. 14-37)

$$B_{hp} = \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{0,2570}{40\%}$$

$$= 0,6425 \text{ Hp}$$

$$\approx 1 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4ed, Fig. 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\text{ef. Motor}}$$

$$= \frac{1}{80\%}$$

$$= 1,25 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Kation Exchanger

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke kation exchanger
 Type : Centrifugal Pump
 Bahan : Commercial Steel



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Rate Volumetrik	:	4,4185	m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	4,8762	ft/detik
Total Dynamic Head	:	52,3128	ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	:	40%	
Effisiensi Motor	:	80%	
Power Motor	:	2	Hp
Bhp	:	1	Hp
Jumlah	:	1	Buah

8) Pompa Anion Exchanger

Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger

Type : Centrifugal Pump

Penghitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= 4,4185 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 156,0387 \text{ cuft/jam} \\ &= 2,6006 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0433 \text{ cuft/detik} \\ &= 19,4542 \text{ gpm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968\end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$



Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $N_{Re} > 2100$ digunakan persamaan

$$\text{Diameter optimun} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \\ &= 3,9 \times 0,0433^{0.45} \times 62,4280^{0.13} \\ &= 1,6259 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 1/4 in sch 80 (*Kern, T. 11 : 844*)

$$\text{OD} = 1,660 \text{ in} = 0,138 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,278 \text{ in} = 0,107 \text{ ft} = 0,032 \text{ m}$$

$$A = 1,3 \text{ in}^2 = 0,009 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,0433}{0,0090} \\ &= 4,8012 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,107 \times 4,8012 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 50005,5887 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

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

$$\epsilon/D = 0,00142$$

$$f = 0,007 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$$

$$g_c = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f.\text{detik}^2$$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

$$\text{Jarak kation ke anion exchanger} = 4 \text{ m} = 13,1234 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi anion exchanger} = 5,5897 \text{ m} = 18,3387 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa masuk exchanger} = 0,6096 \text{ m} = 2 \text{ ft}$$

$$\text{Taksiran panjang pipa lurus} = 33,4621 \text{ ft}$$



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

(Peter 4ed : 484 - 485)

Panjang ekuivalen suction (Le)

$$\begin{aligned}
 \text{ID pipa} &= 0,1065 \text{ ft} \\
 3 \text{ Elbow } 90^\circ &= 3 \times 32 \times 0,1065 = 10,224 \text{ ft} \\
 1 \text{ Gate Valve} &= 1 \times 7 \times 0,1065 = 0,746 \text{ ft} \\
 \text{Panjang total pipa} &= \text{panjang pipa lurus} + \text{elbow} + \text{valve} \\
 &= 33,4621 + 10,224 + 0,7455 \\
 &= 44,4316 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\
 &= \frac{2 \times 0,007 \times 23,051 \times 44,43}{32,1740 \times 0,1065} \\
 &= 4,1847 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned}
 F2 &= \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\
 \alpha &= 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \\
 k &= 0,4 \quad ; \text{ A tangki } \gg \gg \text{ A pipa} \\
 &= \frac{0,4 \times 23,0514}{2 \times 1 \times 32,1740} \\
 &= 0,1433 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned}
 F3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\
 &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\
 &= \frac{23,0514 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\
 &= 0,3582 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times \text{#####} \\ &= 25,9329 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times \text{#####} \\ &= 1,9594 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 4,1847 + 0,1433 + 0,3582 + 25,933 + 1,9594 \\ &= 32,5785 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 3,590 \text{ m} = 11,7771 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 11,7771) \\ &= 2852,018 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ \Delta P &= 2852,018 - 2116,8 \\ &= 735,2184 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{735,2184 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} \\ &= 11,7771 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi: } Z_1 &= 11,7771 \text{ ft} \\ Z_2 &= 18,3387 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \times \frac{g}{g_c} &= 6,5617 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 6,5617 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} = \frac{23,0514 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1}$$



$$= 0,3582 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 11,7771 + 6,5617 + 0,3582 + 32,5785 \\ &= 51,2754 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan) = 0,99997

Rate volumetrik = 19,4542 gpm

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51}) \\ &= \frac{51,2754 \times 19,4542 \times 1,0000}{3960} \\ &= 0,2519 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 40% (Peters 4ed, Fig. 14-37)

$$\begin{aligned} B_{hp} &= \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{0,2519}{40\%} \\ &= 0,6297 \text{ Hp} \\ &\approx 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters 4ed, Fig. 14-38)

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{B_{hp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{1}{80\%} \\ &= 1,25 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Anion Exchanger

- Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger
- Type : Centrifugal Pump
- Bahan : Commercial Steel
- Rate Volumetrik : 4,4185 m³/jam
- Kecepatan Aliran : 4,8012 ft/detik
- Total Dynamic Head : 51,2754 ft.lbf/lbm
- Effisiensi Pompa : 40%
- Effisiensi Motor : 80%



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Power Motor	:	2	Hp
Bhp	:	1	Hp
Jumlah	:	1	Buah

9) Pompa Air Umpan Boiler

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke boiler

Type : Centrifugal Pump

Phitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 && (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= 3,0429 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 107,4578 \text{ cuft/jam} \\ &= 1,7910 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0298 \text{ cuft/detik} \\ &= 13,3973 \text{ gpm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968\end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

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

$$\text{Diameter optimu} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

$$q_f = \text{fluid flow rate ; cuft/det}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0298^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 1,3746 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 1/4 in sch 80 (Kern, T. 11 : 844)

$$\begin{aligned} OD &= 1,660 \text{ in} = 0,138 \text{ ft} \\ ID &= 1,278 \text{ in} = 0,107 \text{ ft} = 0,032 \text{ m} \\ A &= 1,3 \text{ in}^2 = 0,009 \text{ ft}^2 \\ \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,0298}{0,0090} \\ &= 3,3064 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{ID \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,107 \times 3,3064 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 34436,8846 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \epsilon/D &= 0,00142 \\ f &= 0,007 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88}) \\ gc &= 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f \cdot \text{detik}^2 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (Peter 4ed, T. 1 : 484)

$$\begin{aligned} \text{Jarak bak air demin ke boiler} &= 4 \text{ m} = 13,1234 \text{ ft} \\ \text{Tinggi boiler} &= 3,2120 \text{ m} = 10,5382 \text{ ft} \\ \text{Panjang pipa masuk boiler} &= 0,6096 \text{ m} = 2 \text{ ft} \\ \hline \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 25,6615 \text{ ft} \end{aligned}$$

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

(Peter 4ed : 484 - 485)



Panjang ekuivalen suction (Le)

$$\begin{aligned} \text{ID pipa} &= 0,1065 \text{ ft} \\ 3 \text{ Elbow } 90^\circ &= 3 \times 32 \times 0,1065 = 10,224 \text{ ft} \\ 1 \text{ Gate Valve} &= 1 \times 7 \times 0,1065 = 0,746 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= \text{panjang pipa lurus} + \text{elbow} + \text{valve} \\ &= 25,6615 + 10,224 + 0,7455 \\ &= 36,6310 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\ &= \frac{2 \times 0,007 \times 10,932 \times 36,63}{32,1740 \times 0,1065} \\ &= 1,6362 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F2 &= \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \quad \text{untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; \quad A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} \\ &= \frac{0,4 \times 10,9322}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,0680 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0 \\ &= \frac{10,9322^2 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,1699 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F4 &= 3 \times Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 5,4661 \\ &= 12,2988 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$



5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 5,4661 \\ &= 0,9292 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 1,6362 + 0,0680 + 0,1699 + 12,299 + 0,9292 \\ &= 15,1020 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 2,570 \text{ m} = 8,4305 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 8,4305) \\ &= 2643,1 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta P &= 2643,1 - 2116,8 \\ &= 526,3004 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{526,3004 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}} \\ &= 8,4305 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi : } Z_1 = 8,4305 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 10,5382 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \times \frac{g}{g_c} &= 2,1076 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 2,1076 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} &= \frac{10,9322 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1} \\ &= 0,1699 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F \\ &= 8,4305 + 2,1076 + 0,1699 + 15,1020 \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$= 25,8101 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\text{sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan)} = 0,99997$$

$$\text{Rate volumetrik} = 13,3973 \text{ gpm}$$

$$\text{Hp} = \frac{- W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51})$$

$$= \frac{25,8101 \times 13,3973 \times 1,0000}{3960}$$

$$= 0,0873 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 40\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-37})$$

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Hp}}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{0,0873}{40\%}$$

$$= 0,2183 \text{ Hp}$$

$$\approx 1 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-38})$$

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}}$$

$$= \frac{1}{80\%}$$

$$= 1,25 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Air Umpan Boiler

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke boiler
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	3,0429 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	3,3064 ft/detik
Total Dynamic Head	:	25,8101 ft.lbf/lbf
Effisiensi Pompa	:	40%
Effisiensi Motor	:	80%
Power Motor	:	2 Hp
Bhp	:	1 Hp
Jumlah	:	1 Buah



10) Pompa Air Proses

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke bak air proses

Type : Centrifugal Pump

Penghitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 1,3757 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 48,5810 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,8097 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,0135 \text{ cuft/detik} \\ &= 6,0568 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg referenc}} \times \mu \text{ referenc} \\ &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

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

$$\text{Diameter optimun} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0135^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 0,9617 \text{ in} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Dipilih pipa 1/2 in sch 80 (*Kern, T. 11 : 844*)

$$OD = 0,840 \text{ in} = 0,070 \text{ ft}$$

$$ID = 0,546 \text{ in} = 0,046 \text{ ft} = 0,014 \text{ m}$$

$$A = 0,2 \text{ in}^2 = 0,0016 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,0135}{0,0016} \\ &= 8,2691 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{ID \cdot v \cdot \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,046 \cdot 8,2691 \cdot 62,428}{0,00064} \\ &= 36795,0793 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \\ & \quad 36,79508 \end{aligned}$$

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

$$\epsilon/D = 0,00332$$

$$f = 0,0135 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$$

$$g_c = 32,1740 \text{ ft}\cdot\text{lb}_m/\text{lb}_f\cdot\text{detik}^2$$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

$$\text{Jarak bak ke bak air pendingin} = 10 \text{ m} = 32,8084 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi bak air pendingin} = 3,2120 \text{ m} = 10,5382 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa masuk b.air pendin} = 0,6096 \text{ m} = 2 \text{ ft}$$

$$\text{Taksiran panjang pipa lurus} = 45,3466 \text{ ft}$$

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

$$\text{ID pipa} = 0,0455 \text{ ft}$$

$$3 \text{ Elbow } 90^\circ = 3 \times 32 \times 0,0455 = 4,368 \text{ ft}$$



$$\begin{aligned} 1 \text{ Gate Valve} &= 1 \times 7 \times 0,0455 = 0,319 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= \text{panjang pipa lurus} + \text{elbow} + \text{valve} \\ &= 45,3466 + 4,368 + 0,3185 \\ &= 50,0331 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\ &= \frac{2 \times 0,0135 \times 68,378 \times 50,03}{32,1740 \times 0,0455} \\ &= 63,0988 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F2 &= \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \quad \text{untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; \quad A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}} \\ &= \frac{0,4 \times 68,3781}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,4251 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0 \\ &= \frac{68,3781^2 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 1,0626 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F4 &= 3 \times Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times \text{#####} \\ &= 76,9254 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$F5 = Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17})$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$= 0,17 \times #####$$

$$= 5,8121 \text{ ft.lbf/lbm}$$

ΣF (Total friksi)

$$= F1 + F2 + F3 + F4 + F5$$

$$= ##### + 0,4251 + 1,0626 + 76,925 + 5,8121$$

$$= 147,3240 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 2,570 \text{ m} = 8,4305 \text{ ft}$$

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

$$= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 8,4305)$$

$$= 2643,1 \text{ lb/ft}^2$$

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

$$\Delta P = 2643,1 - 2116,8$$

$$= 526,3004 \text{ lb/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{526,3004 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}}$$

$$= 8,4305 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\text{Asumsi : } Z1 = 8,4305 \text{ ft}$$

$$Z2 = 10,5382 \text{ ft}$$

$$\Delta Z \times \frac{g}{gc} = 2,1076 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m$$

$$= 2,1076 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\frac{\Delta V^2}{2 \times gc \times \alpha} = \frac{68,3781 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1}$$

$$= 1,0626 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 8,4305 + 2,1076 + 1,0626 + 147,3240$$

$$= 158,9248 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\text{sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan)} = 0,99997$$



$$\text{Rate volumetrik} = 6,0568 \text{ gpm}$$

$$\begin{aligned} \text{Hp} &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51}) \\ &= \frac{158,9248 \times 6,0568 \times 1,0000}{3960} \\ &= 0,2431 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 40\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-37})$$

