



BAB V SPESIFIKASI ALAT

1. TANGKI PENAMPUNG ANILINE (F-110)

Fungsi : Menampung bahan baku aniline
Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dished
Bahan Konstruksi : SA 283 C Carbon Steel
Jumlah : 4 buah
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C

a. Dimensi Bejana

Diameter = 18 ft = 5,6 m
Tinggi = 37 ft = 11 m
Tebal = 1 in

b. Dimensi Tutup Atas (Dished Head)

rc = 180 in
icr = 14 in
Tinggi = 4 ft = 1,27 in = 1,27 m
Tebal = 7/16 in
sf = 4 in

c. Dimensi Tutup Bawah

Tebal = 1/4 in (Untuk tutup datar Brownell hal 58)

2. TANGKI PENAMPUNG BENZENE (F-120)

Fungsi : Menampung bahan baku benzene
Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dished
Bahan Konstruksi : SA 283 C Carbon Steel
Jumlah : 4 buah
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C

a. Dimensi Bejana

Diameter = 20 ft = 6 m
Tinggi = 39 ft = 12 m
Tebal = 1 in

b. Dimensi Tutup Atas (Dished Head)

rc = 180 in
icr = 14 in
Tinggi = 5 ft
Tebal = 1 1/8 in
sf = 3,5 in



c. Dimensi Tutup Bawah

Tebal = 1/4 in (Untuk tutup datar Brownell hal 58)

3. TANGKI PENAMPUNG ACETIC ANHYDRID (F-130)

Fungsi : Menampung bahan baku acetic anhydrid
Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dished
Bahan Konstruksi : SA 283 C Carbon Steel
Jumlah : 2 buah
Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C

a. Dimensi Bejana

Diameter = 19 ft = 5,8 m
Tinggi = 38 ft = 12 m
Tebal = 1/2 in

b. Dimensi Tutup Atas (Dished Head)

rc = 170 in
icr = 13 in
Tinggi = 5 ft = 1,4 m
Tebal = 7/16 in
sf = 3,5 in

c. Dimensi Tutup Bawah

Tebal = 1/4 in (Untuk tutup datar Brownell hal 58)

4. POMPA 1 (L-111)

Fungsi : Memindahkan aniline dari F-110 ke M-140
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 2" sch 40
Rate Volumetrik : 0,073 cubft/s
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1 Hp
Jumlah : 1 buah

5. POMPA 2 (L-121)

Fungsi : Memindahkan benzene dari F-120 ke M-140
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 2" sch 40
Rate Volumetrik : 0,112 cubft/s
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1 Hp
Jumlah : 1 buah



6. POMPA 3 (L-131)

Fungsi : Memindahkan acetic anhydrid dari F-130 ke R-210
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 2" sch 40
Rate Volumetrik : 0,0494 cubft/s
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1 Hp
Jumlah : 1 buah

7. POMPA 4 (L-141)

Fungsi : Memindahkan larutan aniline dari M-140 ke F-142
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 3" sch 40
Rate Volumetrik : 0,1767 cubft/s
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1,5 Hp
Jumlah : 1 buah

8. MIXING TANK (M-140)

Fungsi : Untuk melarutkan aniline dengan benzene
Tipe : Silinder tegak dengan tutup dished head dilengkapi deng
Jumlah : 1 buah
Bahan : SA 283 C Carbon Steel

a. Kondisi Operasi

Tekanan Operasi : 1 atm
Suhu Operasi : 30 °C
Waktu Tinggal : 1 jam

b. Dimensi Bejana

Diameter = 8 ft = 2 m
Tinggi = 16 ft = 5 m
Tebal = 1/3 in

c. Dimensi Tutup Atas dan Tutup Bawah (Dished Head)

rc = 96 in
icr = 6 in
Tinggi = 4 ft = 1,36 m
Tebal = 1/4 in
sf = 2 in

d. Sistem Pengaduk

Dipakai Impeller Jenis Turbin Dengan 6 buah Flate Blade Dengan 2 Buah Impeller



Diameter Impeller = 2,66 ft = 0,8 m
Panjang Blade = 0,66 ft = 0,2 m
Lebar Blade = 0,53 ft = 0,2 m
Power Motor = 40 Hp

9. SPESIFIKASI INTERMEDIATE STORAGE (F-142)

Fungsi : Menampung larutan aniline

Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dished

Kondisi Operasi

Waktu Simpan = 6 jam

Tekanan = 1 atm = 15 psia

a. Dimensi Bejana

Diameter = 14 ft = 4,4 m

Tinggi = 29 ft = 8,8 m

Tebal = 1 in

b. Dimensi Tutup Atas (Dished Head)

rc = 170 in

icr = 11 in

Tinggi = 3 ft = 0,874 m

Tebal = 6/16 in

sf = 4 in

c. Dimensi Tutup Bawah

Tebal = 1/4 in (Untuk tutup datar Brownell hal 58)

d. Jumlah = 1 buah

10. POMPA 5 (L-143)

Fungsi : Memindahkan larutan aniline dari M-142 ke R-210

Jenis Pompa : Centrifugal Pump

Bahan Pipa : Commercial steel

Ukuran Pipa : 3" sch 40

Rate Volumetri : 0,177 cubft/s

Effisiensi moto : 80%

Power Motor : 1,0 Hp

Jumlah : 1 buah

11. REAKTOR (R-210)

Fungsi : Mereaksikan aniline dan acetic anhydrid membentuk acetanilide

Type : Silinder tegak dengan tutup dished head dilengkapi dengan jaket pemanas dan pengaduk

Jumlah : 3 buah



Bahan : SA 283 C Carbon Steel

a. Kondisi Operasi

Suhu Operasi : 120 °C
Tekanan Operasi : 1 atm
Waktu Tinggal : 6 am
Operasi : Batch

b. Dimensi Shell

Diameter = 12 ft = 4 m
Tinggi = 24 ft = 7 m
Tebal = 0,4 in

c. Dimensi Tutup Atas dan Bawah (Dished Head)

rc = 144 in
icr = 9 3/8 in
Tinggi = 2,4 ft = 1 m
Tebal = 4/9 in
sf = 3,0 in

d. Bahan Kontruksi : Carbon Steel SA-283 C

e. Sistem Pengaduk

Dipakai Impeller jenis turbin dgn 6 buah flate blade dgn 2 buah Impeller
Diameter Impeller = 4,03 ft = 1 m
Panjang Blade = 1,01 ft = 0,3 m
Lebar Blade = 0,81 ft
Power Motor = 90 Hp

f. Sistem Pemanas

Diameter Jacket = 12,15 ft = 4 m
Tinggi Jacket = 2,38 ft = 1 m
Jaket Spacing = 3,58 ft = 1 m
Tebal Jacket = 0,44 in

12. KONDENSOR (E-211)

Fungsi : Mengkondensasi produk atas reaktor
Type : Shell and tube heat exchanger
Tekanan : 1 atm
Jumlah : 1 buah

a. Dimensi Shell

Inside Diameter = 35,0 in

b. Dimensi Tube

Inside Diameter = 1,4 in



Outside Diameter = 1,5 in
Panjang = 9,0 ft = 3 m
Pitch = 1,9 in
Jumlah Tube = 196,00 buah

13. AKUMULATOR (F-220)

Fungsi : Menampung kondensat sementara dari kondensor
Type : Silinder horizontal dengan tutup dished head
Bahan : SA 283 C Carbon Steel
Jumlah : 1 buah

a. Dimensi Shell

Diameter Shell : 3,20 ft = 1 m
Panjang Shell : 9,61 ft = 3 m
Tebal Shell : 1/5 in

b. Dimensi Tutup Shell (Dished Head)

Tebal Tutup : 1/5 in
Panjang Tutup : 2 ft = 1 m

14. POMPA 6 (L-212)

Fungsi : Memindahkan hasil reaksi ke tangki decolorizer
Type : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 3" sch 40
Rate Volumetrik : 0,1880 cubft/s
Efisiensi Motor : 80%
Power Motor : 2 Hp
Jumlah : 1 buah

15. COOLER (E-213)

Fungsi : Mendinginkan feed sebelum masuk tangki decolorizer
Type : 1-2 Shell and tube heat exchanger
Jumlah cooler : 1 Unit

a. Tube

Inside Diameter = 1,40 in
Outside Diameter = 1,50 in
Panjang = 6,0 ft = 2 m
Pitch = 1,25 in
Jumlah Tube = 74 buah

b. Shell

Inside Diameter = 24 in

16. SCREW CONVEYOR I (J-214)

Fungsi : Untuk memindahkan karbon aktif ke tangki



decolorizer
Average Bulk Densit: 141,09 lb/ft²
Material Class : D 38
Screw Diameter : 6 in
Kapasitas : 1,131 Ton/Jam
Diameter Of Flights : 9 in
Diameter Of Pipe : 2,5 in
Diameter Of Shaft : 2 in
Panjang : 15 ft = 5 m
Power Motor : 0,43 Hp
Hanger Centers : 10 ft
Max Size Lumps : 2,25 in-lb
speed : 40 r/min
Max Torque Capacit : 7600
feed section diameter: 6 in

17. TANGKI DECOLORIZER (M-230)

Fungsi : Untuk menjernihkan larutan acetanilide
Type : Silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah conical dilengkapi dengan pengaduk
Bahan : SA 283 C Carbon Steel
Jumlah : 1 buah

a. Kondisi Operasi

Suhu Operasi : 80 °C
Tekanan Operasi : 1 atm
Waktu Tinggal : 1 jam

b. Dimensi Shell

Diameter = 8,21 ft = 3 m
Tinggi = 16,41 ft = 5 m
Tebal = 1/4 in

c. Dimensi Tutup Atas (Dished Head)

rc = 96,00 in
icr = 6,13 in
Tinggi = 1,64 ft = 0,5 m
Tebal = 1/4 in
sf = 2,25 in

d. Dimensi Tutup Bawah (Conis)

Tinggi = 9,9 ft = 3 m
Tebal = 0,3 in



e. Sistem Pengaduk

Dipakai Impeller jenis turbin dengan 6 buah flate blade dgn 2 buah impel

Diameter Impeller = 2,74 ft = 1 m

Panjang Blade = 0,68 ft = 0,2 m

Lebar Blade = 0,55 ft = 0,2 m

Power Motor = 60 Hp

18. SILO PENAMPUNG KARBON AKTIF (F-140)

Fungsi : Untuk menampung karbon aktif

Type : Silinder tegak dengan tutup bawah conical

Bahan : SA 283 C Carbon Steel

Jumlah : 1

Kondisi Operasi

Suhu Operasi = 30 °C

Tekanan Operasi = 1 atm

Waktu Tinggal = 5 Hari

a. Dimensi Shell

Diameter = 11,9 ft = 4 m

Tinggi = 23,8 ft = 7 m

Tebal = 3/8 in

Tebal Tutup Atas = 3/8 in

b. Dimensi Tutup Bawah (Conis)

Tinggi = 10 ft

Tebal = 3/8 in

c. Dimensi Tutup Atas (datar) (Untuk tutup datar Brownell hal 58)

Tebal tutup = 1/4 ft

19. POMPA 7 (L-231)

Fungsi : Memindahkan produk dari M-230 ke H-240

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan Pipa : Commercial steel

Ukuran Pipa : 3" sch 40

Rate Volumetrik : 0,1842 cubft/s

Effisiensi Motor : 80%

Power Motor : 1 Hp

Jumlah : 1 buah

20. ROTARY DRUM VACUUM FILTER (H-240)

Fungsi : Memisahkan cake dengan filtrat

Type : Continuous Rotary Drum Vacuum Filter

Bahan Konstruksi : Stainless Steel 304

Suhu Operasi : 80 °C

Tekanan Operasi : 1 atm



Diameter : 3,999 ft = 1 m
Panjang : 6,398 ft = 2 m
Putaran : 6 rpm
Power : 7,5 hp
Vacuum : 101,8 in Hg
Jumlah : 1 buah

21. POMPA 8 (L-241)

Fungsi : Memindahkan filtrat dari H-240 ke Crystallizer
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 3" sch 40
Rate Volumetrik : 0,1842 cubft/s
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1 Hp
Jumlah : 1 buah

22. CRYSTALLIZER (S-250)

Fungsi : Mengkristalkan *Acetanilide*
Tipe : Swenson Walker Crystallizer
Bahan : SA 283 C
Kapasitas : 663,215 cubft
Diameter : 6,719 ft
Panjang : 23,516 ft
Cooling Area : 644,637 ft²
Jumlah : 1 buah

a. Pengaduk

Power Pengaduk : 15 Hp
Tipe Pengaduk : Helix
Diameter Pengaduk : 2,24 ft
Panjang Pengaduk : 5,88 ft

b. Sistem Pendingin

Diameter Jacket : 11,67 ft
Panjang Jacket : 23,52 ft
Jaket Spacing : 5,55 ft
Tebal Jacket : 1/5 in

23. CENTRIFUGE (H-260)

Fungsi : Memisahkan mother liquor dengan kristal *acetanilide*
Tipe : Nozzle Discharge Centrifuge
Bowl Diameter : 16 in
Speed : 6250 rpm
Centrifugal Force : 8900 lbf/ft²
Power Motor : 40 Hp



Jumlah : 1 buah

24. POMPA 9 (L-261)

Fungsi : Memindahkan mother liquor dari H-260 ke R-210
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 3" sch 40
Rate Volumetrik : 0,0915 cubft/s
Effisiensi Motor : 80%
Power Motor : 1 Hp
Jumlah : 1 buah

25. SCREW CONVEYOR 2 (J-262)

Fungsi : Memindahkan kristal acetanilide ke rotary dryer
Average Bulk Density : 68,42 lb/ft³
Material Class : B27
Screw Diameter : 12 in
Kapasitas : 11,32 Ton/Jam
Diameter Of Flights : 12 in
Diameter Of Pipe : 2,5 in
Diameter Of Shaft : 2 in
Panjang : 15 ft = 5 m
Power Motor : 1,27 Hp
feed section diam : 10 in
speed (r/min) : 45 r/min
max size lumps : 1
hanger centers : 12 ft = 4 m
Max torque capacity : 7600 in-lb

26. ROTARY DRYER (B-270)

Fungsi : Mengeringkan kristal basah menjadi kristal kering
Diameter : 7,707 ft = 2,35 m
Panjang : 41,927 ft = 12,8 m
Tebal isolasi : 4 in
Tebal shell : 0,188 in
Sudut Rotary : 7,286 °
Jumlah flight : 162 buah
Time of passes : 24,95 menit
power : 20 hp
Jumlah : 1 buah