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Hp}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{0,2431}{40\%} \\ &= 0,6077 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-38})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{1}{80\%} \\ &= 1,25 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Air Proses

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air demineralisasi ke bak air proses
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 1,3757 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 8,2691 ft/detik
Total Dynamic Head	: 158,9248 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	: 40%
Effisiensi Motor	: 80%
Power Motor	: 2 Hp
Bhp	: 1 Hp
Jumlah	: 1 Buah

11) Pompa Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke bak penampung air pendingin
Type	: Centrifugal Pump



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Pehitungan :

$$\begin{aligned}\text{Suhu} &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 32,8451 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1159,9144 \text{ cuft/jam} \\ &= 19,3319 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,3222 \text{ cuft/detik} \\ &= 144,6126 \text{ gpm} \\ \\ \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968\end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

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

$$\begin{aligned}&= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

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

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

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned}D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,3222^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,0098 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 4 in sch 80 (Kern, T. 11 : 844)

$$\text{OD} = 4,500 \text{ in} = 0,375 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,826 \text{ in} = 0,319 \text{ ft} = 0,097 \text{ m}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$A = 11,5 \text{ in}^2 = 0,0799 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,3222}{0,0799} \\ &= 4,0345 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,319 \times 4,0345 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 125797,3959 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,00047$
 $f = 0,005$ (*Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88*)
 $g_c = 32,1740 \text{ ft.lb}_m/\text{lb}_f.\text{detik}^2$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

Jarak air bersih ke b. air pending = 4 m = 13,1234 ft
 Tinggi bak air pendingin = 2,7381 m = 8,9833 ft
 Panjang pipa masuk bak = 0,6096 m = 2 ft
 Taksiran panjang pipa lurus = 24,1066 ft

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

ID pipa = 0,3188 ft
 3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,3188 = 30,608 ft
 1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,3188 = 2,232 ft
 Panjang total pipa = panjang pipa lurus + elbow + valve
 = 24,1066 + 30,608 + 2,2318
 = 56,9465 ft



Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\ &= \frac{2 \times 0,005 \times \text{#####} \times 56,95}{32,1740 \times 0,3188} \\ &= 0,9036 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F2 &= \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} \\ &= \frac{0,4 \times 16,2771}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,1012 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap} = 0 \\ &= \frac{16,2771 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,2530 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90⁰

$$\begin{aligned} F4 &= 3 \times Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 8,1385 \\ &= 18,3117 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F5 &= Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 8,1385 \\ &= 1,3836 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 0,9036 + 0,1012 + 0,2530 + 18,312 + 1,3836 \\ &= 20,9530 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 2,289 \text{ m} = 7,5103 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 7,5103) \\ &= 2585,652 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ \Delta P &= 2585,652 - 2116,8 \\ &= 468,852 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{468,852 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}} \\ &= 7,5103 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi : } Z_1 = 7,5103 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 8,9833 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \times \frac{g}{g_c} &= 1,4730 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 1,4730 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} &= \frac{16,2771 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1} \\ &= 0,2530 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F \\ &= 7,5103 + 1,4730 + 0,2530 + 20,9530 \\ &= 30,1892 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

$$\text{sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan)} = 0,99997$$

$$\text{Rate volumetrik} = 144,6126 \text{ gpm}$$



$$\begin{aligned} H_p &= \frac{W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51}) \\ &= \frac{30,1892 \times 144,6126 \times 1,0000}{3960} \\ &= 1,1024 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi pompa} &= 65\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-37}) \\ \text{Bhp} &= \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{1,1024}{65\%} \\ &= 1,6960 \text{ Hp} \\ &\approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi motor} &= 82\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-38}) \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{2}{82\%} \\ &= 2,44 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke bak penampung air pendingin
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 32,8451 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 4,0345 ft/detik
Total Dynamic Head	: 30,1892 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	: 65%
Effisiensi Motor	: 82%
Power Motor	: 3 Hp
Bhp	: 2 Hp
Jumlah	: 1 Buah

12) Pompa Air Pendingin ke Plant

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air pendingin ke plant
Type	: Centrifugal Pump



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

Pehitungan :

$$\begin{aligned} \text{Suhu} &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate volumetrik} &= 32,8451 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1159,9144 \text{ cuft/jam} \\ &= 19,3319 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,3222 \text{ cuft/detik} \\ &= 144,6126 \text{ gpm} \\ \\ \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (Kern table 6 hal 808) didapat sg referenc = 1

Dari (Kern fig 14 hal 823) didapat μ referenc = 0,95 cp

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

$$\begin{aligned} &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

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

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

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,3222^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,0098 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 4 in sch 80 (Kern, T. 11 : 844)

$$\text{OD} = 4,500 \text{ in} = 0,375 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,826 \text{ in} = 0,319 \text{ ft} = 0,097 \text{ m}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$A = 11,5 \text{ in}^2 = 0,0799 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{A} \\ &= \frac{0,3222}{0,0799} \\ &= 4,0345 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{ID \ v \ \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,319 \times 4,0345 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 125797,3959 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,00047$
 $f = 0,005 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$
 $g_c = 32,1740 \text{ ft.lb}_m/\text{lb}_f.\text{detik}^2$

Digunakan persamaan Bernoulli

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

Perhitungan friksi berdasarkan (Peter 4ed, T. 1 : 484)

Taksiran panjang pipa lurus = 50 ft

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

(Peter 4ed : 484 - 485)

Panjang ekuivalen suction (Le)

$$\begin{aligned} \text{ID pipa} &= 0,3188 \text{ ft} \\ 3 \text{ Elbow } 90^\circ &= 3 \times 32 \times 0,3188 = 30,608 \text{ ft} \\ 1 \text{ Gate Valve} &= 1 \times 7 \times 0,3188 = 2,232 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= \text{panjang pipa lurus} + \text{elbow} + \text{valve} \\ &= 50,0000 + 30,608 + 2,2318 \\ &= 82,8398 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned} F1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\ &= \frac{2 \times 0,005 \times 16,277 \times 82,84}{32,1740 \times 0,3188} \\ &= 1,3145 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F2 &= \frac{Kc \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; \text{ A tangki } \gg \gg \text{ A pipa} \\ &= \frac{0,4 \times 16,2771}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,1012 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\ &= \frac{16,2771 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,2530 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F4 &= 3 \times Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 8,1385 \\ &= 18,3117 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F5 &= Kf \times \frac{v_1^2}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 8,1385 \\ &= 1,3836 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 1,3145 + 0,1012 + 0,2530 + 18,312 + 1,3836 \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$= 21,3638 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 2,289 \text{ m} = 7,5103 \text{ ft} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} + P \text{ hidrostatik} \\ &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 7,5103) \\ &= 2585,652 \text{ lb/ft}^2 \\ P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ \Delta P &= 2585,652 - 2116,8 \\ &= 468,852 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{468,852 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}} \\ &= 7,5103 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : } Z_1 &= 7,5103 \text{ ft} \\ Z_2 &= 8,9833 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \times \frac{g}{g_c} &= 1,4730 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 1,4730 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} &= \frac{16,2771 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1} \\ &= 0,2530 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \sum F \\ &= 7,5103 + 1,4730 + 0,2530 + 21,3638 \\ &= 30,6001 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\text{sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan)} = 0,99997$$

$$\text{Rate volumetrik} = 144,6126 \text{ gpm}$$

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51}) \\ &= \frac{30,6001 \times 144,6126 \times 1,0000}{3960} \end{aligned}$$



$$= 1,1174 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 65\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-37})$$

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{\text{Hp}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{1,1174}{65\%} \\ &= 1,7191 \text{ Hp} \\ &\approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 82\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-38})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{2}{82\%} \\ &= 2,44 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Air Pendingin ke Plant

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air pendingin ke plant
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 32,8451 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	: 4,0345 ft/detik
Total Dynamic Head	: 30,6001 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	: 65%
Effisiensi Motor	: 82%
Power Motor	: 3 Hp
Bhp	: 2 Hp
Jumlah	: 1 Buah

13) Pompa Cooling Tower

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari cooling tower ke bak penampung air pendingin

Type : Centrifugal Pump

Phitungan :

$$\text{Suhu} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas air } (\rho) &= 995,647 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Perry 7ed; T.2-28}) \\ &= 62,4280 \text{ lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 32,8451 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1159,9144 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

$$\begin{aligned} &= 19,3319 \text{ cuft/menit} \\ &= 0,3222 \text{ cuft/detik} \\ &= 144,6126 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,4280}{62,43} \\ &= 0,999968 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari (*Kern table 6 hal 808*) didapat sg referenc = 1

Dari (*Kern fig 14 hal 823*) didapat μ referenc = 0,95 cp

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

$$\begin{aligned} &= \frac{0,999968}{1,000} \times 0,950 \\ &= 0,9500 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

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

$$\text{Diameter optimu} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad (\text{Peters 4ed, Pers.15 : 496})$$

Dengan :

q_f = fluid flow rate ; cuft/det

ρ = density bahan ; lb/cuft

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,3222^{0,45} \times 62,4280^{0,13} \\ &= 4,0098 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 4 in sch 80 (*Kern, T. 11 : 844*)

$$\text{OD} = 4,500 \text{ in} = 0,375 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,826 \text{ in} = 0,319 \text{ ft} = 0,097 \text{ m}$$

$$\text{A} = 11,5 \text{ in}^2 = 0,0799 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{A}} \\ &= \frac{0,3222}{0,0799} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK
 “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
 Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$= 4,0345 \text{ ft/detik}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{ID \cdot v \cdot \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,319 \times 4,0345 \times 62,428}{0,00064} \\ &= 125797,3959 > 2100 \quad (\text{Asumsi benar}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$
 $\epsilon/D = 0,00047$
 $f = 0,005 \quad (\text{Geankoplis 3ed, Fi. 2.10-3 : 88})$
 $gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/lb}_f \cdot \text{detik}^2$

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 (*Peter 4ed, T. 1 : 484*)

Jarak CT ke bak air pendingin = 7 m = 22,9659 ft
 Tinggi bak air pendingin = 2,7381 m = 8,9833 ft
 Panjang pipa masuk bak = 0,6096 m = 2 ft
 Taksiran panjang pipa lurus = 33,9492 ft

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

(*Peter 4ed : 484 - 485*)

Panjang ekuivalen suction (Le)

ID pipa = 0,3188 ft
 3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,3188 = 30,608 ft
 1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,3188 = 2,232 ft
 Panjang total pipa = panjang pipa lurus + elbow + valve
 = 33,9492 + 30,608 + 2,2318
 = 66,7890 ft

Friksi yang terjadi :

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F1 &= \frac{2f \cdot v^2 \cdot Le}{gc \cdot D} \quad (\text{Peters 4ed, Tabel 1 : 484}) \\ &= \frac{2 \times 0,005 \times 16,277 \times 66,79}{32,1740 \times 0,3188} \\ &= 1,0598 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$



2. Friksi karena kontraksi dari sungai ke pipa

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times v^2}{2 \times \alpha \times g} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers. 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad ; \quad \text{untuk aliran turbulen} \\ k &= 0,4 \quad ; \quad A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}} \\ &= \frac{0,4 \times 16,2771}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,1012 \quad \text{ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friksi karena ekspansi dari pipa ke bak penampung

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{v^2}{2 \times \alpha \times g} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-15}) \\ &= \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha \times g} && A_1 \lll A_2, \text{ maka } V_1 \text{ dianggap } = 0 \\ &= \frac{16,2771^2 - 0,0000}{2 \times 1 \times 32,1740} \\ &= 0,2530 \quad \text{ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. Friksi karena 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} F_4 &= 3 \times K_f \times \frac{v_1^2}{2} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 8,1385 \\ &= 18,3117 \quad \text{ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Friksi karena gate valve

$$\begin{aligned} F_5 &= K_f \times \frac{v_1^2}{2} && (\text{Geankoplis 3ed, Pers 2.10-17}) \\ &= 0,17 \times 8,1385 \\ &= 1,3836 \quad \text{ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

ΣF (Total friksi)

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 1,0598 + 0,1012 + 0,2530 + 18,312 + 1,3836 \\ &= 21,1092 \quad \text{ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ \text{Tinggi bahan, H} &= 2,190 \text{ m} = 7,1866 \text{ ft} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} + P_{\text{hidrostatik}} \end{aligned}$$



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned} &= 1 \text{ atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ &= 2116,8 + (62,4280 \times 1 \times 7,1866) \\ &= 2565,447 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\ \Delta P &= 2565,447 - 2116,8 \\ &= 448,6466 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{448,6466 \text{ lb}_f/\text{ft}^2}{62,4280 \text{ lb}_m/\text{ft}} \\ &= 7,1866 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : } Z_1 &= 7,1866 \text{ ft} \\ Z_2 &= 8,9833 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \times \frac{g}{g_c} &= 1,7967 \text{ ft} \times 1 \text{ lb}_f/\text{lb}_m \\ &= 1,7967 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V^2}{2 \times g_c \times \alpha} &= \frac{16,2771 - 0}{2 \times 32,1740 \times 1} \\ &= 0,2530 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{lb}_m \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \sum F \\ &= 7,1866 + 1,7967 + 0,2530 + 21,1092 \\ &= 30,3454 \frac{\text{ft lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

$$\text{sg campuran (Perry : berdasarkan sg bahan)} = 0,99997$$

$$\text{Rate volumetrik} = 144,6126 \text{ gpm}$$

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate (gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry 7ed, Pers. 10-51}) \\ &= \frac{30,3454 \times 144,6126 \times 1,0000}{3960} \\ &= 1,1081 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 65\% \quad (\text{Peters 4ed, Fig. 14-37})$$

$$\text{Bhp} = \frac{H_p}{\eta \text{ pompa}}$$



$$\begin{aligned} &= \frac{1,1081}{65\%} \\ &= 1,7048 \text{ Hp} \\ &\approx 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi motor} &= 82\% && (\text{Peters 4ed, Fig. 14-38}) \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. Motor}} \\ &= \frac{2}{82\%} \\ &= 2,44 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Cooling Tower

Fungsi	:	Mengalirkan air pendingin dari cooling tower ke bak penampung air pendingin
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	32,8451 m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	4,0345 ft/detik
Total Dynamic Head	:	30,3454 ft.lbf/lbm
Effisiensi Pompa	:	65%
Effisiensi Motor	:	82%
Power Motor	:	3 Hp
Bhp	:	2 Hp
Jumlah	:	1 Buah

VII.3 Unit Penyediaan Listrik

Tenaga listrik yang dibutuhkan pabrik ini dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Generator Set (Genset), distribusi pemakaian listrik untuk kebutuhan pabrik adalah :

- 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



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Tabel VII.7 Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses

No	Nama Alat Peralatan Proses	Kode Alat	Power (Hp)
1	Screw Conveyor - 1	J-111	2
2	Bucket Elevator - 1	J-112	2
3	Pompa - 1	L-121	3
4	Reaktor	R-210	61
5	Pompa - 2	L-211	2
6	Rotary Drum Vacuum Filter	H-310	11
7	Pompa - 3	L-311	4
8	Crystallizer	S-320	11
9	Centrifuge	H-330	6
10	Screw Conveyor - 2	J-331	3
11	Pompa - 4	L-332	2
12	Rotary Dryer	B-340	6
13	Blower	G-341	60
14	Cooling Screw Conveyor	J-345	3
15	Bucket Elevator - 2	J-346	2
16	Ball mill	C-350	56
17	Screw Conveyor - 3	J-351	3
18	Bucket Elevator - 3	J-352	2
Total			239

Tabel VII.8 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

No	Nama Alat Peralatan Utilitas	Power (Hp)
1	Boiler	102
2	Cooling Tower	3
3	Tangki Koagulasi	1
4	Tangki Flokulasi	1
5	Pompa Air Sungai	7
6	Pompa ke Tangki Koagulasi	5
7	Pompa ke Tangki Flokulasi	3
8	Pompa ke Clarifier	3
9	Pompa ke Sand Filter	4
10	Pompa ke Bak Penampung Air Sanitasi	2
11	Pompa ke Kation Exchanger	2
12	Pompa ke Bak Penampung Air Pendingin	3
13	Pompa Air Pendingin ke Plant	3
14	Pompa ke Anion Exchanger	2
15	Pompa Air Umpan Boiler	2



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

16	Pompa Air Proses	2
17	Pompa Cooling Tower	3
Total		148

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik} &= 239 + 148 \\ &= 387 \text{ hp} \\ &= 288,9533 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk tiap-tiap lokasi. Dengan menggunakan perbandingan beban listrik lumen / m²,

Dimana,

$$\begin{aligned}1 \text{ foot candle} &= 10076 \text{ lumen / m}^2 \\ 1 \text{ lumen} &= 0,0015 \text{ watt}\end{aligned}$$

Tabel VII.9 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

No	Lokasi	Luas (m ²)	Foot Candke	Lumen / m ²
1	Pos Keamanan	75	7,5	75570
2	Taman	300	30	302280
3	Parkir	400	40	403040
4	Pemadam Kebakaran	100	10	100760
5	Kantor	1200	120	1209120
6	Timbangan Truk	100	10	100760
7	Bengkel	400	40	403040
8	Perpustakaan	225	22,5	226710
9	Kantin	225	22,5	226710
10	Poliklinik	100	10	100760
11	Musholla	300	30	302280
12	Laboratorium	600	60	604560
13	Unit K3	225	22,5	226710
14	Ruang Kontrol	225	22,5	226710
15	Storage Bahan Baku	600	60	604560
16	Storage Produk	200	20	201520
17	Ruang Proses	4367	436,7	4399825
18	Unit Pengolahan Air	600	60	604560
19	Unit Utilitas	1728	172,8	1741461
20	Unit Pembangkit Listrik	900	90	906840
21	Unit Boiler	300	30	302280
22	Gudang	600	60	604560
23	Jalan Aspal	3500	350	3526600



PRA RENCANA PABRIK
"Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi"

24	Daerah Perluasan	3200	320	3224320
Total		20470	2047	20625536,82

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, gudang, jalan, dan taman, digunakan :

merkuri = 250 watt. Untuk lampu merkuri 250 watt
mempunyai Lumen output = 166666,7 lumen

Tabel VII.10 Jumlah Lampu Merkuri

No	Lokasi	Lumen/m ²
1	Ruang Proses	4399825
2	Daerah Perluasan	3224320
3	Unit Utilitas	1741461
4	Storage Bahan Baku	604560
5	Storage Produk	201520
6	Parkiran	403040
7	Bengkel	403040
8	Gudang	604560
9	Jalan Aspal	3526600
10	Taman	302280
Total		15411207

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu merkuri yang dibutuhkan} &= \frac{15411207}{166666,6667} \\ &= 92 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk penerangan daerah lain, digunakan lampu TL dengan daya 40 watt, yang mempunyai lumen output sebesar 26666,66667 lumen

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu TL yang dibutuhkan} &= \frac{20625537 - 15411207}{26666,66667} \\ &= 195,5374 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik penerangan} &= (92 \times 250) + (195,54 \times 40) \\ &= 30938,3052 \text{ watt} \\ &= 30,9383 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk AC Kantor = 20 kWh

Supply PLN hanya untuk penerangan dan AC, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Supply PLN} &= 30,9383 + 20 \\ &= 50,9383 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20% dari total kebutuhan, maka :



$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik} &= (100\% + 20\%) \times 50,9383 \\ &= 61,1260 \text{ kWh}\end{aligned}$$

VII.3.1 Generator Set

Direncanakan menggunakan : Generator Portable Set, karena penempatannya mudah

Effisiensi generator set : 80%

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20% dari total kebutuhan, maka :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik} &= (100\% + 20\%) \times 288,9533 \\ &= 346,744 \text{ kWh}\end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas generator set total} = \frac{61,1260}{80\%}$$

$$= 76,4075 \text{ kWh}$$

$$\text{Tenaga Generator} = 76,4075 \times \frac{56,87}{1} \text{ Btu/menit kWh}$$

$$= 4345,292 \text{ Btu/menit}$$

$$\text{Heating Value Minyak Bakar} = 19065,69 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \frac{4345,292}{19065,694} \text{ Btu/menit}$$

$$\text{untuk generator} \quad \text{19065,694 Btu/lb}$$

$$= 0,2279 \text{ lb/menit}$$

$$= 6,2027 \text{ kg/jam}$$

Jadi dalam perencanaan ini, harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik yang dapat menghasilkan daya listrik yang sesuai.

Dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar = 6,2027 kg/jam.

$$\text{Berat jenis bahan bakar} = 870 \text{ kg/m}^3 = 0,87 \text{ kg/L}$$

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \frac{6,2027}{0,87}$$

$$= 7,1296 \text{ L/jam}$$

$$= 171,1100 \text{ L/hari}$$

Spesifikasi Generator Set :

Fungsi : Pembangkit Tenaga Listrik

Kapasitas : 76,4075 kWh

Power faktor : 80%

Frekuensi : 50 hz

Bahan bakar : Solar / Diesel Oil

Jumlah bahan bakar : 171,1100 L/hari

Jumlah : 2 buah (1 cadangan)



VII.4 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar

VII.4.1 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar

Fungsi	: Menyimpan bahan bakar solar untuk kebutuhan generator dan boiler
Bentuk	: Tangki silinder vertikal dengan tutup atas torispherical dan tutup bawah flat
Kondisi operasi	: Tekanan : 1 atm = 14,7 psi Suhu : 30 °C Waktu tinggal : 7 hari
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C $f = 12650$ psi (Brownell, Tab.13.1)
Tipe sambungan	: Double welded butt joint $e = 80\%$ (Brownell table. 13.2, hal. 254)
Faktor Korosi	: 1/8 sd 1/16 in Dipilih = 1/8 = 0,125 in
Kebutuhan bahan bakar untuk boiler	: 190,5929 lb/jam
Kebutuhan bahan bakar untuk generat	: 13,67469 lb/jam +
Total kebutuhan bahan bakar	: 204,2676 lb/jam

Densitas bahan baka = 54,31 lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \frac{\text{Total kebutuhan bahan baku}}{\text{Densitas bahan baku}} \\ &= \frac{204,2676}{54,3100} \\ &= 3,7611 \text{ cuft/jam} \\ &= 0,1065 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 7 hari dengan 1 buah tangki, sehingga total volume bahan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Volume Bahan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik} \times \text{Waktu Tinggal}}{\text{Jumlah Tangki}} \\ &= \frac{3,7611 \frac{\text{cuft}}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 7 \text{ hari}}{1 \text{ tangki}} \\ &= 631,8717 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Asumsi, volume bahan mengisi sebesar 80% dari volume tangki, maka

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{Volume bahan}}{80\%} \\ &= \frac{631,8717}{80\%} \\ &= 789,8397 \text{ cuft} \end{aligned}$$

**Menentukan Dimensi Tangki Bahan Bakar**Asumsi dimensi ratio : $H/D = 2$ (Ulrich, T. 4-27 : 248)

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

Volume tutup atas = $0,000049 D^3$ (Brownell, pers. 5-11, hal 88)

Volume tangki = Volume Silinder + Volume Tutup atas

$$789,8397 = \frac{\pi D^2 H}{4} + 0,000049 D^3$$

$$789,8397 = 1,57 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$789,8397 = 1,570049 D^3$$

$$D^3 = 503 \text{ ft}^3$$

$$D = 7,9532 \text{ ft} = 95,438 \text{ in} = 2,4241 \text{ m}$$

$$H = 15,906 \text{ ft} = 190,88 \text{ in} = 4,8483 \text{ m}$$

Volume Bahan = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H_{\text{Bahan}}$

$$631,8717 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 7,9532^2 \times H_{\text{Bahan}}$$

$$631,8717 = 49,65 H_{\text{Bahan}}$$

$$H_{\text{Bahan}} = 12,726 \text{ ft} = 152,71 \text{ in} = 3,8787 \text{ m}$$

Menentukan Tekanan Design

Jika didalam bejana terdapat liquid , maka :