27. CYCLONE (H-271)

Fungsi : Memisahkan padatan terikut dengan udara panas
Bahan : Carbon Steel SA 283 C



Type	:	Van Tongeren Cyclone
Diameter	:	10,73 ft = 3 m
Tebal Shell	:	1/5 in
Tebal Tutup	:	1/5 in
Tinggi inlet cyclone (Hc)	:	5,37 ft = 1,6 m
Diameter inlet cyclone (Bc)	:	2,68 ft = 0,8 m
Diameter outlet gas (De)	:	5,37 ft = 1,6 m
Tinggi silinder total (Lc)	:	21,46 ft = 6,5 m
Diameter outlet solid (Jc)	:	2,68 ft = 0,8 m
Tinggi tutup (Zc)	:	21,46 ft = 6,5 m

28. BLOWER (G-272)

Fungsi	:	Memindahkan udara bebas ke rotary dryer
Tipe	:	Centrifugal Blower
Effisiensi Moto	:	80%
Power	:	1 Hp
Jumlah	:	1 buah
jenis blade	:	Backward Curved Blade

29. MOLECULAR SIEVE (H-273)

Fungsi	:	Mengurangi kelembaban udara yang masuk ke rotary dryer
Type	:	4A
Bahan resin	:	4A
Bahan konstruksi	:	Carbon steel SA-283 grade C
Dimensi	:	Diameter = 4,914 m = 16,122 ft
	:	Tinggi = 11,328 m = 37,165 ft

30. BURNER (Q-274)

Fungsi	:	Memanaskan udara dari 30°C hingga 110°C
Type	:	Thermal direct fired heater
Jumlah	:	1
a. Badan alat pembakar		
Ukuran alat pembakar (D)	=	15 (3/4) mm(in)
Tebal tabung	=	3,25 mm
Diameter penguat	=	36 mm
Pangkal badan alat pembakar menguncup, sudut	=	20°
Diameter dalam bagian pangkal (D.1)	=	19,05 mm
Ujung badan alat pembakar mengembang, sudut	=	10°
Diameter dalam kerongkong (D.2)	=	6 1/3 mm
b. Kepala alat pembakar		
Jumlah lubang pemegang ap	=	12
Diameter lubang	=	3 mm



c. Nosel

Ukuran pipa berulir = 25,4 mm = 1 in

Diameter lubang penyempro = 3 mm

Ukuran nosel = 6.35 mm (1/4 in)

d. Cincin Pengatur Udara

Diameter cincin pengatur udara (D.3) = 3 mm

31. COOLING CONVEYOR (E-280)

Fungsi : Memindahkan serta mendinginkan produk hingga 32°C ke bucket elevator

Average Bulk Density : 75,40 lb/ft³

Material Class : D 27

Screw Diameter : 12 in

Kapasitas : 10,76 Ton/Jam

Diameter Of Flights : 10 in

Diameter Of Pipe : 2,5 in

Diameter Of Shaft : 2 in

Panjang : 15 ft = 5 m

Power Motor : 1 Hp

Tebal Jacket : 1/5 in

Diameter Jacket : 16,38 in

Space : 3,002 in

Jumlah : 1

32. BUCKET ELEVATOR I (J-281)

Fungsi : Memindahkan kristal acetanilide ke Ball Mill (C-310)

Tinggi : 25 ft = 8 m

Ukuran Bucket : 6 x 4 x 4,5 in

Elevator Speed : 225 ft/menit

Lebar Belth : 7 in

Bucket Spacing : 5 in

Power Head Shaft : 1 Hp

Power Tambahan : 0,02 Hp

Effisiensi motor : 80%

Power Total : 2 Hp

Alat Bantu : Hopper Chute

Jumlah : 1 Buah

33. BALL MILL (C-310)

Fungsi : Mengecilkan ukuran kristal acetanilide

No. Sieve : No 100 sieve = 100 mesh

Power : 150 Hp

Kecepatan : 23,45 rpm

Berat Bola : 13,1 ton

Panjang : 8 ft = 2,4 m



Diameter : 6 ft = 1,8 m
Jumlah : 1 buah

34. SCREW CONVEYOR 3 (J-311)

Fungsi : Untuk memindahkan kristal acetanilide yang ukurannya seragam dari ball mill ke bucket elevator
Average Bulk Density : 75,40 lb/ft³
Material Class : D 27
Screw Diameter : 12 in
Diameter Of Flights : 10 in
Diameter Of Pipe : 2,5 in
Diameter Of Shaft : 2 in
Panjang : 15 ft = 5 m
Power Motor : 1,27 Hp
hangers center : 10 ft = 3 m
speed : 80 r/min
max torque capacity : 7600 in-lb
max size lumps : 0,75
feed section diameter : 9 in

35. BUCKET ELEVATOR II(J-312)

Fungsi : Memindahkan kristal acetanilide ke silo penampung Acetanilide (F-320)
Tinggi : 25 ft = 8 m
Ukuran Bucket : 6 x 4 x 4,5 in
Elevator Speed : 225 ft/menit
Lebar Belth : 7 in
Bucket Spacing : 5 in
Power Head Shaft : 1 Hp
Power Tambahan : 0,02 Hp
Effisiensi motor : 80%
Power Total : 2 Hp
Alat Bantu : Hopper Chute
Jumlah : 1 Buah

36. SILO PENAMPUNG ACETANILIDE (F-320)

Fungsi : Menampung produk acetanilide
Type : Silinder tegak dengan tutup atas flat dan tutup bawah conis
Bahan : SA 283 C Carbon Steel
Tekanan : 1 atm
Suhu : 32 °C
Jumlah : 1 buah
a. Dimensi Shell
Diameter = 9,4 ft = 3
Tinggi = 28,3 ft = 9



Tebal = $\frac{1}{3}$ in

Tebal Tutup Atas = $\frac{1}{3}$ in

b. Dimensi Tutup Bawah (Conis)

Tinggi = 11 ft = 3 m

Tebal = $\frac{1}{3}$ in

c. Dimensi Tutup Atas (datar)

Tebal tutup = $\frac{1}{4}$ ft = 0,07 m



BAB VI

INSTRUMENTASI ALAT DAN KESELAMATAN

VI.1 Instrumentasi

Dalam rangka pengoperasian pabrik, pemasangan alat – alat instrumentasi sangat dibutuhkan dalam memperoleh hasil produksi yang optimal. Pemasangan alat – alat instrumentasi disini bertujuan sebagai pengontrol jalannya proses produksi dari peralatan – peralatan pada awal sampai akhir produksi. Dimana dengan alat instrumentasi tersebut, kegiatan maupun aktifitas tiap – tiap unit dapat dicatat kondisi operasinya sehingga sesuai dengan kondisi operasi yang dikehendaki serta mampu memberikan tanda – tanda apabila terjadi penyimpangan selama proses produksi berlangsung.

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

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

Adapun variable proses yang diukur dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Variabel yang berhubungan dengan energi, seperti temperatur, tekanan, dan radiasi.
2. Variabel yang berhubungan dengan kuantitas dan rate, seperti pada kecepatan aliran fluida, ketinggian liquida dan ketebalan.
3. Variabel yang berhubungan dengan karakteristik fisik dan kimia, seperti densitas, kandungan air.

Yang harus diperhatikan didalam pemilihan alat instrumentasi adalah :

1. Level, Range dan Fungsi dari alat instrumentasi.
2. Ketelitian hasil pengukuran.



3. Konstruksi material.
4. Pengaruh yang ditimbulkan terhadap kondisi operasi proses yang berlangsung.
5. Mudah diperoleh dipasaran.
6. Mudah dipergunakan dan mudah diperbaiki jika rusak.

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

1. Melakukan pengukuran.
2. Sebagai pembanding hasil pengukuran dengan kondisi yang harus dicapai.
3. Melakukan perhitungan.
4. Melakukan koreksi.

Alat instrumentasi otomatis dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Sensing/Primary Element

Alat kontrol ini langsung merasakan adanya perubahan pada variabel yang diukur, misalnya temperatur. Primary Element merubah energi yang dirasakan dari medium yang sedang dikontrol menjadi signal yang bisa dibaca (yaitu dengan tekanan fluida).

2. Receiving Element/Elemen Pengontrol

Alat kontrol ini akan mengevaluasi signal yang didapat dari sensing element dan diubah menjadi skala yang bisa dibaca, digambarkan dan dibaca oleh error detector. Dengan demikian sumber energi bisa diatur sesuai dengan perubahan–perubahan yang terjadi.



3. *Transmitting Element*

Alat kontrol ini berfungsi sebagai pembawa signal dari sensing element ke receiving element. Alat kontrol ini mempunyai fungsi untuk merubah data bersifat analog (tidak terlihat), menjadi data digital (dapat dibaca). Disamping ketiga jenis tersebut, masih terdapat peralatan pelengkap yang lain, yaitu Error Detector Element, alat ini akan membandingkan besarnya harga terukur pada variabel yang dikontrol dengan harga yang diinginkan dan apabila terdapat perbedaan alat ini akan mengirimkan signal error. Amplifier akan digunakan sebagai penguat signal yang dihasilkan oleh error detector jika signal yang dikeluarkan lemah. Motor operator signal error yang dihasilkan harus diubah sesuai dengan kondisi yang diinginkan, yaitu dengan penambahan variabel manipulasi. Kebanyakan sistem kontrol memerlukan operator atau motor untuk menjalankan Final Control Element Final Control Element adalah untuk mengoreksi harga variabel manipulasi. Instrumentasi pada perancangan pabrik ini:

1. *Flow Control (FC)*

Mengontrol aliran setelah keluar pompa.

2. *Flow Ratio Control (FRC)*

Mengontrol ratio aliran yang bercabang setelah pompa.

3. *Level Control (LC)*

Mengontrol ketinggian bahan didalam tangki, dapat juga digunakan sebagai (WC) Weight Control.

4. *Level Indicator (LI)*

Mengindikasikan/informatif ketinggian bahan didalam tangki.

5. *Pressure Control (PC)*

Mengontrol tekanan pada aliran/alat.

6. *Pressure Indicator (PI)*

Mengindikasikan/informatif tekanan pada aliran/alat.

7. *Temperature Control (TC)*

Mengontrol suhu pada aliran/alat.



Tabel VI.1 Instrumentasi pada Pabrik

No.	Nama Alat	Instrumentasi
1.	Tangki Penampung <i>Aniline</i>	LI
2.	Tangki Penampung <i>Benzene</i>	LI
3.	Tangki Penampung <i>Acetic Anhydride</i>	LI
4.	Pompa	FC
5.	Tangki Pelarutan	LC
6.	Reaktor	LC, TC
7.	Akumulator	LC
8.	Kondensor	TC
9.	Cooler	TC
10.	Silo Penampung Karbon Aktif	WC
11.	Tangki Decolorizer	LC
12.	Crystallizer	TC
13.	Cooling Conveyor	TC
14.	Silo Penampung <i>Acetanilide</i>	WC

VI.2 Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja atau safety factor adalah hal yang paling utama yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu pabrik, hal ini disebabkan karena :

1. Dapat mencegah terjadinya kerusakan–kerusakan yang besar yang disebabkan oleh kebakaran atau hal lainnya baik terhadap karyawan maupun oleh peralatan itu sendiri.
2. Terpeliharanya peralatan dengan baik sehingga dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama. Bahaya yang dapat timbul pada suatu pabrik banyak sekali jenisnya, hal ini tergantung pada bahan yang akan diolah maupun tipe proses yang dikerjakan.

Secara umum bahaya – bahaya tersebut dapat dibagi dalam tiga kategori, yaitu :

1. Bahaya kebakaran.
2. Bahaya kecelakaan secara kimia.



3. Bahaya terhadap zat-zat kimia.

Untuk hal yang perlu mendapatkan perhatian pada setiap pabrik pada umumnya dan pada pabrik ini pada khususnya.

VI.2.1 Bahaya Kebakaran

A. Penyebab kebakaran

1. Adanya nyala terbuka (open flame) yang datang dari unit utilitas, workshop dan lain-lain.
2. Adanya loncatan bunga api yang disebabkan karena korsleting aliran listrik seperti pada stop kontak, saklar serta instrument lainnya.

B. Pencegahan

1. Menempatkan unit utilitas dan power plant cukup jauh dari lokasi proses yang dikerjakan.
2. Menempatkan bahan yang mudah terbakar pada tempat yang terisolasi dan tertutup.
3. Memasang kabel atau kawat listrik di tempat-tempat yang terlindung, jauh dari daerah yang panas yang memungkinkan terjadinya kebakaran.

C. Alat pencegah kebakaran

1. Instalasi permanen seperti fire hydrant system dan sprinkle otomatis.
2. Pemakaian portable fire-extinguisher bagi daerah yang mudah dijangkau bila terjadi kebakaran.
3. Untuk pabrik ini lebih disukai alat pemadam kebakaran tipe karbon dioksida.
4. Jika bahan baku ada yang beracun, maka perlu digunakan kantong-kantong udara atau alat pernafasan yang ditempatkan pada daerah-daerah strategis pada pabrik.



Tabel VI.2 Jenis dan Jumlah Fire-Exthingusher

No.	Tempat	Jenis	Berat Serbuk	Jarak Semprot	Jumlah
1.	Pos Keamanan	YA-10L	3,5 kg	8 m	3
2.	Kantor	YA-20L	6,0 kg	8 m	2
3.	Daerah Proses	YA-20L	8,0 kg	7 m	4
4.	Gudang	YA-10L	4,0 kg	8 m	2
5.	Bengkel	YA-10L	8,0 kg	7 m	2
6.	Unit Pembangkitan	YA-20L	8,0 kg	7 m	2
7.	Laboratorium	YA-20L	8,0 kg	7 m	2

VI.2.2 Bahaya Kecelakaan

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

A. Vessel

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

1. Menyeleksi dengan hati – hati bahan konstruksi yang sesuai, tahan korosi serta memakai corrosion allowance yang wajar. Untuk pabrik ini, semua bahan konstruksi yang umum dapat dipergunakan dengan pengecualian adanya seng dan tembaga. Bahan konstruksi yang biasanya dipakai untuk tangki penyimpanan, perpipaan dan peralatan lainnya dalam pabrik ini adalah steel. Semua konstruksi harus sesuai dengan standart ASME (America Society Mechanical Engineering).
2. Memperhatikan teknik pengelasan.
3. Memakai level gauge yang otomatis.



4. Penyediaan man-hole dan hand-hole (bila memungkinkan) yang memadai untuk inspeksi dan pemeliharaan. Disamping itu peralatan tersebut harus dapat diatur sehingga mudah untuk digunakan.

B. Heat Exchanger

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

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

C. Peralatan Bergerak

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

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

D. Perpipaan

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



1. Pemasangan pipa, untuk ukuran yang tidak besar hendaknya pada elevasi yang tinggi tidak didalam tanah karena dapat menimbulkan kesulitan apabila terjadi kebocoran.
2. Bahan konstruksi yang dipakai untuk perpipaan harus memakai bahan konstruksi dari steel.
3. Sebelum dipakai, hendaknya diadakan pengecekan dan pengetesan terhadap kekuatan tekan dan kerusakan yang diakibatkan karena perubahan suhu, begitu juga harus dicegah terjadinya over stressing atau pondasi yang bergerak.
4. Pemberian warna pada masing-masing pipa yang bersangkutan akan dapat memudahkan apabila terjadi kebocoran.

E. Listrik

Kebakaran sering terjadi akibat kurang baiknya perencanaan instalasi listrik dan kebocoran operator yang menanganinya. Sebagai usaha pencegahannyadapat dilakukan :

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

F. Isolasi

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



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

G. Bangunan Pabrik

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

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

Banyak bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan. Biasanya para pekerja tidak mengetahui seberapa jauh bahaya yang dapat ditimbulkan oleh bahan kimia seperti bahan–bahan berupa gas yang tidak berbau atau tidak berwarna yang sangat sulit diketahui jika terjadi kebocoran. Untuk itu sering diberikan penjelasan pendahuluan bagi para pekerja agar mereka dapat mengetahui bahan kimia tersebut berbahaya. Cara lainnya adalah memberikan tanda–tanda atau gambar–gambar pada daerah yang berbahaya atau pada alat–alat yang berbahaya, sehingga semua orang yang berada didekatnya dapat lebih waspada. Selain hal–hal tersebut diatas, usaha–usaha lain dalam menjaga keselamatan kerja dalam pabrik ini adalah memperhatikan hal–hal seperti :

1. Didalam ruang produksi para pekerja dan para operator dilarang merokok.
2. Harus memakai sepatu karet dan tidak diperkenankan memakai sepatu yang alasnya berpaku.
3. Untuk pekerja lapangan maupun pekerja proses dan semua orang yang memasuki daerah proses diharuskan mengenakan topi pengaman agar terlindung dari kemungkinan kejatuhan barang – barang dari atas.



4. Karena sifat alami dari steam yang sangat berbahaya, maka harus disediakan kacamata tahan uap, masker penutup wajah dan sarung tangan yang harus dikenakan.

VI.3 Peningkatan Keselamatan Kerja

A. Lingkungan Fisik

Peningkatan usaha keselamatan kerja yang berkaitan dengan lingkungan fisik meliputi :

1. Perencanaan mesin dan peralatan dengan memperhatikan keselamatan kerja.
2. Pengolahan alat yang benar
3. Menciptakan suasana kerja yang nyaman (suhu, dan penerangan yang cukup)

B. Manusia

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

C. Sistem Manajemen

Sistem manajemen yang benar meliputi :

1. Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang keselamatan kerja, dengan pelaksanaan dan pengawasan.
2. Melaksanakan prosedur kerja yang tetap berpedoman pada keselamatan kerja karyawan.
3. Membuat usaha-usaha untuk mengawasi bahaya yang mungkin timbul ditempat kerja.

VI.4 Alat Pelindung Diri

Untuk mengurangi akibat kerja, maka setiap perusahaan harus menyediakan alat pelindung diri yang sesuai dengan jenis pekerjaan setiap karyawannya. Macam-macam alat pelindung diri antara lain :

1. Alat pelindung mata
2. Alat pelindung muka
3. Masker



4. Sarung tangan
5. Sepatu pengaman
6. Baju pelindung
7. headset

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

1. Untuk peralatan pabrik seperti baja/tangki harus disediakan seleksi bahan konstruksi, juga penyediaan alat-alat kontrol tekanan dan suhu, yang keseluruhannya berguna untuk menghindari terjadinya peledakan.
2. Perpipaan yang mengandung steam pemanasan maupun bahan panas diberi tanda peringatan dan dijauhkan dari jalan lalu lalang (*manway*)
3. Dalam ruang pelistrikan, agar diberi penerangan yang cukup agar operator dapat bekerja dengan baik. Kabel-kabel listrik yang berdekatan dengan peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi agar diberi isolasi yang cukup.
4. Pada tiap gedung yang tinggi harus dipasang penangkal petir
5. Konstruksi dan bangunan pabrik harus diperhatikan kekuatannya terutama yang digunakan untuk menyangga suatu alat proses.
6. Untuk peralatan yang bergerak sebaiknya dipasang pagar-pagar pengaman dan jarak yang cukup antar unit-unit untuk mempermudah pemeliharaan.
7. Untuk mencegah bahaya kebakaran, sebaiknya setiap ruangan disediakan alat pemadam kebakaran. Tata ruang pada lokasi pabrik diatur sehingga bisa dilewati mobil pemadam kebakaran dan sebaiknya bangunannya dibuat terpisah, sehingga apabila terjadi kebakaran apinya dapat dilokalisir.
8. Harus dipasang alarm pada setiap peralatan pabrik yang berbahaya agar semua personil dapat segera mengetahui dan bertindak apabila ada bahaya.
9. Limbah pabrik yang direncanakan ini berupa air, dimana air ini dialirkan ke unit pengolahan air untuk dipergunakan lagi, atau kalau tidak bisa akan dibuang ke sungai yang ada didekat lokasi pabrik (asal tidak mengandung bahan-bahan berbahaya)
10. Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu perawatan periodik terhadap seluruh peralatan dan instalasi pabrik.



VI.5 Kesehatan Kerja

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

1. *Industrial Hygiene / Hygiene* perusahaan

Menyangkut bidang teknis dan dititik-beratkan pada persoalan kebersihan dan hal-hal yang berhubungan dengan kesehatan bagi karyawan

2. *Hyperkes / Hygiene* perusahaan dan kesehatan kerja

Menyangkut bidang teknis dan bidang medis. Disini seluruh karyawan dituntut untuk terjun secara aktif dalam persoalan hyperkes atau keselamatan kerja.

3. *Toxicology*

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

4. Gizi Kerja

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

5. Sanitasi

Merupakan pencegahan penyakit dengan cara pengawasan kesehatan kerja.

6. *Ventilasi* Industri

Ventilasi industri untuk mengendalikan kualitas udara di dalam area kerja, terutama dalam industri yang menghasilkan debu, gas, uap kimia, atau partikel berbahaya lainnya. Pemasangan *fan* yang bertujuan untuk memberikan kenyamanan dan mengurangi keadaan yang beracun.

7. Kebisingan

Kebisingan disebabkan oleh suara mesin, peralatan, proses produksi, kendaraan, atau aktivitas industri lainnya sangat mengganggu pekerja, membuat tidak fokus dan menyebabkan kerusakan pendengaran, maka digunakan alat peredam suara seperti earplug atau earmuff untuk pekerja yang harus bekerja di area bising.



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik Acetanilide dari Aniline dan Acetic Anhydride dengan Proses Batch dan Penambahan Benzene sebagai Zat Aditif"

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



BAB VII UTILITAS

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

1. Unit Pengolahan Air
2. Unit Penyedia Steam
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Bahan Bakar
5. Unit Pengolahan Limbah

VII.1 Unit Penyediaan Steam

Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam yang berguna sebagai media pemanasan pada pabrik ini.

Direncanakan boiler menghasilkan steam pada :

$$\begin{aligned}\text{Tekanan (P)} &= 4,5 \text{ atm} \\ \text{Temperatur (T)} &= 148 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{dengan } h_v &= 2743 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Perry, 7th ed T.27-6}) \\ &= 630,89 \text{ kkal/kg} \\ &= 1134,3 \text{ BTU/lb}\end{aligned}$$

a. Jumlah Kebutuhan Steam

Nama Alat	Steam (Kg/Jam)
R-210	5059,6918
Total	5059,6918

Untuk faktor keamanan dari kebocoran diperbesar hingga 20% maka :

$$\begin{aligned}\text{Total Kebutuhan} &= 5059,6918 \times 120\% \\ &= 6071,6301 \text{ Kg/Jam} \\ &= 13357,586 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

b. Menghitung Kebutuhan Bahan Bakar

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

dimana :

m_f = massa bahan bakar yang dipakai, lb/jam

m_s = massa steam yang dihasilkan, lb/jam

h_v = enthalpy uap yang dihasilkan, BTU/lb

h_f = enthalpy liquida masuk, BTU/lb.

e_b = efisiensi boiler 85-92% [Severn, W.H, hal. 142]

F = nilai kalor bahan bakar, Btu/lb

$$h_v = 1134 \text{ Btu/lb} \quad (\text{suhu steam} = 148 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad [\text{steam table smith}]$$

$$h_f = 970,3 \text{ Btu/lb} \quad (\text{suhu air} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad [\text{steam table smith}]$$

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



digunakan bahan bakar : No. 2 fuel oil
 Petroleum fuels oil 33° API (0,22% sulfur)
 dari perry 7th ed , F. 27-3, didapat : (Perry, 7th ed T.27-6)
 ρ = 0,87 gr/ml (Ulrich, hal.332)
 = 54,312 lb/ft³
 = 7,2561 lb/gal
 Heating Value = 38 GJ/m³ (Ulrich, hal.332)
 = 136339 BTU/gal
 Kebutuhan Fuel Oil = $\frac{136339}{7,2561}$
 = 18790 BTU/lb
 m_f = $\frac{m_s (h_v - h_f)}{e_b \cdot F} \times 100$ [Severn, W.H, hal. 142]
 = 12675,768 lb/jam

c. Kapasitas Boiler

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

$$= 2191,1814 \text{ kBTU/jam}$$

d. Penentuan Boiler Power

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

$$= 65,4566 \text{ hp}$$

e. Penentuan Heating Surface Boiler

untuk tiap 1 hp boiler dibutuhkan 10 ft² heating surface
 Heating surface = 654,57 ft²

f. Kebutuhan Air Untuk Pembuatan Steam

Air yang dibutuhkan 20% lebih dari jumlah steam yang dibutuhkan untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan steam} &= 13357,59 \text{ lb/jam} \\ \text{kebutuhan air} &= 120\% \times 13358 \text{ lb/jam} \\ &= 16029 \text{ lb/jam} \\ &= 7286 \text{ kg/jam} \\ \text{densitas air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Volume air} &= \frac{7286}{1000} \\ &= 7,286 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 174,86 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Air kondensat dari hasil pemanasan direcycle kembali ke boiler.

Dianggap kehilangan air kondensat 20%

Maka air yang ditambahkan sebagai make up water adalah

$$\begin{aligned} \text{make up water} &= 1,457 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 34,973 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk steam} &= \text{kebutuhan boiler} + \text{make up water} \\ &= 209,84 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$



SPESIFIKASI BOILER

Nama alat	= boiler
Tipe	= fire tube boiler
Heating surface	= 654,57 ft ²
Kapasitas boiler	= 2191,2 kBTU/jam
Rate steam	= 13358 lb/jam
Efisiensi	= 92%
Bahan bakar	= Diesel oil 33° API
Rate bahan bakar	= 12676 lb/jam
Jumlah	= 1

VII.2 Unit Penyediaan Air

Air merupakan bahan yang memegang peranan penting dan harus memenuhi persyaratan tertentu yang disesuaikan dengan masing-masing keperluan pabrik. Penyediaan air untuk pabrik acetanilide ini direncanakan dari air sungai. Air sungai sebelum masuk ke dalam bak penampung dilakukan penyaringan agar kotoran yang berukuran makro hilang. Selanjutnya akan dilakukan pengolahan lebih lanjut. Air di dalam pabrik dibedakan menjadi 4 bagian :

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

VII.2.1 Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, perkantoran, taman, pemadam kebakaran dan kebutuhan yang lain. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan No. 492/Menkes/Per/IV/2010.

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
Suhu	°C	Suhu air normal (25-30°C)
Kekerungan	Skala NTU	5
Warna	Skala TCU	15
Jumlah zat terlarut	mg/L	500
pH		6,5 - 8,5
Kesadahan	mg/L	500
CO ₂ bebas	ppm CO ₂	-
DO	ppm O ₂	>4
Nitrit	mg/L	3
Amonia	mg/L	1,5
Fosfat	mg/L	-
Sulfida	mg/L	-
Besi	mg/L	0,3
Krom Heksafelan	mg/L	0,05
Mangan	mg/L	0,4
Seng	mg/L	3
Timbal	mg/L	0,01



COD	ppm O ₂	10
Deterjen	ppm MBAS	0,5

Kebutuhan Air Sanitasi untuk pabrik ini adalah untuk :

- Karyawan	
Asumsi kebutuhan air untuk karyawan	= 15 L/hari per orang
jumlah karyawan	= 194 orang
kebutuhan air	= 2910 L/hari
	= 3 m ³ /hari
- Laboratorium	= 20 m ³ /hari
- Kebersihan pabrik	= 10 m ³ /hari
- Cadangan dan lain - lain	= 12 m ³ /hari
	= 45 m ³ /hari
	= 45000 kg/hari
	= 1875 kg/jam

VII.2.2 Air Umpan Boiler

Air ini digunakan untuk menghasilkan steam pada alat boiler. Air umpan harus memenuhi persyaratan yang ketat, karena kelangsungan hidup boiler tergantung dengan kondisi umpan air.