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{Hidrostatik}} &= \rho \times g/gc \times H_{\text{liquid}} \\ &= 54,31 \times \frac{32,17}{32,17} \times 12,7255 \\ &= 691,1228 \text{ lbf/ft}^2 \\ &= 4,7995 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{gauge}} + P_{\text{Hidrostatik}}$$

$$= P_i - P_o + P_{\text{Hidrostatik}}$$

$$= 0 + 4,7995$$

$$= 4,7995 \text{ psi}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan

$$P_{\text{design}} = 110\% \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 110\% \times 4,7995 \text{ psi}$$

$$= 5,2794 \text{ psi}$$



Menentukan Tebal Dinding Tangki (ts)

Penentuan tebal shell berdasarkan ASMEcode untuk cylindrical tank dengan persamaan sebagai berikut :

Untuk kode ASME Bejana Silinder

$$t_s = \frac{P \times r_i}{f e - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell, table 13.1, hal 254})$$

$$t_s = \frac{5,2794 \times 47,7192}{12650 \times 80\% - 0,6 \times 5,2794} + 1/8$$

$$t_s = 0,1499 \text{ in}$$

Maka, digunakan tebal shell = 3/16 in

Menentukan Dimensi Tutup

Dipilih tutup atas berbentuk torispherical

$$r_i/icr = 6\% \quad r_c$$

$$h = 0,169 \quad d$$

$$OD = D + 2 \quad t_s$$

$$= 95,4384 + 3/8$$

$$= 95,8134 \text{ in}$$

Berdasarkan Brownell, table 5.7, hal 90

$$icr = 5 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$r = 90 \text{ in} = 5,4 \text{ in}$$

Karena $icr > 6\% \quad r_c$ maka menggunakan rumus 7.77 Brownell and Young

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{5,4}{5,5}} \right)$$

$$= 0,9977$$

$$t_h = \frac{P \times r \times W}{2 F e - 0,2 P} + C \quad (\text{Brownell, Pers. 7.77, Hal. 138})$$

$$= \frac{5,2794 \times 5,4 \times 0,9977}{2 \times 12650 \times 80\% - 0,2 \times 5,2794} + 1/8$$

$$= 0,1264 \text{ in} = 3/16 \text{ in}$$

Maka, digunakan tebal tutup atas = 3/16 in

Berdasarkan Brownell, table 5.8, hal 93

$$sf = 1 \frac{1}{2} - 4 \frac{1}{2}$$

$$= 4 \frac{1}{2} \text{ in} = 4,5 \text{ in}$$

$$h = r_c - \sqrt{r_c^2 - \frac{D^2}{4}} \quad (\text{Hesse, hal 92})$$

$$= 13,692 \text{ in}$$

$$= 1,1410 \text{ ft}$$

$$= 0,3478 \text{ m}$$



Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar :

Fungsi	: Menyimpan bahan bakar solar untuk kebutuhan boiler dan generator set
Type	: Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas torispherical dan tutup bawah flat
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm = 14,7 psi Suhu = 30 °C = 86 °F
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Volume Tangki	: 22,3658 m ³ 5908,41059 gal
Diameter Tangki	: 7,9532 ft
Tinggi Tangki	: 15,9064 ft
Tebal Shel	: 3/16 in
Diameter Tutup	: 7,98 ft
Tinggi Tutup	: 1,1410 ft
Tebal Tutup	: 3/16 in
icr	: 5 1/2 in
r	: 5,4 in
sf	: 4 1/2 in
Tutup Bawah	: Flat
Jumlah	: 1 Buah



BAB VIII

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

VIII.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Orientasi perusahaan dalam menentukan lokasi pabrik pada prinsipnya ditentukan berdasarkan pertimbangan letak geografis, teknis, ekonomis dan lingkungan. Pembangunan pabrik aspirin pada dasarnya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam dan luar negeri. Daerah operasi ditentukan oleh faktor utama dan faktor khusus, sedangkan lokasi pabrik yang dipilih harus mempertimbangkan faktor - faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik tersebut. Pabrik Aspirin ini direncanakan akan dibangun di Kawasan industri KIEC (Krakatau Industrial Estate Cilegon) Cilegon, Banten, Jawa barat.



Gambar VIII. 1 Peta Lokasi Pabrik Aspirin

VIII.1.1 Faktor Utama

Beberapa faktor utama dalam pemilihan Lokasi pabrik, diantaranya :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan lokasi pabrik. Pabrik harus didirikan pada daerah yang mana bahan baku yang digunakan mudah untuk diperoleh. Dimana bahan baku asam salisilat diperoleh dari Zhenjiang Gaopeng Pharmaceutical Co., Ltd yang berlokasi di Zhenjiang, Juangsu, China dengan kapasitas pabrik sebesar 70.000 ton/tahun dan



PRA RENCANA PABRIK “Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

asetat anhidrat diperoleh dari PT. Merck Indonesia Tbk yang berlokasi di Jakarta Timur dengan kapasitas pabrik sebesar 40.000 ton/tahun.

2. Pemasaran Produk dan Transportasi

Pemasaran produk juga dapat dilakukan dengan mudah karena letak industri berada dikawasan akses transportasi yang sudah terjangkau. Selain itu adanya akses pelabuhan dan jalan raya akan mempermudah ekspor ke negara lain maupun pemasaran ke seluruh Indonesia. Pabrik yang akan dibangun memiliki jarak yang relatif dekat dengan akses darat maupun laut. Komunikasi juga merupakan faktor yang penting untuk kemajuan suatu industri. Didaerah Banten khususnya daerah pusat Kawasan industri Cilegon, dapat dipastikan komunikasi didapatkan dengan mudah.

3. Utilitas

Penyediaan utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik disuplay dari PT. PLN (Persero) yang sudah terintegrasi dalam Kawasan KIEC (Krakatau Industrial Estate Cilegon Tbk) di kecamatan Ciwandan, Cilegon. Kemudian kebutuhan bahan bakar Fuel Oil diperoleh dari PT. Pertamina (Persero). Ketersediaan air sebagai air bahan baku maupun air proses telah tercukupi dari sumber – sumber air yang ada disekitar Kawasan Industri KIEC Cilegon, Banten. Adanya Sungai Cidanau membuat kebutuhan air untuk pabrik sangat tercukupi.

4. Letak geografis dan Iklim

Berdasarkan BPS Kota Cilegon (2024) dinyatakan bahwa Kota Cilegon, terletak diantara koordinat 5°52'24”– 6°04'07” Lintang Selatan dan 105°54'05” – 106°05'11” Bujur Timur. Berdasarkan BPBD Kota Cilegon (2023), bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar. Berdasarkan BMKG (2023) keadaan iklim di Kota Cilegon yaitu suhu rata-rata 22 °C-33 °C, Curah hujan tahunan di wilayah Kota Cilegon berada pada angka 1800 – 2100 mm per tahun, tingkat kelembapan berkisar antara 77%–85%. Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Oleh



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

karena itu, pabrik aspirin yang akan didirikan di Kawasan Industri KIEC Cilegon harus memperhatikan data geografis dan iklim Kota Cilegon.

VIII.1.2 Faktor Khusus

Beberapa faktor khusus dalam pemilihan lokasi pabrik, diantaranya :

1. Transportasi

Salah satu faktor khusus yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah transportasi, baik transportasi untuk bahan baku maupun untuk produk. Di kawasan KIEC ini, transportasi tidak akan mengalami kesulitan karena tersedianya sarana perhubungan yang baik. Cilegon memiliki sarana dan prasarana baik. Sarana transportasi, kedekatan dengan Pelabuhan dalam Kawasan Industri KIEC, serta adanya tol sebagai transportasi darat yang berada di Banten sehingga memudahkan untuk melakukan hubungan kedaerah yang lainnya. Dengan adanya jalur transportasi ini, maka pengangkutan bahan baku dan produk diharapkan tidak memiliki hambatan.

2. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah. Tenaga kerja juga merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi. Untuk tenaga kerja yang berkualitas dan berpotensi dipenuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia maupun tenaga asing, sedangkan untuk tenaga operator ke bawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar.

3. Peraturan Pemerintah dan Peraturan Daerah

Kawasan Industri dimuat dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2009, dimana Kementerian Perindustrian menyatakan bahwa daerah Ciwandan, Cilegon, Banten yang merupakan lokasi pabrik ini merupakan daerah kawasan industri. Kawasan Industri KIEC resmi ditetapkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Banten melalui Peraturan Daerah Provinsi Banten Nomor 5 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Industri Provinsi



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Banten, Dimana pada peraturan tersebut disebutkan bahwa salah satu Kawasan industri yang berjalan dan sedang dikembangkan adalah Krakatau Industrial Estate yang berada di Kota Cilegon.

4. Buangan Pabrik

Kawasan Industri Krakatau Cilegon memiliki kontur tanah yang datar mencakup kawasan Industri I dengan luas 550 hektar dan kawasan Industri II dengan luas 75 hektar. Didesain dan dikembangkan dengan berdasarkan peraturan dari Master Plan Pengembangan Daerah Industri di Banten. Kawasan KIEC memiliki kondisi tanah yang sesuai untuk bangunan ataupun pabrik. Krakatau Industrial Estate Cilegon dilengkapi dengan infrastruktur dan pelayanan pendukung satu pintu untuk melayani kebutuhan bisnis dan industri seperti utilitas yang bisa diandalkan, produk kawasan industri dan layanan logistik.

5. Lingkungan Sekitar Pabrik

Lingkungan yang jauh dari pemukiman penduduk merupakan lokasi yang tepat untuk pendirian suatu pabrik sehingga tidak akan mengganggu kegiatan masyarakat. Keadaan masyarakat disekitar lokasi akan mempengaruhi pendirian suatu pabrik yakni usaha-usaha dari masyarakat seperti toko, warung makan, ataupun tempat kos sehingga dengan adanya pabrik akan menambah pendapatan masyarakat disekitar lokasi. Berdasarkan pengamatan, disekitar lokasi pabrik telah terdapat fasilitas-fasilitas yang dapat memenuhi kebutuhan karyawan seperti sarana pendidikan juga sarana ibadah.

VIII.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan pengaturan yang bersifat optimum dari segi hal bangunan maupun peralatan proses didalam suatu pabrik. Tata letak pabrik merupakan faktor-faktor yang sangat penting untuk memperoleh efisiensi kerja, keselamatan kerja, kelancaran kerja para karyawan dan juga untuk kelancaran semua proses. Adapun tata letak pabrik dibagi beberapa daerah utama antara lain :



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

A. Daerah Bangunan

1. Perkantoran
2. Pergudangan
3. Laboratorium
4. Kantin poliklinik, mushola, parkir kendaraan dan bengkel

B. Daerah Proses

1. Peralatan proses
2. Utilitas dan pengolahan air
3. Bahan bakar
4. Tangki penyimpanan

Untuk mencapai hal-hal diatas, perlu dipertimbangkan beberapa faktor yaitu :

- a. Setiap peralatan cukup luas untuk bekerja dengan pemeliharaan, kontrol dan tidak menghalangi lalu lintas pekerja.
- b. Alat yang fungsinya sama diletakkan dalam satu kelompok.
- c. Bahan yang mudah terbakar dan berbahaya disimpan di tempat yang jauh dari unit interaksi dan keamanan juga diberikan oleh unit pemadam kebakaran.
- d. Setiap peralatan diatur berdasarkan pemanfaatannya sehingga tidak menyulitkan aliran proses.
- e. Alat kontrol ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- f. Sistem perpipaan yang merupakan salah satu bagian paling penting yang mempengaruhi operasi pabrik, diletakkan pada posisi yang tepat sehingga memudahkan aktivitas kerja (misalnya pemeliharaan, pengosongan).
- g. Bangunan pabrik diusahakan memenuhi standart bangunan misalnya ventilasi yang cukup, jarak yang cukup antara bangunan yang satu dengan yang lain.
- h. Persediaan tanah untuk perluasan pabrik.

Setelah memperhatikan faktor – faktor diatas, maka disediakan tanah seluas 21.200 m². Pembagian luas pabrik diperkirakan sebagai berikut :



PRA RENCANA PABRIK

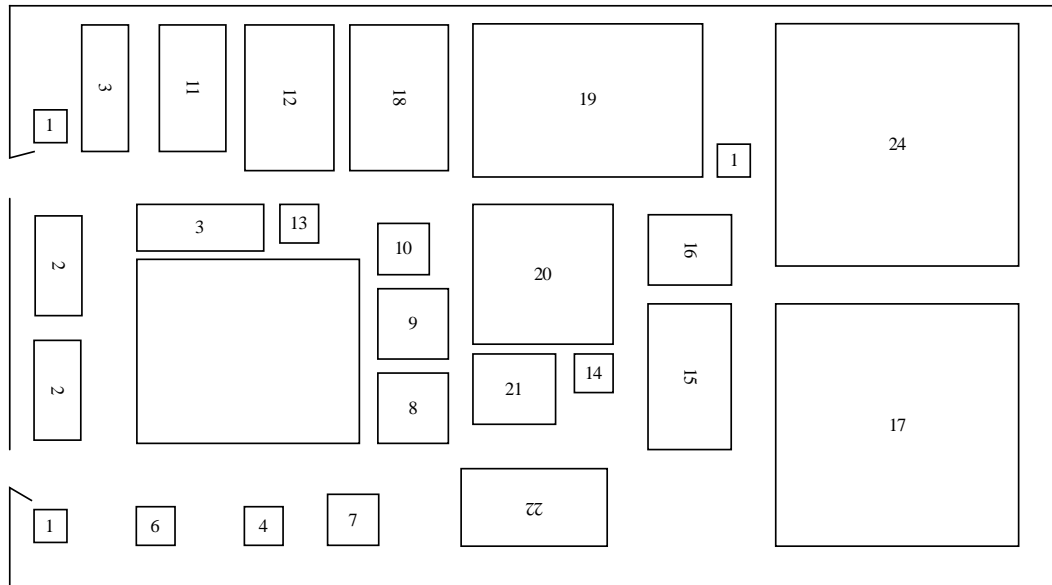
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Tabel VIII.1 Pembagian Luas Pabrik

No	Bangunan	Ukuran		Luas (m ²)	Jumlah	Total Luas (m ²)
		P	L			
1	Pos Keamanan	5	5	25	3	75
2	Taman	15	10	150	2	300
3	Parkir	20	10	200	2	400
4	Pemadam Kebakaran	10	10	100	1	100
5	Kantor	40	30	1200	1	1200
6	Timbangan Truk	10	10	100	1	100
7	Bengkel	20	20	400	1	400
8	Perpustakaan	15	15	225	1	225
9	Kantin	15	15	225	1	225
10	Poliklinik	10	10	100	1	100
11	Musholla	20	15	300	1	300
12	Laboratorium	30	20	600	1	600
13	Unit K3	15	15	225	1	225
14	Ruang Kontrol	15	15	225	1	225
15	Storage Bahan Baku	30	20	600	1	600
16	Storage Produk	20	10	200	1	200
17	Ruang Proses	77	49	3767	1	3767
18	Unit Pengolahan Air	30	20	600	1	600
19	Unit Utilitas	67	24	1628	1	1628
20	Unit Pembangkit Listrik	30	30	900	1	900
21	Unit Boiler	20	15	300	1	300
22	Gudang	30	20	600	1	600
23	Jalan Aspal			3500		3500
24	Tanah Ekspansi	80	40	3200	1	3200
Total Luas Lahan						19769



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”



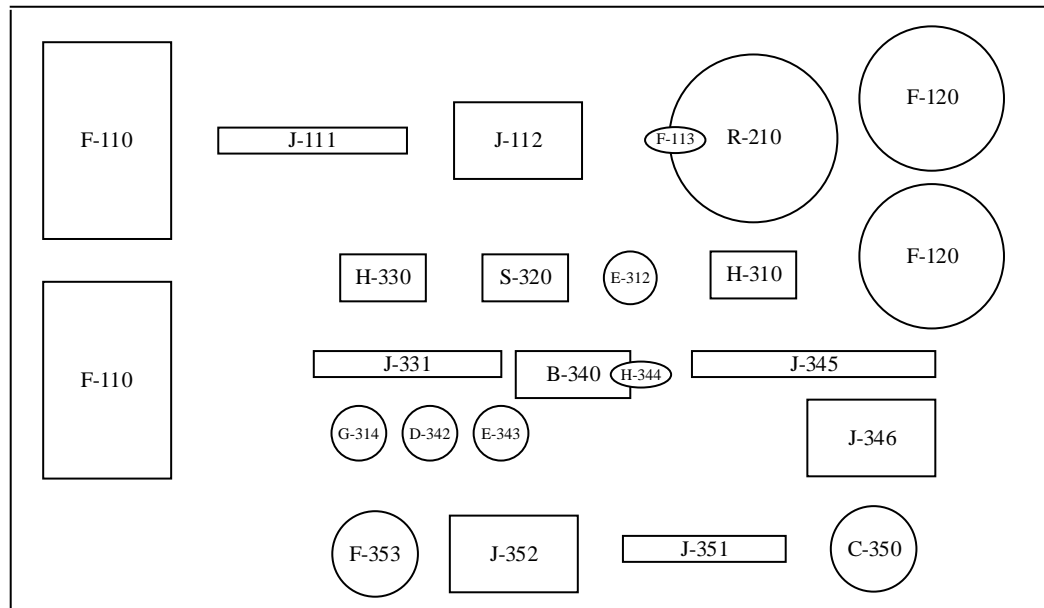
Gambar VIII.2 Layout Pabrik Keseluruhan

Keterangan :

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Pos Keamanan | 13. Unit K3 |
| 2. Taman | 14. Ruang Kontrol |
| 3. Parkir | 15. Storage Bahan Baku |
| 4. Pemadam Kebakaran | 16. Storage Produk |
| 5. Kantor | 17. Ruang Proses |
| 6. Timbangan Truk | 18. Unit Pengolahan Air |
| 7. Bengkel | 19. Unit Utilitas |
| 8. Perpustakaan | 20. Unit Pembangkit Listrik |
| 9. Kantin | 21. Unit Boiler |
| 10. Poliklinik | 22. Gudang |
| 11. Musholla | 23. Jalan Aspal |
| 12. Laboratorium | 24. Tanah Ekspansi |



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”



Gambar VIII.3 Layout Peralatan Unit Proses

Keterangan :

F-110 : Gudang Asam Salisilat

F-120 : Tangki Asetat Anhidrat

R-210 : Reaktor

H-310 : Rotary Drum Vacuum Filter

S-320 : Crystallizer

H-330 : Centrifuge

B-340 : Rotary Dryer

C-350 : Ball Mill

F-353 : Silo Produk Aspirin



BAB IX

STRUKTUR ORGANISASI

IX.1 Umum

Pabrik Aspirin yang akan didirikan ini, direncanakan sebagai berikut :

1. Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
2. Letak : Kawasan Industri KIEC Cilegon, Banten, Jawa Barat
3. Lapangan Usaha : Industri Asam Asetilsalisilat (Aspirin)
4. Kapasitas Produksi : 50.000 ton/tahun

IX.2 Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan dari pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah :

1. Mudah mendapatkan modal, selain modal dari Bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.
2. Kekayaan Perseroan terpisah dari kekayaan setiap pemegang saham
3. Demi kelancaran produksi, maka tanggung jawab setiap pemegang saham dipegang oleh pimpinan perusahaan.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

IX.3 Struktur Organisasi

Bentuk Organisasi : Garis dan Staff

Bentuk Organisasi ini mempunyai keuntungan antara lain :

1. Ada pembagian yang jelas antara pimpinan, staf dan pelaksana.
2. Bakat-bakat yang berbeda dari para karyawan dapat dikembangkan menjadi suatu spesialisasi.
3. Sistem penempatan “The Right Man in The Right Place” lebih mudah dilaksanakan.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

4. Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat walaupun banyak orang yang diajak berunding karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat.
5. 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.
6. Koordinasi dapat pula dengan mudah dikerjakan karena sudah ada pembagian tugas masing-masing.
7. 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 :

- a. Memilih dan memberhentikan komisaris
- b. 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:

- a. Memilih dan memberhentikan Direktur.
 - b. Mengawasi Direktur.
 - c. Menyetujui atau menolak rencana kerja yang diajukan Direktur.
-



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

- d. Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham.

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan membawahi:

- a. Direktur Teknik dan Produksi
- b. Direktur Keuangan

Tugas dan Wewenang:

- a. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris.
- b. Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib perusahaan.
- c. Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan pegawai.
- e. Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan.

4. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal:

- a. Pengawasan dan peningkatan mutu produksi.
- b. Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.
- c. Pengawasan peralatan pabrik.
- d. Perbaikan pemeliharaan alat-alat produksi.

5. Direktur Keuangan dan Administrasi

Direktur Keuangan dan Administrasi bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal:

- a. Laba rugi perusahaan.
- b. Neraca keuangan.
- c. Administrasi perusahaan.
- d. Perencanaan pemasaran dan penjualan.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

6. Sekretaris Direktur

Sekretaris adalah fungsi pekerjaan dalam suatu perusahaan ataupun organisasi yang bertugas membantu pimpinan untuk menyelesaikan pekerjaannya dalam menjalankan roda perusahaan ataupun organisasi.

Tugas sekretaris berdasarkan ruang lingkup tugas sekretaris yaitu:

A. Tugas - tugas Rutin

Yaitu tugas-tugas yang dikerjakan setiap hari tanpa perintah. Tugas ini meliputi:

- 1) Membuka surat.
- 2) Menerima dikte.
- 3) Menerima tamu.
- 4) Menerima telepon.
- 5) Menyimpan arsip/surat.
- 6) Menyusun dan membuat jadwal kegiatan pimpinan.

B. Tugas - tugas Khusus

Yaitu tugas yang diperintahkan langsung oleh pimpinan kepada sekretaris dengan penyelesaiannya secara khusus. Tugas ini diberikan karena adanya unsur kepercayaan bahwa tugas sekretaris mampu menyimpan rahasia perusahaan. Tugas ini meliputi:

- 1) Mengonsep surat perjanjian kerjasama dengan relasi/instansi luar.
- 2) Menyusun surat rahasia (confidential).
- 3) Menyusun acara pertemuan bisnis.
- 4) Pembelian kado atau cinderamata.
- 5) Dan lain-lain.

C. Tugas - tugas Istimewa

Yaitu tugas yang menyangkut keperluan pimpinan, antara lain:

- 1) Membetulkan letak atau posisi alat tulis pimpinan serta perlengkapan yang diperlukan.
- 2) Sebagai penghubung untuk meneruskan informasi kepada relasi.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

- 3) Mewakili seseorang menerima sumbangan untuk dana atau keperluan kegiatan lainnya.
- 4) Mengingatkan pimpinan membayar iuran atau asuransi dari suatu badan atau instansi.
- 5) Memeriksa hasil pengumpulan dana atau uang muka dari instansi yang diberikan sebagai dana kesejahteraan.
- 6) Menghadiri rapat-rapat dinas, sebagai pendamping pimpinan selama mengadakan pertemuan bisnis.
- 7) Mengadakan pemeriksaan peralatan kantor, mana yang perlu diperbaiki dan mana yang tidak perlu diperbaiki atau penambahan alat-alat dan sarana kantor.

D. Tugas - tugas Keuangan

Biasanya sekretaris mengurus keuangan yang dinamakan petty cash (uang cadangan/kas kecil). Tugas keuangan ini antara lain:

- 1) Menangani urusan keuangan pimpinan di Bank, misalnya: penyampaian penyimpanan uang di Bank, penarikan cek, pengambilan uang dari Bank.
- 2) Membayar rekening, pajak, sumbangan dana atas nama pimpinan.
- 3) Menyimpan catatan pengeluaran sehari-hari untuk pimpinan dan penyediaan dana untuk keperluan sehari-hari.

7. Staff 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:

- a. Ahli Teknik
- b. Ahli Proses
- c. Ahli Ekonomi
- d. Ahli Hukum



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

8. Kepala Bagian

Kepala Bagian terdiri dari:

- a. Kepala Bagian Teknik
- b. Kepala Bagian Produksi
- c. Kepala Bagian Umum
- d. Kepala Bagian Pemasaran
- e. Kepala Bagian Keuangan

Tugas umum Kepala Bagian adalah:

- a. Menjalankan organisasi / mengatur / mengkoordinasi atau mengawasi pekerja-pekerja seksi bawahannya.
- b. Bertanggung jawab atas kerja seksi-seksi dibawahnya.
- c. Membuat laporan-laporan berkala dari seksi-seksi dibawahnya.
- d. Mengajukan saran-saran atau pertimbangan-pertimbangan mengenai usaha perbaikan kepala seksi.