Berikut beberapa persyaratan air umpan boiler :

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

Kebutuhan air umpan boiler dapat diketahui pada perhitungan boiler

$$\text{Kebutuhan air umpan boiler} = 209,8355 \text{ m}^3/\text{hari}$$

VII.2.3 Air Pendingin (Cooling Water)

Air ini digunakan untuk menurunkan suhu suatu proses. Ada beberapa persyaratan untuk air pendingin :

Karakteristik	kadar maximum (ppm)	
	Air Boiler	Air Pendingin
Silica	0,7	50
Aluminum	0,01	-
Iron	0,05	-
Manganese	0,01	-
Calcium	-	200
Sulfate	-	680
Chloride	-	600
Dissolved Solid	200	1000
Suspended Solid	0,5	5000
Hardness	0,07	850

(λ : 302)



Alkalinity	40	500
------------	----	-----

a. Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Air Pendingin (Kg/Jam)
E-211	108.226,48
E-213	120.157,41
S-250	125.323,27
E-280	89196,69
Total	442903,8491

Kebutuhan air pendingin diperbesa 20% untuk faktor keamanan, maka :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air pendingin} &= 442903,85 \times 120\% \\ &= 531484,62 \text{ Kg/Jam} \\ &= 1169266,2 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

b. Cooling Tower (P-350)

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air pendingin} &= 1169266,2 \text{ lb/jam} \\ \rho_{\text{air}} &= 1000 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Volume air} &= 531,4846 \text{ m}^3/\text{Jam} \\ &= 12755,631 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2339,5953 \text{ gpm}\end{aligned}$$

Dianggap air kehilangan sirkulasi sebesar 10% dari total air pendingin

$$\begin{aligned}\text{Sehingga air yang disirkulasi} &= 90\% \times 12755,6309 \\ &= 11480 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Make up water} &= 10\% \times 12755,6309 \\ &= 1275,6 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Jadi, total kebutuhan air (disirkulasi) sebesar = 2339,6 gpm

Digunakan udara sebagai pendingin dengan relative humidity 70%

$$\begin{aligned}T_{\text{air masuk}} (T_1) &= 45 \text{ }^{\circ}\text{C} ; 113 \text{ }^{\circ}\text{F} \\ T_{\text{air keluar}} (T_2) &= 30 \text{ }^{\circ}\text{C} ; 86 \text{ }^{\circ}\text{F} \\ \Delta T &= 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad 59 \text{ }^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{\text{wet bulb}} &= 21 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ T_{\text{WB}} &= 95 \text{ }^{\circ}\text{F} \\ T_{\text{approach}} &= T_1 - T_{\text{WB}} \\ &= 18 \text{ }^{\circ}\text{F} \\ T_{\text{range}} &= T_1 - T_2 \\ &= 27 \text{ }^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan linier Air Pendingin} = 3 \text{ gal/menit.ft (Perry 8 ed. hal 12-1)}$$

c. Menghitung Dimensi Cooling Water

$$\begin{aligned}\text{Luas Permukaan} &= \frac{Q_{\text{masuk}}}{\text{Kecepatan Linear}} \\ (A) &= 779,8651 \text{ ft}^2\end{aligned}$$



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

$$779,8651 = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$D = 31,5192 \text{ ft}$$

d. Menghitung Dimensi Basin

$$A = P \times L$$

Asumsi :

$$P = 3 L$$

$$779,865097 = 3 L^2$$

$$L = 16,1231 \text{ ft} = 4,91 \text{ m}$$

$$P = 48,3694 \text{ ft} = 14,7 \text{ m}$$

Menurut Perry 8 ed, hal 12-19

Tinggi CT dengan T wet bulb = 21 °C adalah

T cooling tower = 17 ft = 5,2 m

e. Menghitung Make Up Water

$$\text{Aliran Masuk CW} = 531,4846 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Evaporation Loss (We)} &= 0,00085 \times W_c (T_1 - T_2) \\ &= 12,1976 \text{ m}^3/\text{Jam} \quad \text{Perry 7th ed. 12-17} \end{aligned}$$

Water Drift Loss (Wd)

Air yang keluar karena fan berputar, standartnya adalah dari jumlah air yang tersirkulasi **Perry 7th ed. 12-17**

$$\begin{aligned} W_d &= 0,20\% \times 531,4846 \\ &= 1,06297 \text{ m}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

Water Blow Down (Wb)

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

S = 5 **(Perry 7ed. Table 12-17)**

$$\begin{aligned} W_b &= \frac{W_e}{(S-1)} \\ &= 3,049 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Jadi air yang dibutuhkan untuk penambahan (Make Up Water) adalah

$$\begin{aligned} W_m &= W_e + W_b + W_d \quad \text{(Perry 7ed. Table 12-17)} \\ &= 16,3099 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

f. Power Fan

Performance dari cooling tower 90%, **dari perry 8ed-F.12-8d** diperoleh

Power fan = 0,03 hp/ft² dari area tower, maka power fan :



$$\begin{aligned}\text{Power fan} &= A \times 0,03 \\ &= 23,396 \text{ hp} \\ \text{Efisiensi fan} &= 80\% \\ \text{Power fan} &= 29,2 \text{ hp}\end{aligned}$$

SPESIFIKASI

Fungsi : Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai pendingin
Nama alat : Cooling tower
Tipe : Cross flow induced draft cooling tower
Power : 29,2 Hp
Kapasitas : 531,48 m³/jam
Diameter : 31,5 ft ; 9,58 m
Tinggi : 17 ft ; 5,17 m
Panjang : 48,4 ft ; 14,7 m
Lebar : 16,1 ft ; 4,9 m

VII.2.4 Air Proses

Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Air Proses (Kg/Jam)
H-240	4.536,83

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air proses diperbesar } 20\% \text{ untuk faktor keamanan,} \\ \text{Kebutuhan air proses} &= 4536,828 \times 120\% \\ &= 5444,1936 \text{ Kg/Jam} \\ &= 11977,226 \text{ lb/jam} \\ &= 191,94272 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 5,4352133 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 130,44512 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

VII.3 Unit Pengolahan Air (Water Treatment)

Air untuk keperluan industri harus bebas dari kontaminan yang merupakan faktor penyebab terbentuknya endapan dan korosi pada logam dan lainnya. Untuk mengatasi masalah ini maka dari sumber air perlu pengolahan sebelum di pergunakan. Air sungai dipompa ke bak penampung (F-110) yang terlebih dahulu dilakukan penyaringan dengan cara memasang serat kayu agar kotoran yang bersifat makro akan terhalang dan tidak ikut masuk dalam tangki koagulasi-flokulasi (M-210, M-220). Selanjutnya air sungai dipompa ke clarifier (H-310). Pada clarifier ini flok-flok akan mengendap yang kemudian endapan ini ditampung pada bak penampung endapan (F-311). Air bersih kemudian ditampung pada bak air jernih (F-312) yang selanjutnya dilewatkan sand filter (H-320) untuk menyaring kotoran yang masih terikat oleh air. Air yang keluar ditampung ke bak air bersih (F-321). Air yang digunakan untuk air sanitasi dialirkan ke bak sanitasi (F-326) dan diberi desinfektan. Air untuk umpan boiler dan air proses di proses terlebih dahulu dengan dialirkan ke kation dan anion exchanger (H-330, H-340) dan ditampung di bak (F-341). Untuk air



pendingin akan ditampung di bak (F-325).

Jumlah Kebutuhan Air

Kebutuhan Air	Berat (Kg/Jam)
Air Boiler	6071,630101
Air Pendingin	531484,6189
Air Sanitasi	1875
Air Proses	5444,193581
Total	544875,4426

$$\begin{aligned}\text{Total Kebutuhan Air} &= 544875,44 \text{ kg/jam} \\ &= 13077011 \text{ kg/hari} \\ &= 13077,011 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 544,87544 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Untuk faktor keamanan air sungai dilebihkan 20%
maka :

$$\begin{aligned}\text{Total Kebutuhan Air} &= 13077,011 \times 120\% \\ &= 15692,413 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 653,85053 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

IV.4 Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

1. BAK PENAMPUNG AIR SUNGAI

Fungsi : Menampung air sungai sebelum diolah menjadi air bersih

Bentuk : Bak persegi panjang

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik} &= 653,85 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Asumsi Padatan yang mengendap dan dibuang} &= 10\% \\ Q \text{ masuk} &= Q \text{ air bersih} + Q \text{ padatan} \\ Q \text{ padatan} &= 10\% \times Q \text{ masuk} \\ Q \text{ masuk} &= \frac{Q \text{ air bersih}}{90\%}\end{aligned}$$

$$= 726,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q \text{ padatan} = 72,650 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu Tinggal} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air} = 1453 \text{ m}^3$$

Asumsi :

Air mengisi 80% bak

$$\text{Volume bak} = 1816,3 \text{ m}^3$$

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

Asumsi :

$$P = 2 \text{ L} = 2 \text{ T}$$

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

$$T = 1 \text{ T}$$

$$\text{Volume bak} = 2 \text{ T}^3$$

$$1453 = 2 \text{ T}^3$$

$$\text{T}^3 = 726,5$$

$$T = 8,99 \text{ m} ; 29,6 \text{ ft}$$

$$P = 18,0 \text{ m} ; 59 \text{ ft}$$



$$\begin{aligned}L &= 8,99 \text{ m} ; 29,6 \text{ ft} \\T_c &= 7,19 \text{ m} ; 23,7 \text{ ft}\end{aligned}$$

SPESIFIKASI BAK PENAMPUNG AIR SUNGAI

Fungsi	=	Menampung Air Sungai
Kapasitas	=	$726,50 \text{ m}^3/\text{jam}$ = 191921,1 gallon
Type	=	carbon steel
Bentuk	=	Persegi panjang
Panjang	=	18,0 m
Lebar	=	9,0 m
Tinggi	=	9,0 m
Tinggi cairan	=	7,2 m

2. TANGKI KOAGULASI

Fungsi : Untuk membentuk koagulan dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (pad
 $Q_{\text{masuk}} + Q_{\text{koagulan}} = Q_{\text{keluar}}$

$$\begin{aligned}Q_{\text{masuk}} &= 653,851 \text{ m}^3/\text{jam} \\&= 653850,5 \text{ L/jam}\end{aligned}$$

a. Perhitungan Dimensi Tangki Koagulan Dan Kebutuhan Tawas

$$\begin{aligned}\text{Kelarutan tawas} &= 250 \text{ g/L} \\ \text{Dosis Tawas} &= 20 \text{ mg/L} \quad (\text{AWWA : T.5.2 : 94}) \\ \text{Kebutuhan Tawas} &= 20 \times 653850,53 \\ &= 13077011 \text{ mg/jam} \\ &= 13,07701 \text{ Kg/Jam} \\ &= 313,8483 \text{ Kg/hari} \\ &= 103569,9 \text{ Kg/Tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{tawas}} &= 2672 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Rate Volumetrik} &= 0,00489 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keb air untuk melarutkan tawas} &= 52,30804 \text{ L/jam} \\ &= 0,052308 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{keluar}} &= Q_{\text{masuk}} + Q_{\text{koagulan}} \\ &= 653,855 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu Tinggal} &= 3 \text{ menit} \\ &= 0,05 \text{ Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Air} &= Q_{\text{keluar}} \times \text{Waktu Tinggal} \\ &= 32,692771 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Asumsi Bahan Mengisi} &= 80\% \text{ Bak} \\ \text{Volume Bak} &= 40,865964 \text{ m}^3\end{aligned}$$



Asumsi

$$H/D = 2$$

$$H = 2 D$$

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

$$40,8660 = \frac{\pi}{4} \times D^3 \times 2$$

$$D = 2,96 \text{ m} = 9,72 \text{ ft}$$

$$H = 5,93 \text{ m} = 19,44 \text{ ft}$$

$$H_c = 4,74 \text{ m} = 15,55 \text{ ft}$$

b. Perencanaan Pengaduk

Dipakai impeler jenis turbin dengan 6 buah flat blade (McCabe 5ed; p. 243)

$$\text{Diameter impeler (Da)} = 1/3 \text{ diameter shell} = 3,2 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar blade (w)} = 0.2 \text{ diameter impeler} = 0,6 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang blade} = 0.25 \text{ diameter impeler} = 0,8 \text{ ft}$$

$$\mu_{\text{air}} = 0,8 \text{ cP} ; 0,000536 \text{ lb/ft s}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3 ; 62,4 \text{ lb/ft}^3$$

$$V = \pi \times Da \times N \quad (\text{McCabe 5ed; p. 247})$$

Keterangan :

V : Perhiperal Speed (m/menit)

π : 3,14 (range 200-250 m/menit)

Da : Diameter Pengaduk (m)

N : Putaran Pengaduk (rpm)

$$\text{Diambil Putaran Pengaduk (N)} = 113 \text{ rpm} = 1,9 \text{ rps}$$

$$Da = 0,99 \text{ m}$$

$$V = 350 \text{ m/menit}$$

Penentuan Jumlah Pengaduk

$$\text{Jumlah Impeller} = \frac{H_c \times S_g}{D_{\text{tangki}}}$$

$$\text{Jumlah Impeller} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Reynold Number (Nre)} = \frac{\rho_{\text{air}} \times Da^2 \times N}{\mu_{\text{air}}}$$

$$\begin{aligned} Nre &= \frac{62,4 \times 10,499 \times 1,879}{0,000536} \\ &= 2296505,5 \end{aligned}$$



Karena $N_{Re} > 10000$, maka digunakan baffle. (McCabe, 259)

Untuk $N_{Re} > 10000$ diperlukan 4 buah baffle, sudut 90° [Perry 7ed;18-10]

Lebar baffle, $J = J/Dt = 1/12 \times 9,72 \text{ ft}$

Lebar baffle, $J = 1/12 \times Dt = 0,81 \text{ ft}$

Untuk $N_{Re} > 10000$, perhitungan power digunakan pers 5.5 Ludwig h.299 :

$$P = \frac{K^3 \times \rho \times (N)^3 \times (Da)^5}{g}$$

dengan : P = power ; hp

K^3 = faktor mixer (turbin) = 6,3

[Ludwig, Vol-1, T.5.1; hal 301]

g = konstanta gravitasi = $32 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbf/lbf}$

ρ = densitas ; lb/cuft

N = kecepatan putaran impeler ; rps

D = diameter impeler ; ft

$$\begin{aligned} P &= \frac{6,3 \times 62,40 \times 6,63 \times 357}{32,2} \\ &= 28922,716 \text{ lb ft/s} \\ &= 52,59 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Impeller} &= \frac{H_c \times S_g}{D \text{ tangki}} \\ &= 1,6 \text{ buah} = 2 \text{ buah} \\ \text{Untuk 2 buah impeller maka } P &= 105,17 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Energi Losses Pengaduk

Gland Losses (kebocoran tenaga akibat poros dan bearing) = 10%

$$\begin{aligned} \text{Gland Losses} &= 10\% \times 105,17 \\ &= 10,517 \text{ Hp} \end{aligned} \quad (\text{Meck: 11})$$

$$\begin{aligned} \text{Power Input} &= 10,517 + 105,17 \\ &= 115,69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Transmission System Losses} &= 20\% \\ \text{Transmission System Losses} &= 20\% \times 115,7 \\ &= 23,138 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Power Input} &= 23,138 + 115,7 \\ &= 138,83 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi motor} &= 80\% \\ \text{Power Motor} &= 173,54 \text{ Hp} \\ \text{Digunakan Power Motor} &= 176 \text{ Hp} \end{aligned}$$



SPESIFIKASI TANGKI KOAGULASI

Fungsi : Untuk membentuk koagulan dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Bahan : Carbon steel
Type : Silinder dilengkapi pengaduk
Kapasitas : $32,6928 \text{ m}^3$
 $8636,515 \text{ gallon}$

a. Dimensi Tangki

Diameter = $9,7206 \text{ ft}$
Tinggi = $19,441 \text{ ft}$

b. Sistem Pengaduk

Dipakai Impeller Jenis Turbin Dengan 6 buah Flate Blade Dengan 2 Impeller

Diameter Impeller = $3,2 \text{ ft}$
Panjang Blade = $0,81 \text{ ft}$
Lebar Blade = $0,65 \text{ ft}$
Power Motor = 176 Hp

3. TANGKI FLOKULASI

Fungsi : Untuk membentuk flokulan dengan penambahan PAC

$Q \text{ masuk} + Q \text{ flokulan} = Q \text{ keluar}$

$Q \text{ masuk} = 653,855 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 653855,4 \text{ L/jam}$

a. Perhitungan Dimensi Tangki Flokulan dan Kebutuhan PAC

Kelarutan PAC = 466 g/L
Dosis PAC = 3 mg/L (Hauser, 1996)
Kebutuhan PAC = $3 \times 653855,43$
 $= 1961566 \text{ mg/jam}$
 $= 1,961566 \text{ Kg/Jam}$
 $= 47,07759 \text{ Kg/hari}$
 $= 15535,6 \text{ Kg/Tahun}$

$\rho \text{ PAC} = 1370 \text{ Kg/m}^3$

Rate Volumetrik = $0,00143 \text{ m}^3/\text{jam}$

Kebutuhan air untuk melarutkan PAC = $4,20937 \text{ L/jam}$
 $= 0,004209 \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q \text{ keluar} = Q \text{ masuk} + Q \text{ koagulan}$
 $= 653,86 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu Tinggal = 10 menit
 $= 0,1667 \text{ Jam}$



$$\begin{aligned}\text{Volume Air} &= Q \text{ keluar} \times \text{Waktu Tinggal} \\ &= 108,97614 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Asumsi Bahan Mengisi} = 80\% \text{ Tangki}$$

$$\text{Volume Tangki} = 136,22 \text{ m}^3$$

Asumsi

$$H/D = 0,8 \quad (\text{Ulrich Hal 248 ; T 4-27})$$

$$H = 0,8 D$$

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

$$136,2201785 = \frac{\pi}{4} \times D^3 \times 0,8$$

$$D = 6,01 \text{ m} = 19,708 \text{ ft}$$

$$H = 4,81 \text{ m} = 15,766 \text{ ft}$$

$$H_c = 3,85 \text{ m} = 12,613 \text{ ft}$$

b. Perencanaan Pengaduk

Dipakai impeler jenis turbin dengan 6 buah flat blade (**McCabe 5ed; p. 243**):

$$\text{Diameter impeler (Da)} = 1/3 \text{ diameter shell} = 6,6 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar blade (w)} = 0.2 \text{ diameter impeler} = 1,3 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang blade} = 0.25 \text{ diameter impeler} = 1,6 \text{ ft}$$

$$\mu_{\text{air}} = 0,8 \text{ cP} ; 0,000536 \text{ lb/ft s}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3 ; 62,4 \text{ lb/ft}^3$$

$$V = \pi \times D_a \times N \quad (\text{McCabe 5ed; p. 247})$$

Keterangan :

$$V : \text{Perhiperal Speed} \quad (\text{m/menit}) \quad (\text{range 200-250 m/menit})$$

$$\pi : 3,14$$

$$D_a : \text{Diameter Pengaduk} \quad (\text{m})$$

$$N : \text{Putaran Pengaduk} \quad (\text{rpm})$$

$$\text{Diambil Putaran Pengaduk (N)} = 30 \text{ rpm} = 0,5 \text{ rps}$$

$$D_a = 2 \text{ m}$$

$$V = 189 \text{ m/menit}$$

Penentuan Jumlah Pengaduk

$$\text{Jumlah Impeller} = \frac{H_c \times S_g}{D \text{ tangki}}$$

$$\text{Jumlah Impeller} = 0,6 \text{ buah} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Reynold Number (Nre)} = \frac{\rho_{\text{air}} \times D_a^2 \times N}{\mu_{\text{air}}}$$

$$\begin{aligned}Nre &= \frac{62,4 \times 43,155 \times 0,5}{0,000536} \\ &= 2511980\end{aligned}$$



Karena $N_{Re} > 10000$, maka digunakan baffle. (McCabe, 259)

Untuk $N_{Re} > 10000$ diperlukan 4 buah baffle, sudut 90° [Perry 7ed;18-10]

Lebar baffle, $J = J/Dt = 1/12$

Lebar baffle, $J = 1/12 \times D = 1,64 \text{ ft}$

Untuk $N_{Re} > 10000$, perhitungan power digunakan pers 5.5 Ludwig;h.299:

$$P = \frac{K^3 \times \rho \times (N)^3 \times (Da)^5}{g}$$

dengan : P = power ; hp

K^3 = faktor mixer (turbin) = 6,3

[Ludwig, Vol-1,T.5.1;hal 301]

g = konstanta gravitasi = $32 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf}$

ρ = densitas ; lb/cuft

N = kecepatan putaran impeler ; rps

D = diameter impeler ; ft

$$\begin{aligned} P &= \frac{6,3 \times 62,40 \times 0,13 \times 12234}{32,2} \\ &= 18670,039 \text{ lb ft/s} \\ &= 33,95 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Energi Losses Pengaduk

Gland Losses (kebocoran tenaga akibat poros dan bearing) = 10%

$$\begin{aligned} \text{Gland Losses} &= 10\% \times 33,95 && (\text{Meck: 11}) \\ &= 3,395 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Power Input} &= 3,395 + 33,95 \\ &= 37,340 \end{aligned}$$

Transmission System Losses = 20% (Joshi, Hal. 424)

$$\begin{aligned} \text{Transmission System Losses} &= 20\% \times 37,34 \\ &= 7,468 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Power Input} &= 7,468 + 37,34 \\ &= 44,808 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 80%

$$\text{Power Motor} = 56,01 \text{ Hp}$$

$$\text{Digunakan Power Motor} = 60 \text{ Hp}$$

SPEKIFIKASI TANGKI FLOKULASI

Fungsi : Untuk membentuk koagulan dengan penambahan PAC

Type : Silinder dilengkapi pengaduk

Kapasitas : $108,9761 \text{ m}^3$
28788,45 gallon

a. Dimensi Tangki

$$\text{Diameter} = 19,708 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi} = 15,766 \text{ ft}$$

b. Sistem Pengaduk

Dipakai Impeller Jenis Turbin Degan 6 buah Flate Blade Dengan 1 Impelle



Diameter Impeller	=	6,6	ft
Panjang Blade	=	1,64	ft
Lebar Blade	=	1,31	ft
Power Motor	=	60	Hp

4. CLARIFIER

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

Type : Silinder dengan bentuk bawah conis

Rate masuk (Q1) = 653,86 m³/jam

Asumsi : Asumsi padatan yang mengendap (flok) 5% Q1

Rate flok (Q2) = 5% dari Q1

= 32,693 m³/jam

Rate keluar (Q3) = 621,16 m³/jam

Waktu Tinggal = 2 jam Umumnya : (1 - 2.5 jam)

Laju alir limpahan = 32 - 48 m³/m².hari (Partikel flokulan)

= 48 m³/m².hari

= 2 m³/m².jam

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

$$= 326,928 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$D = 20,41 \text{ m}$$

$$r = 10,2 \text{ m}$$

$$\text{Volume air} = 653,86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 1307,7 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol clarifier} = \text{Volume air}$$

$$\text{Vol clarifier} = \text{Volume Silinder} + \text{Volume Cone} \quad (H_c = 0,5 \text{ Hs})$$

$$1307,7 = \pi \times r^2 \times H_s + \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times H_c$$

$$1307,7 = 327 \text{ Hs} + 54,488 \text{ Hs}$$

$$1307,7 = 381 \text{ Hs}$$

$$H_s = 3,4 \text{ m}; \quad 11,246 \text{ ft}$$

$$H_c = 1,7143 \text{ m}; \quad 5,6229 \text{ ft}$$

SPESIFIKASI CLARIFIER

Fungsi : tempat pemisahan untuk flok/padatan dengan air bersih

Kapasitas : 653,86 m³/jam = 172730,7 gallon

Diameter : 20 m

Tinggi Silinder : 3,4 m

Tinggi Cone : 1,7 m

Waktu Tinggal : 2 jam

Bahan Konstruksi : Carbon Steel



5. BAK PENAMPUNG FLOK

Fungsi : Menampung flok yang mengendap di clarifier
Type : Persegi Panjang
Rate Masuk : $32,7 \text{ m}^3/\text{jam}$
Waktu tinggal : 24 jam
Volume bahan : $784,63 \text{ m}^3 = 207276,8 \text{ gallon}$
Asumsi
Volume mengisi = 80% bak
Volume bak = $980,79 \text{ m}^3$
Volume = $P \times L \times T$

Asumsi :

P : 2 L : 2 T
L : 1 T
T : 1 T
Volume = $2 T^3$
 $980,785285 = 2 T^3$
 $T^3 = 490$
T = 7,9 m
P = 16 m
L = 7,9 m
Tc = 6,3 m

SPESIFIKASI BAK PENAMPUNG FLOKULAN

Fungsi : Menampung flok yang mengendap di clarifier
Tipe : Persegi Panjang
Panjang : 15,8 m
Lebar : 7,9 m
Tinggi : 7,9 m

6. BAK PENAMPUNG AIR BERSIH DARI CLARIFIER

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier
Type : Persegi Panjang
Rate Masuk : $621,16 \text{ m}^3/\text{jam}$
Waktu tinggal : 1 jam
Volume bahan : $621,16 \text{ m}^3 = 164094,1399 \text{ gallon}$
Asumsi
Bak mengisi 80% bak
Volume bak = $776,46 \text{ m}^3$
Volume = $P \times L \times T$

Asumsi :

P : 2 L : 2 T
L : 1 T
T : 1 T
Volume = $2 T^3$



$$\begin{aligned}
 776 &= 2 T^3 \\
 T^3 &= 388 \\
 T &= 7,3 \text{ m} \\
 P &= 15 \text{ m} \\
 L &= 7,3 \text{ m} \\
 T_c &= 5,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI BAK PENAMPUNG AIR BERSIH DARI CLARIFIER

Fungsi : Menampung flokulan
 Tipe : Persegi Panjang
 Panjang : 14,59 m
 Lebar : 7,2951 m
 Tinggi : 7,2951 m

7. SAND FILTER

Fungsi : Menyaring kotoran atau padatan yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring
 Type : Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah *dished*
 Rate Masuk : 621,16 m³/jam
 Asumsi
 Padatan tersuspensi = 1% Q masuk

 Padatan tersuspensi = 6,2116 m³/jam
 Rate keluar = 614,95 m³/jam
 = 2705,8 gpm
 Waktu tinggal = 15 menit
 Volume air = 154 m³
 Uf pasir cepat = 5 - 15 m/jam (Perry, 6th edition : 19-85)
 = 15 m/jam
 Luas penampang = $\frac{Q}{Uf}$
 = 41 m²
 $A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 41,4 = 0,8 D²
 D² = 53 m²
 D = 7,3 m ; 23,3 ft

Tinggi sand filter :

Tinggi antrasit : 50 cm
 Tinggi pasir : 60 cm
 Tinggi Garnet : 10 cm
 Tinggi gravel : 20 cm +
 140 cm
 1,4 m

Tinggi *backwash* = 10% dari total tinggi media filter
 = 10% x 1,4 m
 = 0,1 m



Ruang kosong diatas bahan isian = 30% dari total bahan isian
= 0,42 m
Ruang kosong di bawah bahan isian = 30% dari total bahan isian
= 0,42 m
Total Tinggi tangki : 2,4 m ; 7,64 ft
(memenuhi tinggi : 0.7 - 3 m)

SPESIFIKASI SAND FILTER

Fungsi : Menyaring padatan tersuspensi
Kapasitas : 153,74 m³
Diameter : 7,3 m
Tinggi : 2,4 m
Jumlah : 2

8. BAK PENAMPUNG AIR BERSIH DARI SAND FILTER

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter
Type : Persegi Panjang
Rate Masuk : 614,95 m³/jam
Waktu tinggal : 1 jam
Volume bahan : 614,95 m³
Asumsi
Bak mengisi = 80% bak
Volume bak = 768,69 m³
Volume = P x L x T

Asumsi :

P : 2 L : 2 T
L : 1 T
T : 1 T
Volume = 2 T³
768,690467 = 2 T³
T³ = 384
T = 7,3 m
P = 15 m
L = 7,3 m
Tc = 5,8 m

SPESIFIKASI BAK PENAMPUNG AIR BERSIH DARI SAND FILTER

Fungsi : Menampung flokulan
Tipe : Persegi Panjang
Panjang : 14,5 m
Lebar : 7,3 m
Tinggi : 7,3 m



9. BAK PENAMPUNG AIR SANITASI

Fungsi : Menampung air bersih untuk air sanitasi dengan penambahan desinfektan (Chlorin)

$$\begin{aligned} Q \text{ masuk} &= 45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 45000 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan Chlorine = 200 mg/L (Wesley : Page 96)

maka per tahun perlu ditambahkan *chlorine* sebanyak :

$$\begin{aligned} &= 200 \text{ mg/L} \times 45.000 \text{ Liter/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= 2.970.000.000 \text{ mg/tahun} \\ &= 2.970 \text{ kg/tahun} \\ &= 9 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$Q \text{ masuk total} = 54 \text{ m}^3/\text{hari}$$