Tugas khusus Kepala Bagian:

- a. Kepala Bagian Teknik
Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi di segala bidang produksi pemeliharaan, perbaikan, penampungan bahan baku (utilitas).
- b. 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.
- c. Kepala Bagian Umum
Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.
- d. Kepala Bagian Pemasaran
Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

e. Kepala Bagian Keuangan

Merencanakan, menyelenggarakan dan mengevaluasi hasil operasi keuangan.

f. Kepala Bagian Personalia

Mengadakan proses rekrutmen dan memastikan setiap individu karyawan memiliki kemampuan sesuai yang dibutuhkan Perusahaan, mengelola system absensi dan gaji karyawan.

9. Kepala Seksi

Tugas Umum Kepala Seksi:

- Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing.
- Merencanakan rencana yang telah ditetapkan direksi.
- Bertanggung jawab atas kelancaran/keserasian kerja atau personalia dari seksi-seksi Kepala bagian.

Tugas Khusus Kepala Seksi:

a. Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan

Menjamin keadaan peralatan/mesin yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisien dan efektif.

b. Seksi Utilitas dan Pembangkit Tenaga

Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi: air, listrik, steam dan bahan bakar.

c. 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.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

d. 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.

e. Seksi Personalia dan Kesejahteraan

Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.

f. Seksi Keamanan

Melaksanakan dan mengatur hal-hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.

g. Seksi Administrasi

Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.

h. Seksi Pemasaran dan Penjualan

Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Disini Direktur Utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.

i. Seksi Gudang

Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku / bahan pembantu dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan dan penerimaan serta pengiriman produksi ke konsumen.

j. Seksi Anggaran

Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendaya gunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.

k. Seksi Purchasing

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.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

IX.5 Kebutuhan Tenaga Kerja

IX.5.1 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:

1. Untuk pekerja non shift

Bekerja dalam 5 hari dalam seminggu, sedang hari Minggu dan hari besar libur. Pembagian jam kerja karyawan non-shift sebagai berikut:

a. Senin sampai Jum'at : 08.00 – 17.00

2. Untuk pekerja shift

Sehari bekerja dalam 24 jam terbagi dalam 3 shift, yaitu:

a. Shift I (pagi) : 07.00 – 15.00

b. Shift II (siang) : 15.00 – 23.00

c. 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 Regu Pegawai

Regu	Hari ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	P	P	P	L	P	P	P	L	P	P	P	L	P	P
II	S	S	L	P	S	S	L	P	S	S	L	P	S	S
III	M	L	S	S	M	L	S	S	M	L	S	S	M	L
IV	L	M	M	M	L	M	M	M	L	M	M	M	L	M

Keterangan : P = Pagi, S = Siang, M = Malam, L = Libur

IX.5.2 Jaminan Sosial Karyawan

Kesejahteraan karyawan diberikan dalam bentuk Jaminan Sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain:



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

1. Pakaian kerja, diberikan kepada karyawan sebanyak 2 stel tiap tahun.
2. Tunjangan, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
3. 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.
4. Jamsostek. Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

IX.5.3 Status Karyawan dan Sistem Upah

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, dan tanggung jawab serta keahlian.

Tabel IX.2 Perincian Jumlah Tenaga Kerja dan Gaji Karyawan

Jabatan	Jml	Gaji/Orang	Jumlah
Direktur Utama	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
Direktur Teknik & Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Direktur Keuangan & Administrasi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Sekretaris Direktur	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Staff Ahli	3	Rp 15.000.000	Rp 45.000.000
Kepala Produksi & Teknik	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Kepala Keuangan & Administrasi	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Kepala Bagian Produksi	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Kepala Bagian Teknik	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Kepala Bagian Umum	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
Kasi Proses	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Riset & Pengembangan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Utilitas & Energi	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Pemeliharaan & Perbaikan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Pembelian	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Kasi Gudang	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Pemasaran & Penjualan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Administrasi	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Personalia & Kesejahteraan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Keamanan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Kasi Anggaran	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
Karyawan Bagian Proses (Kepala)	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000
Karyawan Bagian Proses (Regu)	64	Rp 5.800.000	Rp371.200.000
Karyawan Bagian Laboratorium		Rp 5.400.000	Rp 32.00.000
Karyawan Bagian Utilitas	15	Rp 5.400.000	Rp 81.000.000
Karyawan Bagian Personalia	5	Rp 5.400.000	Rp 27.000.000
Karyawan Bagian Pemasaran	5	Rp 5.400.000	Rp 27.000.000
Karyawan Bagian Administrasi	5	Rp 5.400.000	Rp 27.000.000
Karyawan Bagian Pembelian	5	Rp 5.400.000	Rp 27.000.000
Karyawan Bagian Pemeliharaan	5	Rp 5.400.000	Rp 27.000.000
Karyawan Bagian Gudang	6	Rp 5.400.000	Rp 32.400.000
Karyawan Bagian Kebersihan	10	Rp 5.400.000	Rp 54.000.000
Dokter	2	Rp 9.000.000	Rp 18.000.000
Perawat	3	Rp 5.000.000	Rp 15.000.000
Supir	12	Rp 5.000.000	Rp 60.000.000
Satpam	16	Rp 5.000.000	Rp 80.000.000
Jumlah	188		Rp 1.210.000.000



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

BAB X **ANALISA EKONOMI**

Dalam merencanakan suatu pabrik, analisa ekonomi sangatlah penting artinya di samping persoalan teknis peralatan yang telah dibahas pada bab - bab sebelumnya, karena dari perhitungan ekonomi inilah akan dapat diketahui apakah pabrik yang akan direncanakan ini dapat menguntungkan atau tidak, bila dipandang dari segi komersial. Di dalam analisa ekonomi ini senantiasa berhubungan dengan modal, baik sebagai investasi maupun untuk kebutuhan lainnya. Di analisa ekonomi yang perlu diperhatikan adalah :

- 1) Modal (*Total Capital Investment*).
- 2) Biaya Produksi (*Total Production Cost*).
- 3) Keuntungan atau laba (*Profitability*).

X.1 Modal (*Total Capital Investment*)

Total Capital Investment merupakan modal yang harus disediakan untuk mendirikan suatu pabrik dan ditambah dengan biaya pelaksanaan pabrik tersebut untuk beberapa waktu. Modal dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

A. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed Capital Investment adalah modal yang dipergunakan untuk keperluan pembelian peralatan pabrik hingga peralatan tersebut dapat dioperasikan. *Fixed Capital Investment* dibagi menjadi 2, yaitu :

- a) Biaya Langsung (*Direct Cost*), meliputi :
 1. Pembelian alat-alat persediaan
 - Alat – alat yang tertera dalam flow skema
 - Suku cadang alat – alat dan alat – alat yang tidak terpasang
 - Cadangan inflasi untuk pembelian alat baru
 - Biaya perkapalan
 - Pajak, asuransi dan bea cukai
 - Penyediaan biaya apabila ada modifikasi peralatan
 2. Instalansi
 - Peralatan yang dibeli sesuai dengan skema
 - Membuat pondasi, isolasi, penyangga dan pengecatan
 3. Instrumentasi dan alat kontrol
 - Pembelian dan pemasangan alat kontrol serta alat-alat instrumentasi
 4. Perpipaan
 - Harus diperhatikan adalah bahan konstruksi, fitting, valve, isolasi dan alat – alat pembantu



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

5. Alat-alat listrik dan bahan-bahan yang lainnya
 - Panel
 - Kabel
 - Grounding
 6. Bangunan
 - Bangunan menurun dibawah atau diatas
 - Bangunan untuk alat – alat dan instrumentasi
 - Bangunan untuk pemeliharaan.
 - Bangunan untuk perbaikan
 7. Tanah dan perbaikan tanah
 - Pembelian dan pembebasan tanah
 - Pembuatan sistem drainase
 - Pembuatan jalan
 - Pembuatan pagar
 - Pembuatan tempat parker
 8. Fasilitas lain
 - Utilitas
 - Air buangan
 - Distribusi dan pengepakan
- b) Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*) meliputi :
1. Biaya Engineering dan supervise (teknik dan pengawasan)
 2. Biaya pemborong
 3. Biaya tak terduga
 4. Konstruksi dan biaya proyek

B. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Working Capital Investment adalah modal yang harus dikeluarkan untuk menjalankan proses produksi pabrik dalam jangka waktu tertentu, misalnya 1,3,6 bulan atau 1 tahun, terdiri atas :

- Modal kerja yang dibutuhkan untuk bahan baku dan persediaannya
- Modal untuk biaya – biaya produksi
- Modal untuk pembayaran pajak
- Modal untuk pembayaran gaji karyawan dan upah buruh

Jadi, persamaan untuk menentukan modal adalah

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

Keterangan :

TCI = *Total Capital Investment*

FCI = *Fixed Capital Investment*



WCI = *Work Capital Investment*

C. Harga Peralatan

Karena harga peralatan cenderung naik tiap tahun, maka untuk menentukan harga sekarang, ditaksir dari harga-harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Daftar harga alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Appendix D.

X.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

Total Production Cost adalah biaya yang dipergunakan untuk operasi pabrik dan biaya perjalanan produk, terdiri atas :

A. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengolah bahan baku menjadi produk, meliputi :

a) *Direct Production Cost*

- Bahan baku
- Biaya laboratorium
- Ongkos karyawan
- Utilitas
- Biaya perawatan dan perbaikan
- Operation supplies
- Biaya supervisi
- Patents dan royalties.

b) Biaya Tetap (*Fixed Charge Cost*)

Merupakan biaya yang selama satu periode tidak mengalami perubahan, meliputi :

- Depresiasi
- Pajak
- Asuransi
- Bunga Pinjaman
- Sewa

c) *Plant Overhead Cost*

- Biaya Pengobatan
- Biaya keamanan
- General plant overhead
- Biaya lembur
- Biaya pengepakan
- Restourant
- Rekreasi
- Laboratorium



- Salvage
- Storage facilities

B. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses adalah biaya yang dikeluarkan dimana tidak berhubungan dengan biaya pengolahan bahan baku menjadi bahan jadi, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan marketing
- Biaya penelitian dan pengembangan

Jadi persamaan untuk menentukan biaya produksi adalah

$$\text{TPC} = \text{Manufacturing cost} + \text{General expenses}$$

Pengeluaran biaya terdiri dari :

1. *Variabel Cost = Direct Cost*

Merupakan segala biaya yang dikeluarkan sebanding lurus dengan laju produksi, terdiri atas :

- Bahan baku
- Biaya laboratorium
- Ongkos karyawan
- Utilitas
- Biaya perawatan dan perbaikan
- Operation supplies
- Biaya supervisi
- Patents dan royalties.

2. *Fixed Cost*

Merupakan biaya yang tidak tergantung dari laju produksi, terdiri atas :

- Depresiasi
- Asuransi
- Pajak property
- Bunga Bank
- Sewa

3. *Semi Variable Cost*

Merupakan segala pengeluaran yang tidak sebanding lurus dengan laju produksi :

- General Expenses
- Plant Over Head



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

X.3 Keuntungan (*Prifiability*)

Suatu pabrik yang dinyatakan menguntungkan atau tidak, dapat dilihat dari perhitungan – perhitungan :

a) *Internal Rate Of Return* (IRR)

Merupakan laju pengembalian yang dapat dihitung atau tidak, dapat dilihat dari perhitungan - perhitungan :

b) *Pay Back Period* (PBP)

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian modal

c) *Break Even Point* (BEP)

Merupakan titik dimana hasil penjualan sama dengan biaya yang dikeluarkan

X.4 Perhitungan Analisa Ekonomi

X.4.1 Penentuan *Total Capital Investment* (TCI)

Suatu pabrik dinyatakan menguntungkan atau tidak, dapat dilihat dari perhitungan – perhitungan sebagai berikut :

A. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

1) Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Tabel X.1 Biaya Langsung (*Direct Cost*)

No	Komponen	%		Nilai
1	Pengadaan Alat (E)	100%		Rp 56.232.053.655
2	Instrumentasi dan Kontrol	26%	E	Rp 14.620.333.950
3	Isolasi	8%	E	Rp 4.498.564.292
4	Perpipaan Terpasang	31%	E	Rp 17.431.936.633
5	Pelistrikan Terpasang	10%	E	Rp 5.623.205.366
6	Harga Free On Board (FOB)			Rp 98.406.093.897
7	Ongkos Kapal Laut	10%	FOB	Rp 9.840.609.390
8	Cost & Freight (CF)			Rp 108.246.703.286
9	Asuransi	1%	CF	Rp 1.082.467.033
10	Cost Insurance Freight (CIF)			Rp 109.329.170.319
11	Biaya angkut <i>Plant Site</i>	15%	CIF	Rp 16.399.375.548
12	Bangunan Pabrik			Rp 28.437.182.009
13	Tanah			Rp 71.643.442.900
14	<i>Service Facilities and Yard Improvement</i>	55%	E	Rp 30.927.629.510
15	Pemasangan Alat	45%	E	Rp 25.304.424.145
16	Total Direct Cost (DC)			Rp 282.041.224.432



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

2) Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Tabel X.2 Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

No	Komponen	%		Nilai
1	Engineering and Supervision	32%	DC	Rp 90.253.191.818
2	Biaya Konstruksi	34%	E	Rp 19.118.898.243
3	Ongkos Kontraktor	4%	DC	Rp 11.281.648.977
4	Biaya Hukum	19%	E	Rp 10.684.090.195
5	Biaya Tak Terduga	37%	E	Rp 20.805.859.852
6	Total Indirect Cost (IC)			Rp 152.143.689.085

Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned} &= \text{Direct Cost} + \text{Indirect Cost} \\ &= \text{Rp } 282.041.224.432 + \text{Rp } 152.143.689.085 \\ &= \text{Rp } 434.184.913.517 \end{aligned}$$

X.4.2 Total Production Cost (TPC)

X.4.2.1 Manufacturing Cost

A. Direct Production Cost (DPC)

No	Komponen	%		Nilai
1	Bahan Baku (1 Tahun)			Rp 2.186.272.791.300
2	Biaya Utilitas (1 Tahun)			Rp 4.596.773.531
3	Biaya Pengemasan (1 Tahun)			Rp 2.750.000.000
4	Gaji Karyawan (1 Tahun)			Rp 14.520.000.000
5	Biaya Laboratorium	20%	4	Rp 2.904.000.000
6	Biaya Supervisi	20%	4	Rp 2.904.000.000
7	Biaya Pemeliharaan	10%	FCI	Rp 43.418.491.352
8	Operating Supplies	15%	7	Rp 6.512.773.703
9	Total Direct Production Cost (DPC)			Rp 2.263.878.829.885

B. Fixed Charge (FC) (Biaya Produksi Tetap)

Perhitungan depresiasi alat dan bangunan menggunakan metode Straight :

1. Depresiasi Alat

$$\text{Harga Alat} = \text{Rp } 56.232.053.655$$

$$\text{Harga Alat akhir masa pakai} = \text{Rp } 5.623.205.366$$

$$(\text{ } 10\% \text{ Harga Alat })$$



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned} & \text{Depresiasi alat selama } 10 \text{ tahun :} \\ & = \frac{\text{Harga Alat} - \text{Harga Alat akhir masa pakai}}{n} \\ & = \frac{\text{Rp } 56.232.053.655 - \text{Rp } 5.623.205.366}{10} \\ & = \text{Rp } 5.060.884.829 \end{aligned}$$

2. Depresiasi Bangunan

$$\begin{aligned} \text{Harga Bangunan} & = \text{Rp } 115.493.124.910 \\ \text{Harga Bangunan akhir masa pakai} & = \text{Rp } 11.549.312.491 \\ & (\text{ } 10\% \text{ Harga Bangunan }) \\ \text{Depresiasi bangunan selama } 10 \text{ tahun :} \\ & = \frac{\text{Harga Bangunan} - \text{Harga Bangunan akhir masa paka}}{n} \\ & = \frac{\text{Rp } 115.493.124.910 - \text{Rp } 11.549.312.491}{10} \\ & = \text{Rp } 10.394.381.242 \end{aligned}$$

Total Depresiasi

$$\begin{aligned} & = \text{Depresiasi Alat} + \text{Depresiasi Bangunan} \\ & = \text{Rp } 5.060.884.829 + \text{Rp } 10.394.381.242 \\ & = \text{Rp } 15.455.266.071 \end{aligned}$$

No	Komponen	%		Nilai	
1	Depresiasi			Rp	15.455.266.071
2	Sewa			Rp	-
3	Asuransi	1%	FCI	Rp	4.341.849.135
4	Pajak	2%	FCI	Rp	8.683.698.270
5	Bunga Bank BRI	9,95%	40% TCI	4%	TCI
6	Fixed Charge	Rp	28.480.813.476	+ 4%	TCI

C. Plant Overhead Cost (POC)

$$\begin{aligned} & = 70\% \times (\text{Gaji Karyawan} + \text{Biaya Pemeliharaan} + \text{Biaya Supervisi}) \\ & = 70\% \times \text{Rp } 60.842.491.352 \\ & = \text{Rp } 42.589.743.946 \end{aligned}$$



D. Pembukuan Manufacturing Cost

No	Komponen	Nilai
1	Direct Production Cost	Rp 2.263.878.829.885
2	Fixed Charge	Rp 28.480.813.476 + 4% TCI
3	Plant Overhead Cost	Rp 42.589.743.946
4	Total	Rp 2.334.949.387.308 + 0,04 TCI

X.4.2.2 General Expenses (Pengeluaran Umum)

No	Jenis Biaya	%	Nilai
1	Administrasi (20% x (Gaji+Pemeliharaan+Supervisi))	20%	Rp 12.168.498.270
2	Distribusi dan penjualan	5% TPC	5% TPC
3	Riset dan pengembangan	5% TPC	5% TPC
4	Total	Rp 12.168.498.270 + 0,1 TPC	

X.4.2.3 Pembukuan Biaya Produksi (Total Product Cost)

Total product cost (TPC) = Manufacturing cost + General expenses

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Manufacturing cost} &= \text{Rp } 2.334.949.387.308 + 0,0398 \text{ TCI} \\
 2. \text{ General expenses} &= \text{Rp } 12.168.498.270 + 0,1 \text{ TPC} + \\
 \text{Total product cost (TPC)} &= \text{Rp } 2.347.117.885.578 + 0,0398 \text{ TCI} \\
 &\quad + 0,1 \text{ TPC} \\
 &= \text{Rp } 2.347.117.885.578 + 0,0398 \text{ TCI} \\
 &\quad + 0,1 \text{ TPC} = \text{Rp } 2.607.908.761.754 + 0,04422 \text{ TCI}
 \end{aligned}$$

X.4.3 Penentuan Work Capital Investment (WCI)

WCI adalah biaya penyimpanan bahan baku dalam periode A bulan

$$\text{WCI} = \text{A bulan} \times \frac{\text{TPC}}{12}$$

Asumsi : Periode Penyimpanan Bahan Baku (A = 3 bulan

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 3 \text{ bulan} \times \frac{\text{Rp } 2.607.908.761.754 + 0,0442 \text{ TCI}}{12} \\
 &= \text{Rp } 651.977.190.438 + 0,0111 \text{ TCI}
 \end{aligned}$$

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 434.184.913.517 + \text{Rp } 651.977.190.438 + 0,0111 \text{ TCI}$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 1.086.162.103.956 + 0,0111 \text{ TCI}$$

$$0,9889 \text{ TCI} = \text{Rp } 1.086.162.103.956$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 1.098.304.470.041$$



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

$$\begin{aligned} \text{WCI} &= \text{Rp } 651.977.190.438 + 0,0111 \text{ TCI} \\ &= \text{Rp } 651.977.190.438 + \text{Rp } 12.142.366.085 \\ &= \text{Rp } 664.119.556.524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FC} &= \text{Rp } 28.480.813.476 + 4\% \text{ TCI} \\ &= \text{Rp } 28.480.813.476 + \text{Rp } 43.712.517.908 \\ &= \text{Rp } 72.193.331.384 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= \text{Rp } 2.607.908.761.754 + 0,0442 \text{ TCI} \\ &= \text{Rp } 2.607.908.761.754 + \text{Rp } 48.569.464.342 \\ &= \text{Rp } 2.656.478.226.095 \end{aligned}$$

X.4.4 Pembukuan Modal dan Biaya

Dari berbagai faktor dan setelah dilakukan berbagai pertimbangan, maka dapat dibukukan nilai meliputi modal tetap, biaya produksi, biaya pembuatan, dan pengeluaran umum hingga modal total. Sehingga,

No	Modal dan Usaha	Notasi	Nilai
1	Fixed Cost Investment	FCI	Rp 434.184.913.517
	a. Direct Cost	DC	Rp 282.041.224.432
	b. Indirect Cost	IC	Rp 152.143.689.085
2	Manufacturing Cost	MC	Rp 2.378.661.905.215
	a. Direct Produc Cost	DPC	Rp 2.263.878.829.885
	b. Fixed Cost	FC	Rp 72.193.331.384
	c. Plant Overhead Cost	POC	Rp 42.589.743.946
3	General Expenses	GE	Rp 277.816.320.880
4	Total Production Cost	TPC	Rp 2.656.478.226.095
5	Working Capital Investment	WCI	Rp 664.119.556.524
6	Total Capital Investment	TCI	Rp 1.098.304.470.041

X.5 Analisa Ekonomi

X.5.1 Asumsi Yang Diambil

1. Modal
 - a) Modal sendiri = 70%
 - b) Modal pinjaman bank = 30%
2. Bunga = 9,95% / tahun
3. Masa kontrsuksi = 2 tahun

Pembayaran modal pinjaman selama konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut :



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

- Pada awal masa konstruksi (Awal tahun ke -2) dilakukan pembayaran 10% dari modal pinjaman untuk keperluan pembelian tanah dan beberapa macam uang muka.
 - Pada akhir tahun kedua masa konstruksi (tahun -1) dibayarkan sisa modal pinjaman.
4. Laju inflasi = 6%
 5. Pengembalian pinjam dalam waktu 10 tahun
 6. Umur pabrik = 10 tahun
 7. Kapasitas produksi = - Tahun ke-1 = 80%
 - Tahun ke-2 = 90%
 - Tahun ke-3 = 100%
 8. Pajak badan usaha

Penghasilan Bruto (Kotor)	Tarif
< Rp 4,8 M	1% x Penghasilan Kotor (Peredaran Bruto)
> Rp 4,8 M s/d Rp 50 M	$0,25 - \left[\frac{0,6M}{\text{Penghasilan Kotor}} \right] \times \text{PKP}$
> Rp 50 M	25% x PKP

Untuk kapasitas yang berbeda maka biaya operasi yang berubah sebanding dengan kapasitas :

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

Tahun ke -	Kapasitas	Variable Cost (VC) x Kapasitas	Semi Variable Cost (SVC)
1	80%	Rp 1.811.103.063.908	Rp 320.406.064.826
2	90%	Rp 2.037.490.946.897	Rp 320.406.064.826
3	100%	Rp 2.263.878.829.885	Rp 320.406.064.826

Keterangan :

VC = Direct Production Cost

SVC = General Expenses + Plant Overhead Cost

Tahun ke -	Kapasitas	Fixed Cost (FC)	Total Product Cost (TPC) x Kapasitas
1	80%	Rp 72.193.331.384	Rp 2.125.182.580.876
2	90%	Rp 72.193.331.384	Rp 2.390.830.403.486
3	100%	Rp 72.193.331.384	Rp 2.656.478.226.095



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

X.5.2 Investasi Pabrik

Fixed Cost Investment (FCI)	=	Rp	434.184.913.517
Modal sendiri	70%	=	Rp 303.929.439.462
Modal pinjaman	30%	=	Rp 130.255.474.055
Inflasi		=	6%
Bunga bank BRI		=	9,95% / tahun

1. Pembukuan Modal Sendiri

Tabel X.1 Modal Sendiri Pada Tahun Masa Konstruksi

Tahun Ke	Modal (%)	Jumlah Modal		Inflasi	
	(1)	Modal sendiri x (1)		% Inflasi x (2)	
	(1)	(2)		(3)	
-2	70%	Rp	212.750.607.623		
-1	30%	Rp	91.178.831.839	Rp	12.765.036.457
0	0%	Rp	-	Rp	5.470.729.910