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

$$\text{Volume air} = 54 \text{ m}^3$$

Asumsi

Bak mengisi 80% bak

$$\text{Volume bak} = 67,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

Asumsi :

$$P : 2 \text{ L}$$

$$L : 1 \text{ L}$$

$$T : 1 \text{ L}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

$$67,5 = 2 \text{ L} \times 1 \text{ L} \times 1 \text{ L}$$

$$67,5 = 2 \text{ L}^3$$

$$\text{L}^3 = 33,75$$

$$\text{L} = 3,23 \text{ m}$$

$$\text{P} = 6,46 \text{ m}$$

$$\text{T} = 3,23 \text{ m}$$

$$\text{Tc} = 2,59 \text{ m}$$

SPESIFIKASI BAK PENAMPUNG AIR SANITASI

Fungsi : Menampung air sanitasi dan penambahan desinfektan

Tipe : Balok persegi panjang

Kapasitas : 54 m³

Panjang : 6,46 m

Lebar : 3,23 m

Tinggi : 3,23 m

Tinggi cairan : 2,59 m

Jumlah : 1

Bahan Kontruks: Beton

**10. KATION EXCHANGER**

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari kandungan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ dari pengolahan air. Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex berbentuk granular, agar sesuai syarat air boiler (Kirk Othmer, Vol. 11:887)

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kandungan } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 &= 5 \text{ grain/gal} \\ &= 0,3235 \text{ g/gal} \\ \text{Kandungan } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 &= 5 \text{ grain/gal} \\ &= 0,3235 \text{ g/gal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air} &= \text{Air proses} + \text{Air Umpan Boiler} \\ &= 11515,82 \text{ kg/jam} \\ &= 11,516 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 11516 \text{ L/jam} \\ &= 3042,2 \text{ gal/jam} \\ &= 73012 \text{ gal/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \text{ di air} &= 0,3235 \text{ g/gal} \times 73012 \text{ gal/hari} \\ &= 23619,3 \text{ g/hari} \\ &= 23,6193 \text{ kg/hari} \\ \text{Jumlah } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \text{ di air} &= 0,3235 \text{ g/gal} \times 73012 \text{ gal/hari} \\ &= 23619,3 \text{ g/hari} \\ &= 23,6193 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Pemilihan Bahan Pelunak

$$\text{Dowex dengan Exchanger Capacity} = 1,8 \text{ ek/L resin} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{T.16-41}]$$

Untuk $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 2 mol HCO_3^- melepas 1 elektron : HCO_3^- ,
1 mol Ca melepas 2 elektron : Ca^{2+}

$$\text{sehingga elektron} = 2$$

$$\text{BM } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 162,11 \text{ g/gmol}$$

$$\text{Berat Ekuivalen} : \frac{162}{2} \quad (\text{Underwood : 51})$$

$$: 81,1$$

$$\text{ekuivalen} : \frac{23619}{81,057} \quad (\text{Underwood : 55})$$

$$: 291 \text{ ek/hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Resin yang diperlukan} &= \frac{291 \text{ ek/hari}}{1,8 \text{ ek/L resin}} \\ &= 162 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

Regenerasi dilakukan tiap 3 bulan, maka :

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

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan resin} &= 161,88 \text{ L/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 14570 \text{ L} / 3 \text{ bulan}\end{aligned}$$



$$= 14,57 \text{ m}^3 / 3 \text{ bulan}$$

Untuk $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, 2 mol HCO_3^- melepas 1 elektron : HCO_3^- ,
1 mol Mg melepas 2 elektron : Mg^{2+}

sehingga elektron = 2

$$\text{BM } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 = 146,34 \text{ g/gmol}$$

$$\text{Berat Ekuivalen} : \frac{146}{2} \quad (\text{Underwood : 51})$$

$$: 73,2$$

$$\text{ekuivalen} : \frac{23619}{73,17} \quad (\text{Underwood : 55})$$

$$: 323 \text{ ek/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Resin yang diperlukan} &= \frac{323}{1,8} \text{ ek/L resin} \\ &179 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Regenerasi dilakukan tiap 3 bulan, maka :

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

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan resin} &= 179,33 \text{ L/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 16140 \text{ L} / 3 \text{ bulan} \\ &= 16,14 \text{ m}^3 / 3 \text{ bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan resin} &= 341,217 \text{ L/hari} \\ &= 30709,546 \text{ L} / 3 \text{ bulan} \\ &= 30,709546 \text{ m}^3 / 3 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Cara Kerja

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

Asumsi $H = 2 D$

Volume resin : $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T$

$$30,7095 : 1,57 D^3$$

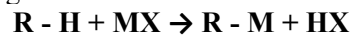
$$D^3 : 19,6 \text{ m}$$

$$D : 2,69 \text{ m} ; 8,6436 \text{ ft}$$

$$H : 5,39 \text{ m} ; 17,2871 \text{ ft}$$

Kebutuhan HCl

Regenerasi kation dilakukan dengan larutan HCl 33%



dimana :

R = Resin Dowex

R - H = Resin Dowex mengikat kation.

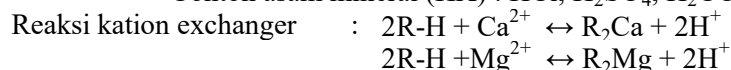
MX = Mineral yang terkandung dalam air.

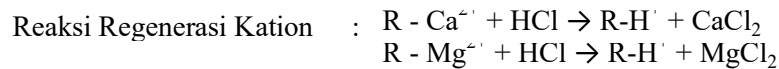
Contoh mineral (MX) : CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 , dll.

R - M = Resin dalam kondisi mengikat kation.

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

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





Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

Untuk ion Ca^{2+}

$$\begin{aligned} \text{Ekivalen Total } Ca^{2+} &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\ &= 14569,5181 \text{ L} / 3 \text{ bulan} \times 1,8 \text{ ek/L resin} \\ &= 26225,133 \text{ ek} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Total } Ca^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen Total } Ca^{2+}}{\text{Ekivalen } Ca^{2+}} \\ &= \frac{26225,1327}{2} \text{ ek} \\ &= 13112,5663 \text{ ek/mol} \\ &= 13112,5663 \text{ mol} \end{aligned}$$

1 mol Ca^{2+} ditukar atau *exchange* dengan 2 mol HCl, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan HCl} &= 2 \times \text{Mol Total } Ca^{2+} \times \text{Berat Molekul} \\ &= 2 \times 13112,5663 \times 36,5 \\ &= 957217,3 \text{ gram} \\ &= 957,217 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk ion Mg^{2+} :

$$\begin{aligned} \text{Ekivalen Total } Mg^{2+} &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\ &= 16140,0274 \text{ L} / 3 \text{ bulan} \times 1,8 \text{ ek/L resin} \\ &= 29052,049 \text{ ek} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Total } Mg^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen Total } Mg^{2+}}{\text{Ekivalen } Mg^{2+}} \\ &= \frac{29052,0493}{2} \text{ ek} \\ &= 14526,0246 \text{ ek/mol} \\ &= 14526,0246 \text{ mol} \end{aligned}$$

1 mol Mg^{2+} ditukar atau *exchange* dengan 2 mol HCl, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan HCl} &= 2 \times \text{Mol Total } Ca^{2+} \times \text{Berat Molekul} \\ &= 2 \times 14526,0246 \times 36,5 \\ &= 1060400 \text{ gram} \\ &= 1060,400 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan HCl 33\%} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa } H_2O} \\ 33\% &= \frac{2017,6171}{\text{Massa Total}} \\ \text{Massa Total} &= 6113,9913 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan,

$$\begin{aligned} \rho \text{ HCl} &= 1,1642 \text{ gr/ml} \quad (33\%) \\ \rho \text{ H}_2\text{O} &= 1 \text{ gr/ml} \quad (67\%) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Densitas Campuran} &= \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \quad (\text{Perry } 7^{\text{ed}}; \text{ T.2-57, Hal.2-101}) \\
 &= \frac{1}{\frac{0,3300}{1,1642} + \frac{0,6700}{1}} \\
 &= 1,0488 \quad \text{g/mL} \\
 &= 1,0488 \quad \text{kg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume HCl} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}} \\
 &= \frac{6113,9913}{1,049} \quad \text{kg} \\
 &= 5829,4245 \quad \text{L} \\
 &= 5,8294 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Asumsi : larutan memenuhi tangki sebanyak 80%

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} &= \frac{\text{Volume Larutan}}{80\%} \\
 &= \frac{5,8294}{80\%} \\
 &= 7,2868 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi Tangki Isi Larutan HCl 33% untuk Regenerasi Resin

Asumsi rasio ukuran : $H = 2 D$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \\
 7,2868 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 2 D \\
 7,2868 &= 1,57 D^3 \\
 D^3 &= 4,6413 \quad H = 2 D \\
 D &= 1,6681 \quad \text{m} \quad H = 3,3361 \text{ m}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI KATION EXCHANGER

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari kandungan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ dari pengolahan air. Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex berbentuk granular, agar sesuai syarat air boiler

Bentuk : Berbentuk silinder tegak.
Waktu regenerasi : 3 bulan
Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA 283 Grade C

Dimensi tangki resin

Diameter : 2,69 m
Tinggi : 5,39 m

Dimensi tangki HCl

Diameter : 1,67 m
Tinggi : 3,34 m

**11. ANION EXCHANGER**

Fungsi : Mengurangi kesadahan air yang disebabkan oleh garam-garam HCO_3^- Kandungan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ dari Pengolahan air. Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex berbentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler (Kirk Othmer, Vol. 11:887)

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kandungan } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 &= 5 \text{ grain/gal} \\ &= 0,3235 \text{ g/gal} \\ \text{Kandungan } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 &= 5 \text{ grain/gal} \\ &= 0,3235 \text{ g/gal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air} &= \text{Air proses} + \text{Air Umpan Boiler} \\ &= 11515,82 \text{ kg/jam} \\ &= 11,52 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 11515,82 \text{ L/jam} \\ &= 3042,16 \text{ gal/jam} \\ &= 73011,80 \text{ gal/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \text{ di air} &= 0,3235 \text{ g/gal} \times 73012 \text{ gal/hari} \\ &= 23619,3 \text{ g/hari} \\ &= 23,6193 \text{ kg/hari} \\ \text{Jumlah } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \text{ di air} &= 0,3235 \text{ g/gal} \times 73012 \text{ gal/hari} \\ &= 23619,3 \text{ g/hari} \\ &= 23,6193 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Pemilihan Bahan Pelunak

$$\text{Dowex dengan Exchanger Capacity} = 1,8 \text{ ek/L resin} \quad [\text{Perry } 6^{\text{ed}} : \text{T.16-41}]$$

Untuk $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 2 mol HCO_3^- melepas 1 elektron : HCO_3^- , sehingga elektron = 2

$$\text{BM } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 162,11 \text{ g/gmol}$$

$$\text{Berat Ekuivalen} : \frac{162}{2} \quad (\text{Underwood : 55})$$

$$: 81,1$$

$$\text{ekuivalen} : \frac{23619}{81,057} \quad (\text{Underwood : 55})$$

$$: 291 \text{ ek/hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Resin yang diperlukan} &= \frac{291 \text{ ek/hari}}{1,8 \text{ ek/L resin}} \\ &= 162 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

Regenerasi dilakukan tiap 3 bulan, maka :

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

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan resin} &= 161,88 \text{ L/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 14570 \text{ L} / 3 \text{ bulan} \\ &= 14,57 \text{ m}^3 / 3 \text{ bulan}\end{aligned}$$



Untuk $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, 2 mol HCO_3 melepas 1 elektron : HCO_3^- ,

sehingga elektron = 2

BM $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ = 146,34 g/gmol

Berat Ekuivalen : $\frac{146}{2}$ (Underwood : 51)

: 73,2

ekuivalen : $\frac{23619}{73,17}$ (Underwood : 55)

: 323 ek/hari

Resin yang diperlukan = $\frac{323}{1,8}$ ek/hari
179 L/hari

Regenerasi dilakukan tiap 3 bulan, maka :

3 bulan = 90 hari

Kebutuhan resin = 179,33 L/hari x 90 hari

= 16140 L / 3 bulan

= 16,14 m^3 / 3 bulan

Total kebutuhan resin = 341,217 L/hari

= 30709,546 L / 3 bulan

= 30,709546 m^3 / 3 bulan

Cara Kerja

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

Asumsi H = 2 D

Volume resin : $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T$

30,7095 : 1,57 D^3

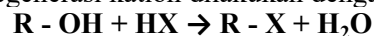
D^3 : 19,6 m

D : 2,69 m ; 8,6436 ft

H : 5,39 m ; 17,2871 ft

Kebutuhan NaOH

Regenerasi kation dilakukan dengan larutan NaOH 40%



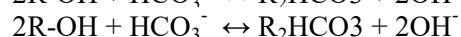
dimana :

R = Resin Dowex

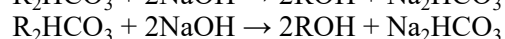
R - OH = Resin Dowex mengikat anion.

R - X = Resin dalam kondisi mengikat anion.

Reaksi anion exchanger : $2\text{R}-\text{OH} + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{R}_2\text{HCO}_3 + 2\text{OH}^-$



Reaksi Regenerasi Anion : $\text{R}_2\text{HCO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{ROH} + \text{Na}_2\text{HCO}_3$



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

**Untuk ion HCO_3^- dalam $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$:**

$$\begin{aligned}\text{Ekivalen Total } \text{HCO}_3^- &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\ &= 14569,5181 \text{ L} / 3 \text{ bulan} \times 1,8 \text{ ek/L resin} \\ &= 26225,133 \text{ ek} / 3 \text{ bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Total } \text{HCO}_3^- &= \frac{\text{Ekivalen Total } \text{HCO}_3^-}{\text{Ekivalen } \text{HCO}_3^-} \\ &= \frac{26225,1327}{2} \text{ ek} \\ &= 13112,5663 \text{ ek/mol} \\ &= 13112,5663 \text{ mol}\end{aligned}$$

1 mol HCO_3^- ditukar atau *exchange* dengan 2 mol NaOH, maka:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan NaOH} &= 2 \times \text{Mol Total } \text{HCO}_3^- \times \text{Berat Molekul} \\ &= 2 \times 13112,5663 \times 40 \\ &= 1049005 \text{ gram} \\ &= 1049,005 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk ion HCO_3^- dalam $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$:

$$\begin{aligned}\text{Ekivalen Total } \text{HCO}_3^- &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\ &= 16140,0274 \text{ L} / 3 \text{ bulan} \times 1,8 \text{ ek/L resin} \\ &= 29052,049 \text{ ek}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Total } \text{HCO}_3^- &= \frac{\text{Ekivalen Total } \text{Mg}^{2+}}{\text{Ekivalen } \text{Mg}^{2+}} \\ &= \frac{29052,0493}{2} \text{ ek} \\ &= 14526,0246 \text{ ek/mol} \\ &= 14526,0246 \text{ mol}\end{aligned}$$

1 mol HCO_3^- ditukar atau *exchange* dengan 2 mol NaOH, maka:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan NaOH} &= 2 \times \text{Mol Total } \text{Ca}^{2+} \times \text{Berat Molekul} \\ &= 2 \times 14526,0246 \times 40 \\ &= 1162082 \text{ gram} \\ &= 1162,082 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan NaOH } 40 \% &= \frac{\text{Massa NaOH}}{\text{Massa NaOH} + \text{Massa H}_2\text{O}} \\ 40\% &= \frac{2211,0873}{\text{Massa Total}} \\ \text{Massa Total} &= 5527,7182 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dengan, } \rho \text{ NaOH} &= 1,43 \text{ gr/ml} \quad (40\%) \\ \rho \text{ H}_2\text{O} &= 1 \text{ gr/ml} \quad (60\%) \\ &(\text{Perry } 7^{\text{ed}} : \text{T.2-57, Hal.2-101})\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Densitas Campuran} &= \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \\
 &= \frac{1}{\frac{0,4000}{1,43} + \frac{0,6000}{1}} \\
 &= 1,1367 \quad \text{g/mL} \\
 &= 1,1367 \quad \text{kg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume NaOH} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}} \\
 &= \frac{5527,7182}{1,137} \quad \text{kg} \\
 &= 4862,8458 \quad \text{L} \\
 &= 4,8628 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Asumsi : larutan memenuhi tangki sebanyak 80%

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} &= \frac{\text{Volume Larutan}}{80\%} \\
 &= \frac{4,8628}{80\%} \\
 &= 6,0786 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi Tangki Isi Larutan NaOH 40 % untuk Regenerasi Resin

Asumsi rasio ukuran : $H = 2 D$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tangki} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \\
 6,0786 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 2 D \\
 6,0786 &= 1,57 D^3 \\
 D^3 &= 3,87 \quad H = 2 D \\
 D &= 1,57 \quad \text{m} \quad H = 3,14 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI ANION EXCHANGER

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam HCO_3^- Kandungan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ dari pengolahan air. Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex berbentuk granul agar sesuai dengan syarat air boiler (Kirk Othmer, Vol.11:887).

Bentuk : Silinder
Waktu regenerasi : 3 bulan
Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA 283 Grade C

Dimensi tangki resin

Diameter : 2,69 m
Tinggi : 5,39 m

Dimensi tangki NaOH

Diameter : 1,57 m
Tinggi : 3,14 m



12. BAK PENAMPUNG AIR UMPAN BOILER DAN AIR PROSES

Fungsi : Menampung air umpan boiler dan air proses
Type : Persegi Panjang
Rate Masuk : 11516 Kg/jam
276380 kg/hari
276,38 m³/hari
11,516 m³/jam
Waktu tinggal : 12 jam
Volume bahan : 138,19 m³
Asumsi
Bak mengisi 80% bak
Volume bak = 172,74 m³
Volume = P x L x T

Asumsi :

P : 2 L : 2 T
L : 1 T
T : 1 T
Volume = 2 T³
172,737355 = 2 T³
T³ = 86,369
T = 4,42 m
P = 8,84 m
L = 4,42 m
Tc = 3,54 m

SPESIFIKASI BAK PENAMPUNG AIR UMPAN BOILER

Fungsi : Menampung air umpan boiler
Tipe : Persegi Panjang
Panjang : 8,84 m
Lebar : 4,42 m
Tinggi : 4,42 m

13. BAK PENAMPUNG AIR PENDINGIN

Fungsi : Menampung air pendingin
Type : Persegi Panjang
Rate Masuk : 531,485 m³/jam
Waktu tinggal : 24 jam
Volume bahan : 12755,631 m³
Asumsi
Bak mengisi 80% bak
Volume bak = 15944,539 m³
Volume = P x L x T

Asumsi :

P : 2 L : 2 T
L : 1 T



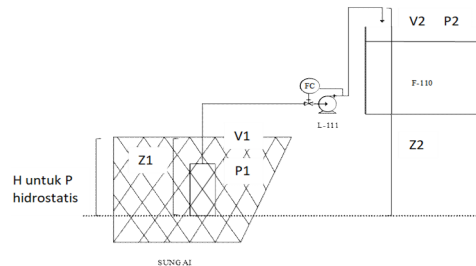
$$\begin{aligned}
 T &: 1 \text{ T} \\
 \text{Volume} &= 2 \text{ T}^3 \\
 15944,5386 &= 2 \text{ T}^3 \\
 \text{T}^3 &= 7972,269 \\
 \text{T} &= 20 \text{ m} \\
 \text{P} &= 40 \text{ m} \\
 \text{L} &= 20 \text{ m} \\
 \text{Tc} &= 16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI BAK PENAMPUNG AIR PENDINGIN

Fungsi : Menampung air pendingin
 Tipe : Persegi Panjang
 Panjang : 39,954 m
 Lebar : 19,977 m
 Tinggi : 19,977 m

VII.5 Spesifikasi Peralatan Pompa

1. POMPA AIR SUNGAI (L-111)



Fungsi : Memindahkan air sungai pada bak penampung air sungai

Tipe : *Centrifugal Pump*

$$\begin{aligned}
 \text{Rate massa air} &= 653850,5 \text{ Kg/Jam} \\
 &= 1438471 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\
 &= 23052,42 \text{ cubft/jam} \\
 &= 6,4035 \text{ cubft/s} \\
 &= 172443,6 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,43} \times \rho_{\text{mix}}^{0,13}$$

Dimana : (**Peters. 4^{ed}, pers.15, hal.496**)

$$\begin{aligned}
 qf &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\
 &= 6,4035 \text{ cubft/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{air}} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\
 &= 62,4 \text{ lb/cubft}
 \end{aligned}$$

$$\text{D optimum} = 15,3931 \text{ in}$$



Maka diambil pipa 8" sch 40 (Mc.Cabe ; APP 3)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 8,625 \text{ in} ; 0,7188 \text{ ft} ; 0,1581 \text{ m} \\ \text{ID} &= 7,981 \text{ in} ; 0,6651 \text{ ft} ; 0,1463 \text{ m} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \\ &= 0,3472 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\ &= 18,4413 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ air} &= 0,8 \text{ cP} \\ &= 0,000536 \text{ lb/ft s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nre} &= \frac{\rho \text{ mix} \times V \times D}{\mu} \\ &= 1427868 > 2100 \text{ Maka Aliran Turbulen} \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel (LT. Christie Geankoplis ; hal 88)

$$\begin{aligned} \epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft} \\ \epsilon/D &= 0,0002 \\ f &= 0,0038 \\ g_c &= 32,174 \text{ ft lbf/lbm s}^2 \text{ (Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115)} \end{aligned}$$

Digunakan Persamaan Bernaulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

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

Panjang Ekuivalen, Le

- 4 elbow 90°	= 4 x 32 x 0,665	= 85,13 ft
- 1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,665	= 199,5 ft
- Jarak Sungai Ke Bak Penampung		= 11 ft
- Tinggi Bak Penampung		= 30 ft
- Panjang Pipa masuk ke Bak Penampung		= 8 ft
TOTAL Le		= 333,2 ft

Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times V^2 \times L_e}{g_c \times D} \\ &= 40,2492 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \alpha \times g_c} \\ K_c &= 0,4 \\ \alpha &= 1 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$



$$F2 = 2,1140 \text{ ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F3 = \frac{(V1-V2)^2}{2\alpha \times gc}$$

Karena $A1 \ll A2$ maka $V2$ dianggap 0

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

$$F3 = 5,2851 \text{ ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

$$F4 = \frac{Kf \times V^2}{2 \times gc}$$

$$Kf = 0,75$$

(Geankoplis hal 93)

$$F4 = 11,8914 \text{ ft lbf/lbm}$$

5. Friksi Karena Globe Valve

$$F5 = \frac{Kf \times V^2}{2 \times gc}$$

$$Kf = 6$$

(Geankoplis hal 93)

$$F5 = 31,7103 \text{ ft lbf/lbm}$$

6. Total Friksi

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 91,2500 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$\begin{aligned} P2 &= P \text{ udara} \\ &= 1 \text{ atm} \\ &= 2116,22 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P1 &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{udara}} \\ &= (\rho \times g/gc \times h) + 2116,2 \\ &= 767,754 + 2116,22 \\ &= 2883,974 \end{aligned}$$

asumsi kedalamn sungai 15 m

pipa berada di 1/4 kedalaman sungai

$$\begin{aligned} h &= 1/4 \times \text{kedalaman sungai} \\ &= 3,75 \text{ m} \\ &= 12,304 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 12,3038 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$



Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned}\text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} \\ &= 5,2851\end{aligned}$$

Perhitungan Energi Potensial

$$\begin{aligned}Z1 &= 12,304 \text{ ft} \\ Z2 &= 35,723 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 48,0270 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned}- Wf &= \frac{\Delta I}{\rho} + \frac{\Delta Z \times g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 156,8658 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 172444 \text{ gpm} \\ \% \eta &= 85\% \text{ (effisiensi pompa) } \quad (\text{Peters;H.520;Figure14-37}) \\ \text{Hp pompa} &= \frac{- Wf \times Q \times \rho}{550} \\ &= 113,9631 \text{ Hp} \\ \text{Power Pompa} &= \frac{\text{Hp pompa}}{\eta} \\ &= 134,074 \text{ Hp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Effisiensi motor} &= 86\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38}) \\ \text{Power Motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= 155,9 \text{ Hp}\end{aligned}$$

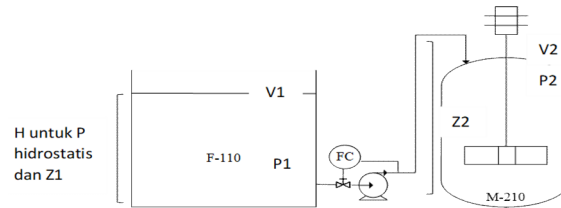
SPESIFIKASI POMPA AIR SUNGAI (L-111)

Fungsi	: Memindahkan air sungai pada bak penampung air sung
Jenis Pompa	: Centrifugal Pump
Bahan Pipa	: Commercial steel
Ukuran Pipa	: 8" sch 40
Rate Volumetric	: 6,4035 cubft/s
Effisiensi motor	: 86%
Power Motor	: 160 Hp
Jumlah	: 1 buah



2. POMPA TANGKI KOAGULASI (L-112)

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



$$\begin{aligned}\text{Rate massa air} &= 653850,5 \text{ Kg/Jam} \\ &= 1438471 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= 23052,42 \text{ cubft/jam} \\ &= 6,403451 \text{ cubft/s} \\ &= 172443,6 \text{ gpm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times qf^{0,43} \times \rho_{\text{mix}}^{0,13} \\ \text{Dimana :} & \quad \text{(Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496)} \\ qf &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\ &= 6,4035 \text{ cubft/s} \\ \rho_{\text{air}} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\ &= 62,4000 \text{ lb/cubft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D_{\text{optimum}} &= 15,3931 \text{ in} \\ \text{Maka diambil pipa 8" sch 40} & \quad \text{(Mc.Cabe ; APP 3)} \\ OD &= 8,625 \text{ in} ; 0,7188 \text{ ft} ; 0,1581 \text{ m} \\ ID &= 7,981 \text{ in} ; 0,6651 \text{ ft} ; 0,1463 \text{ m} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \\ &= 0,3472 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\ &= 18,4413 \text{ ft/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{air}} &= 0,8 \text{ cP} \\ &= 0,000536 \text{ lb/ft s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{re}} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \times V \times D}{\mu} \\ &= 1427868 > 2100 \text{ Maka Aliran Turbulen}\end{aligned}$$



Dipilih pipa commercial steel (LT. Christie Geankoplis ; hal 88)

$$\begin{aligned}\epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\epsilon/D = 0,0002$$

$$f = 0,0038$$

$$g_c = 32,174 \text{ ft lbf/lbm s}^2 \quad (\text{Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115})$$

Digunakan Persamaan Bernaulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

Panjang Ekuivalen, L_e

- 4 elbow 90°	= 4 x 32 x 0,665	= 85,13 ft
- 1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,665	= 199,5 ft
- Jarak Bak Penampung ke Tangki Koagulan		= 11 ft
- Tinggi Bak Koagulasi		= 19 ft
- Panjang Pipa masuk ke Tangki Koagulan		= 8 ft
TOTAL L_e		= 323,1 ft

Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$\begin{aligned}F1 &= \frac{2f \times V^2 \times L_e}{g_c \times D} \\ &= 39,0256 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$F2 = \frac{K_c \times V^2}{2\alpha \times g_c}$$

$$K_c = 0,4 \quad (\text{Karena } A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}})$$

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

$$F2 = 2,1140 \text{ ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F3 = \frac{(V1-V2)^2}{2\alpha \times g_c}$$

Karena $A1 \ll A2$ maka $V2$ dianggap 0

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

$$F3 = 5,2851 \text{ ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

$$F4 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times g_c}$$



$$\begin{aligned} K_f &= 0,75 \\ F_4 &= 11,8914 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned} \quad (\text{Geankoplis hal 93})$$

5. Friksi Karena Globe Valve

$$F_5 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times gc}$$

$$\begin{aligned} K_f &= 6 \\ F_5 &= 31,7103 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned} \quad (\text{Geankoplis hal 93})$$

6. Total Friksi

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 90,0264 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$\begin{aligned} P_2 &= P_{\text{udara}} \\ &= 1 \text{ atm} \\ &= 2116,22 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{udara}} \\ &= (\rho \times g / gc \times h) + 2116,22 \\ &= 1476,204 + 2116,22 \\ &= 3592,424 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 23,6571 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned} \text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times gc} \\ &= 5,2851 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Potensial

$$\begin{aligned} Z_1 &= 23,657 \text{ ft} \\ Z_2 &= 31 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 7,6127 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned} - W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z \times g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 126,5813 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$