Total	
	(2) + (3)
	(4)
Rp	225.515.644.081
Rp	96.649.561.749
Rp	5.470.729.910
Rp	327.635.935.740

Total Modal Sendiri

2. Pembukuan Modal Pinjaman

Tabel X.2 Modal Pinjaman Pada Tahun Masa Konstruksi

Tahun Ke	Modal (%)	Jumlah Modal		Inflasi	
	(1)	Modal pinjaman x (1)		% Inflasi x (2)	
	(1)	(2)		(3)	
-2	70%	Rp	91.178.831.839		
-1	30%	Rp	39.076.642.217	Rp	5.470.729.910
0	0%	Rp	-	Rp	2.344.598.533

Total	
	(2) + (3)
	(4)
Rp	96.649.561.749
Rp	41.421.240.750
Rp	2.344.598.533
Rp	140.415.401.032

Total Modal Pinjaman



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

X.5.3 Laju Pengembalian Investasi (*Rate of Return On Investment*) (ROI)

- Laba kotor rata - rata = Rp 245.947.102.507
- Laba bersih rata - rata = Rp 184.460.326.880
- *Total Capital Investment* = Rp 1.098.304.470.041 / tahun

$$\begin{aligned}\text{ROI sebelum pajak} &= \frac{\text{Laba Kotor Rata - Rata}}{\text{Total Investment}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 245.947.102.507}{\text{Rp } 1.098.304.470.041} \times 100\% \\ &= 22,39\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ROI setelah pajak} &= \frac{\text{Laba Bersih Rata - Rata}}{\text{Total Investment}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 184.460.326.880}{\text{Rp } 1.098.304.470.041} \times 100\% \\ &= 16,80\%\end{aligned}$$

Dari perhitungan laju pengembalian investasi, didapatkan beberapa harga yang mana sangat berpengaruh dalam menentukan apakah pabrik layak untuk didirikan, dan dapat disimpulkan melalui faktor perhitungan ROI, dari ROI sebelum pajak sebesar 22% sedangkan untuk ROI sesudah pajak sebesar 17%. Dengan memperhatikan suku bunga bank sebesar 9,95% ternyata ROI melampaui suku bunga bank, dan ROI secara umum berada di angka 10% sebelum pajak. Sehingga pabrik ini layak untuk didirikan, disamping itu ROI pabrik ini masih dijangkau parameter yang tersedia yaitu berkisar 11% - 44%.

X.5.4 Lama Pengembalian Modal (*Pay Back Period*) (PBP)

Selain laju pengembalian modal, dalam menganalisis suatu perekonomian juga memperhatikan lama pengembalian modal, dari hal tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel X.3 *Pay Back Period* (PBP)

Tahun Produksi	Cash Flow	Net Cash Flow	Cummulative Cash Flow
0	Rp 434.184.913.517		
1	Rp 160.886.708.677	Rp 273.298.204.840	Rp 160.886.708.677
2	Rp 183.844.875.897	Rp 89.453.328.943	Rp 344.731.584.574



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

3	Rp	206.803.043.117	-Rp 117.349.714.173	Rp 551.534.627.691
4	Rp	206.803.043.117	Rp -	Rp -
5	Rp	206.803.043.117	Rp -	Rp -
6	Rp	206.803.043.117	Rp -	Rp -
7	Rp	206.803.043.117	Rp -	Rp -
8	Rp	206.803.043.117	Rp -	Rp -
9	Rp	206.803.043.117	Rp -	Rp -
10	Rp	206.803.043.117	Rp -	Rp -

Keterangan :

- *Net Cash Flow* berhenti ketika nilai yang dihasilkan bernilai negatif (-)
- *Cummulative Cash Flow* berhenti ketika nilai yang dihasilkan lebih besar dari nilai FCI (cash flow tahun produksi ke-0)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{FCI} - \text{PBP (tahun ke 2)}}{\text{Cash Flow (tahun ke 3)}} \times 12 \\ &= \frac{\text{Rp } 434.184.913.517 - \text{Rp } 344.731.584.574}{\text{Rp } 206.803.043.117} \times 12 \\ &= 5,1906 \text{ bulan} \\ &= 5 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Dari perhitungan lama pengembalian modal didapatkan jangka waktu modal pabrik akan kembali selama 3 tahun 5 bulan, dimana pada tahun tersebut berdasarkan beberapa pertimbangan menjadikan pabrik layak untuk didirikan, mengacu pada parameter PBP untuk suatu pabrik pada jangkauan 4 tahun - 5 tahun. Sehingga dari parameter tersebut, disimpulkan pabrik layak untuk didirikan.

X.5.5 Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return*) (IRR)

Digunakan persamaan sebagai berikut :

$$dn = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Keterangan :

- dn = discount factor
- i = *rate of return*
- n = *life time project*



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Rate Of Return = 10,06% (trial)

Tahun Produksi	Cash Flow	trial i Factor	Present Value
0	Rp 1.098.304.470.041	1	
1	Rp 160.886.708.677	0,9086	Rp 146.184.899.999
2	Rp 183.844.875.897	0,8256	Rp 151.780.586.012
3	Rp 206.803.043.117	0,7501	Rp 155.132.920.456
4	Rp 206.803.043.117	0,6816	Rp 140.956.892.275
5	Rp 206.803.043.117	0,6193	Rp 128.076.267.895
6	Rp 206.803.043.117	0,5627	Rp 116.372.673.470
7	Rp 206.803.043.117	0,5113	Rp 105.738.552.138
8	Rp 206.803.043.117	0,4646	Rp 96.076.175.574
9	Rp 206.803.043.117	0,4221	Rp 87.296.745.853
10	Rp 206.803.043.117	0,3836	Rp 79.319.579.397
Total			Rp 1.206.935.293.070

Dari perhitungan laju pengembalian modal, didapatkan %IRR sebesar: 10% dalam menentukan apakah pabrik layak untuk didirikan, dan dapat disir bn melalui faktor perhitungan IRR dengan memperhatikan suku bunga bank sebesar 9,95% ternyata IRR melampaui suku bunga bank. Sehingga parameter tersebut disimpulkan pabrik layak untuk didirikan.

X.5.6 Titik Impas (*Break Event Point*) (BEP)

Data yang dibutuhkan :

Komponen	Notasi	Nilai
Variable Cost	VC	Rp 2.263.878.829.885
Semi Variable Cost	SVC	Rp 320.406.064.826
Fixed Cost	FC	Rp 72.193.331.384
Total Penjualan	S	Rp 4.712.750.000.000

Sehingga nilai BEP :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{FC + 0,3 \text{ SVC}}{S - 0,7 \text{ SVC} - VC} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp } 72.193.331.384 +}{\text{Rp } 4.712.750.000.000 - } \\
 &\quad \frac{0,3 \text{ Rp } 320.406.064.826}{0,7 \text{ Rp } 320.406.064.826 - \text{Rp } 2.263.878.829.885} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp } 168.315.150.832}{\text{Rp } 2.224.586.924.737} \times 100\% \\
 &= 31,16\%
 \end{aligned}$$



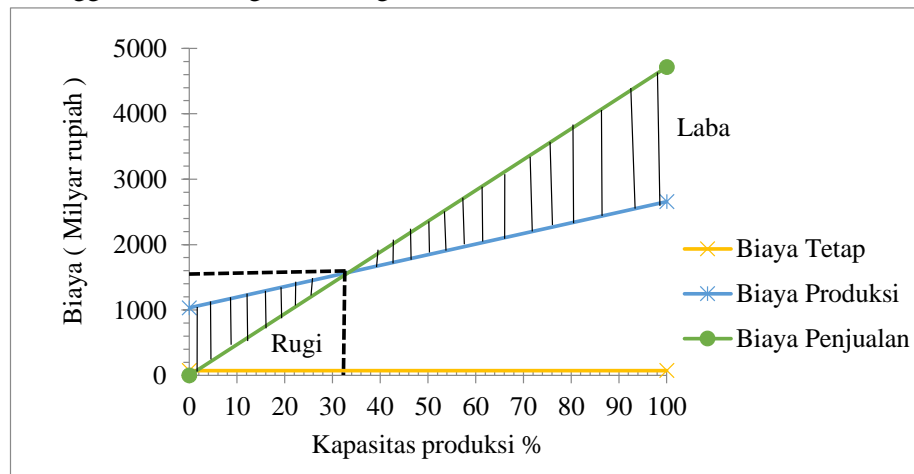
PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan titik impas sebesar 31,16% dimana pada hari ini, titik impas atau *Break Even Point* digunakan sebagai media analisis ekonomi dalam menentukan harga penjualan, dan mempertimbangkan kembali kapasitas produksi maupun mengendalikan kegiatan produksi. Selain dari perhitungan, *Break Even Point* juga memiliki metode penentuan lain yaitu metode grafik. Grafik BEP dapat dilihat di bawah ini,

Data yang dibutuhkan :

Kapasitas Produksi	dalam Milyar Rupiah		
	Biaya Tetap	Biaya Produksi	Biaya Penjualan
0,00	72,19	1033,41	0,00
100,00	72,19	2656,48	4712,75

Sehingga dihasilkan grafik sebagai berikut :



Gambar X.1 Break Even Point



BAB XI

DISKUSI DAN KESIMPULAN

Karena kebutuhan Aspirin dalam negeri yang cukup tinggi dan masih mengimpor dari luar negeri. Sehingga pendirian pabrik Aspirin akan sangat menguntungkan dan mengurangi impor dari luar negeri.

XI.1 Diskusi

Untuk mendapatkan kelayakan bahwa pra rencana pabrik ini, maka perlu ditinjau dari beberapa faktor, antara lain :

1. Pasar

Kebutuhan dalam negeri akan Aspirin yang selama ini masih diimpor, hal ini menguntungkan ekonomi dalam negeri. Sehingga keadaan tersebut akan mampu menjadi modal dalam persaingan internasional dan persaingan domestik.

2. Lokasi

Lokasi pabrik terletak di daerah industri yaitu kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Kota Cilegon, Banten. Lokasi ini dekat dengan pelabuhan laut. Hal ini akan memudahkan dalam transportasi bahan baku maupun pendistribusian produk. Maka pemilihan lokasi di daerah Cilegon, Banten layak diterima.

3. Teknis

Peralatan yang digunakan dalam pra rencana ini sebagian besar merupakan peralatan standar yang umum digunakan dan mudah didapat. Sehingga masalah pemeliharaan alat serta pengoperasiannya tidak mengalami kesulitan.



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan
Asetat Anhidrat dengan Proses Esterifikasi”

XI.2 Kesimpulan

Berdasarkan pertimbangan dari Analisa aspek pasar, aspek teknis dan ekonomi, maka pabrik Aspirin ini layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan. Adapun rincian dari Pra Rencana Pabrik Asam Asetilsalisilat (Aspirin) adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas Produksi : 50.000 ton/tahun
2. Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas
3. Sistem Organisasi : Garis dan Staff
4. Jumlah Karyawan : 188 orang
5. Waktu Operasi : 330 hari/24 jam
6. Lokasi Pabrik : Kawasan KIEC (Krakatau Industrial Estate Cilegon) Cilegon, Banten, Jawa barat.
7. Bahan Baku : Asam Salisilat dan Asetat Anhidrat
8. Utilitas
 - a. Kebutuhan Steam : 4658,7365 lb/jam
 - b. Kebutuhan Listrik : 288,95331 kWh/hari
 - c. Kebutuhan Air : 934,8386 m³/hari
 - d. Kebutuhan Bahan Bakar : 190,5929 lb/jam
 - e. Luas Pabrik : 20470 m²
9. Analisa Ekonomi
 - a. Modal Tetap (FCI) : Rp 434.188.397.742
 - b. Working Capital Investment (WCI) : Rp 664.119.903.416
 - c. Total Capital Investment (TCI) : Rp 1.098.308.301.157
 - a. Bunga Bank : 9,95%
 - b. Return of Investment Before Tax : 22,39%
 - c. Return of Investment After Tax : 16,79%
 - d. Internal of Return (IRR) : 10.06%
 - e. Waktu Pengembalian Modal (PBP) : 3 tahun 5 bulan
 - f. Break Even Point (BEP) : 31,16%