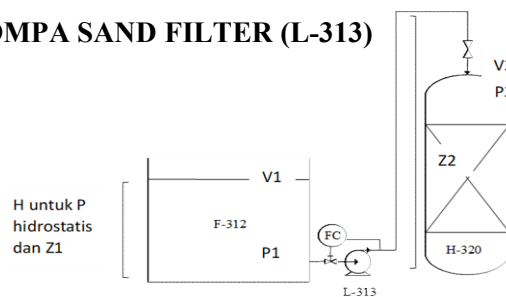
$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 172444 \text{ gpm} \\ \% \eta &= 85\% \text{ (effisiensi pompa)} \\ &\text{(Peters; Hal 520; Figure 14-37)} \\ \text{Hp pompa} &= \frac{W_f \times Q \times \rho}{550} \\ &= 91,961378 \text{ Hp} \\ \text{Power Pompa} &= \frac{\text{Hp pompa}}{\eta} \\ &= 108,190 \text{ Hp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Effisiensi motor} &= 83\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38}) \\ \text{Power Motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta_{\text{motor}}} \\ &= 130,35 \text{ Hp} \\ &= 135 \text{ Hp}\end{aligned}$$

POMPA TANGKI KOAGULASI (L-112)

Fungsi : Memindahkan air dari bak penampung ke tangki koagulasi
Jenis Pompa : Centrifugal Pump
Bahan Pipa : Commercial steel
Ukuran Pipa : 8" sch 40
Rate Volumetric : 6,4035 cubft/s
Effisiensi motor : 83%
Power Motor : 135 Hp
Jumlah : 1 buah

3. POMPA SAND FILTER (L-313)



Fungsi : Memindahkan air dari bak penampung air clarifier ke sand filter

$$\begin{aligned}\text{Rate massa air} &= 621164 \text{ Kg/Jam} \\ &= 1366561 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= 21900,01 \text{ cubft/jam} \\ &= 6,083337 \text{ cubft/s}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 163823 \text{ gpm} \\ \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho_{\text{mix}}^{0,15} \\ \text{Dimana :} & \quad \quad \quad \text{(Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496)} \\ qf &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\ &= 6,0833 \text{ cubft/s} \\ \rho_{\text{air}} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\ &= 62,4 \text{ lb/cubft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{optimum}} &= 15,0419 \text{ in} \\ \text{Maka diambil pipa 8" sch 40} & \quad \quad \quad \text{(Mc.Cabe ; APP 3)} \\ OD &= 8,625 \text{ in} ; 0,7188 \text{ ft} ; 0,1581 \text{ m} \\ ID &= 7,981 \text{ in} ; 0,6651 \text{ ft} ; 0,1463 \text{ m} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \\ &= 0,3472 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\ &= 17,5194 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{air}} &= 0,8 \text{ cP} \\ &= 0,000536 \text{ lb/ft s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{re}} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \times V \times D}{\mu} \\ &= 1356488 > 2100 \text{ Maka Aliran Turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dipilih pipa commercial steel} & \quad \quad \quad \text{(LT. Christie Geankoplis ; hal 88)} \\ \epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon/D &= 0,0002 \\ f &= 0,0038 \\ g_c &= 32,174 \text{ ft lbf/lbf s}^2 \quad \text{(Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115)} \end{aligned}$$

Digunakan Persamaan Bernaulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang Ekuivalen, Le} & \\ - 4 \text{ elbow } 90^\circ &= 4 \times 32 \times 0,665 = 85,13 \text{ ft} \\ - 1 \text{ Globe Valve} &= 1 \times 300 \times 0,665 = 199,5 \text{ ft} \\ - \text{Jarak Bak Penampung ke Sand filter} &= 11 \text{ ft} \\ - \text{Tinggi Sand Filter} &= 8 \text{ ft} \\ - \text{Panjang Pipa masuk ke Tangki Koagulan} &= 8 \text{ ft} \\ \hline \text{TOTAL Le} &= 311,3 \text{ ft} \end{aligned}$$



Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$F1 = \frac{2f \times V^2 \times Le}{gc \times D}$$
$$= 33,9343 \text{ ft lbf/lbm}$$

2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$F2 = \frac{Kc \times V^2}{2\alpha \times gc}$$

$$Kc = 0,4 \text{ (Karena } A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}})$$

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

$$F2 = 1,9079 \text{ ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F3 = \frac{(V1-V2)^2}{2\alpha \times gc}$$

Karena $A1 \ll A2$ maka $V2$ dianggap 0

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

$$F3 = 4,7699 \text{ ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

$$F4 = \frac{Kf \times V^2}{2 \times gc}$$

$$Kf = 0,75$$

(Geankoplis hal 93)

$$F4 = 10,7322 \text{ ft lbf/lbm}$$

5. Friksi Karena Globe Valve

$$F5 = \frac{Kf \times V^2}{2 \times gc}$$

$$Kf = 6$$

(Geankoplis hal 93)

$$F5 = 28,6191 \text{ ft lbf/lbm}$$

6. Total Friksi

$$\Sigma F = F1 + F2 + F3 + F4 + F5$$
$$= 79,9634 \text{ ft lbf/lbm}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$P2 = P_{\text{udara}}$$

$$= 1 \text{ atm}$$

$$= 2116,22 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P1 = P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{udara}}$$

$$= (\rho \times g / gc \times h) + 2116,22$$

$$= 1190,843 + 2116,22$$



$$= 3307,063$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 19,0840 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned} \text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} \\ &= 4,7699 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Potensial

$$\begin{aligned} Z1 &= 19,148 \text{ ft} \\ Z2 &= 17,209 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 1,9390 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned} - W_f &= \frac{\Delta I}{\rho} + \frac{\Delta Z \times g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \Sigma F \\ &= 105,7563 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas} = 163823 \text{ gpm}$$

$$\% \eta = 85\% \text{ (effisiensi pompa) (Peters; Hal 520; Figure 14-37)}$$

$$\text{Hp pompa} = \frac{- W_f \times Q \times \rho}{550}$$

$$= 72,991097 \text{ Hp}$$

$$\text{Power Pompa} = \frac{\text{Hp pompa}}{\eta}$$

$$= 85,872 \text{ Hp}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 81\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38})$$

$$\text{Power Motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta_{\text{motor}}}$$

$$= 106,01 \text{ Hp}$$

$$= 110 \text{ Hp}$$

SPESIFIKASI POMPA SAND FILTER (L-313)

Fungsi : Memindahkan air dari bak penampung clarifier ke sand filter

Jenis Pompa : Centrifugal Pump

Bahan Pipa : Commercial steel

Ukuran Pipa : 8" sch 40

Rate Volumetric : 6,0833 cubft/s

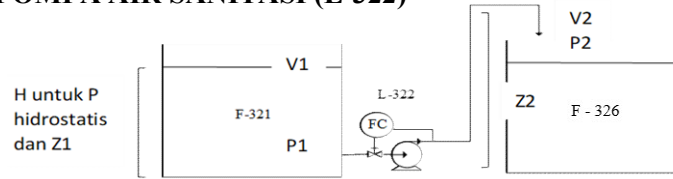
Effisiensi motor : 81%

Power Motor : 110 Hp

Jumlah : 1 buah



4. POMPA AIR SANITASI (L-322)



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

$$\begin{aligned}\text{Rate massa air} &= 1875 \text{ Kg/Jam} \\ &= 4125 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= 66,10577 \text{ cubft/jam} \\ &= 0,018363 \text{ cubft/s} \\ &= 494,5042 \text{ gpm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times qf^{0,43} \times \rho_{\text{mix}}^{0,15} \\ \text{Dimana :} & \quad \text{(Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496)} \\ qf &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\ &= 0,0184 \text{ cubft/s} \\ \rho_{\text{air}} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\ &= 62,4 \text{ lb/cubft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D_{\text{optimum}} &= 1,1046 \text{ in} \\ \text{Maka diambil pipa 1" sch 40} & \quad \text{(Mc.Cabe ; APP 3)} \\ OD &= 1,315 \text{ in} ; 0,1096 \text{ ft} ; 0,0241 \text{ m} \\ ID &= 1,049 \text{ in} ; 0,0874 \text{ ft} ; 0,0192 \text{ m} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \\ &= 0,006 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\ &= 3,0611 \text{ ft/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{air}} &= 0,8 \text{ cP} \\ &= 0,000536 \text{ lb/ft s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{re}} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \times V \times D}{\mu} \\ &= 31152,49 > 2100 \text{ Maka Aliran Turbulen}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dipilih pipa commercial steel} & \quad \text{(LT. Christie Geankoplis ; hal 88)} \\ \epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 0,00015 \text{ ft} \\
 \epsilon/D &= 0,0017 \\
 f &= 0,0038 \\
 g_c &= 32,174 \text{ ft lbf/lbf s}^2 \quad (\text{Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115})
 \end{aligned}$$

Digunakan Persamaan Bernaulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

Panjang Ekuivalen, Le

- 5 elbow 90°	= 5 x 32 x 0,087	= 13,99 ft
- 1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,087	= 26,23 ft
- Jarak Bak Penampung ke air sanitasi		= 23 ft
- Tinggi Bak Penampung Air Sanitasi		= 11 ft
- Panjang Pipa masuk ke Tangki Koagulan		= 8 ft
TOTAL Le		= 81,8 ft

Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times V^2 \times L_e}{g_c \times D} \\
 &= 2,0716 \text{ ft lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2\alpha \times g_c}$$

$$K_c = 0,4 \quad (\text{Karena } A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}})$$

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

$$F_2 = 0,0582 \text{ ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F_3 = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2\alpha \times g_c}$$

Karena $A_1 \ll A_2$ maka V_2 dianggap 0

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

$$F_3 = 0,1456 \text{ ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

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

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis hal 93})$$

$$F_4 = 0,3276 \text{ ft lbf/lbm}$$



5. Friksi Karena Globe Valve

$$F5 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times gc}$$

$$K_f = 6 \quad (\text{Geankoplis hal 93})$$

$$F5 = 0,8737 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

6. Total Friksi

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 3,4768 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$\begin{aligned} P2 &= P \text{ udara} \\ &= 1 \text{ atm} \\ &= 2116,22 \quad \text{lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P1 &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{udara}} \\ &= (\rho \times g / gc \times h) + 2116,22 \\ &= 529,3043 + 2116,22 \\ &= 2645,524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 8,4824 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned} \text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} \\ &= 0,1456 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Potensial

$$Z1 = 8,4824 \quad \text{ft}$$

$$Z2 = 11 \quad \text{ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 2,1206 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned} - W_f &= \frac{\Delta I}{\rho} + \frac{\Delta Z \times g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 14,2255 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas} = 494,5 \quad \text{gpm}$$

$$\% \eta = 61\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-37})$$

(effisiensi pompa)

$$\text{Hp pompa} = \frac{W_f \times Q \times \rho}{550}$$

$$= 0,0296364 \quad \text{Hp}$$

$$\text{Power Pompa} = \frac{\text{Hp pompa}}{\eta}$$

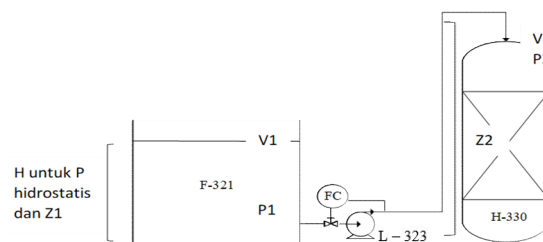


$$\begin{aligned}
 &= 0,049 \text{ Hp} \\
 \text{Effisiensi motor} &= 80\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38}) \\
 \text{Power Motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta_{\text{motor}}} \\
 &= 0,0607 \text{ Hp} \\
 &= 1 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

SPESIFIKASI POMPA AIR SANITASI (L-322)

Fungsi : Memindahkan air dari bak penampung air bersih ke bak penampung air sanitasi
 Jenis Pompa : Centrifugal Pump
 Bahan Pipa : Commercial steel
 Ukuran Pipa : 1" sch 40
 Rate Volumetric : 0,0184 cubft/s
 Effisiensi motor : 80%
 Power Motor : 1 Hp
 Jumlah : 1 buah

5. POMPA KATION EXCHANGER (L-323)



Fungsi : Memindahkan air dari bak penampung air bersih ke kation exchanger

$$\begin{aligned}
 \text{Rate massa air} &= 11515,82 \text{ Kg/Jam} \\
 &= 25334,81 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\
 &= 406,0066 \text{ cubft/jam} \\
 &= 0,11278 \text{ cubft/s} \\
 &= 3037,132 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,43} \times \rho_{\text{mix}}^{0,15}$$

Dimana : (Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496)

$$\begin{aligned}
 qf &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\
 &= 0,1128 \text{ cubft/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{air}} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\
 &= 62,4000 \text{ lb/cubft}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 D_{\text{optimum}} &= 2,5000 \text{ in} \\
 \text{Maka diambil pipa 2.5" sch 40} &\quad (\text{Mc.Cabe ; APP 3}) \\
 OD &= 2,875 \text{ in} ; 0,2396 \text{ ft} ; 0,0527 \text{ m} \\
 ID &= 2,469 \text{ in} ; 0,2058 \text{ ft} ; 0,0453 \text{ m} \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \\
 &= 0,0332 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\
 &= 3,3938 \text{ ft/s} \\
 \mu_{\text{air}} &= 0,8 \text{ cP} \\
 &= 0,000536 \text{ lb/ft s} \\
 N_{\text{re}} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \times V \times D}{\mu} \\
 &= 81290,71 > 2100 \text{ Maka Aliran Turbulen}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih pipa commercial steel} &\quad (\text{LT. Christie Geankoplis ; hal 88}) \\
 \epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\
 &= 0,00015 \text{ ft} \\
 \epsilon/D &= 0,0007 \\
 f &= 0,0038 \\
 gc &= 32,174 \text{ ft lbf/lbm s}^2 \quad (\text{Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115})
 \end{aligned}$$

Digunakan Persamaan Bernaulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

Panjang Ekuivalen, L_e

$$\begin{aligned}
 - 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \times 32 \times 0,206 = 19,75 \text{ ft} \\
 - 1 \text{ Globe Valve} &= 1 \times 300 \times 0,206 = 61,73 \text{ ft} \\
 - \text{Jarak Bak Penampung ke kation exchanger} &= 11 \text{ ft} \\
 - \text{Tinggi Kation Exchanger} &= 18 \text{ ft} \\
 - \text{Panjang Pipa masuk ke kation exchanger} &= 8 \text{ ft} \\
 \hline
 \text{TOTAL } L_e &= 118,2 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times V^2 \times L_e}{gc \times D} \\
 &= 1,5624 \text{ ft lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2\alpha \times gc}$$

$$K_c = 0,4 \text{ (Karena Atangki } \gg \gg \text{ Apipa)}$$



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

$$F2 = 0,0716 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F3 = \frac{(V1-V2)^2}{2\alpha \times gc}$$

Karena $A1 \ll A2$ maka $V2$ dianggap 0

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

$$F3 = 0,1790 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

$$F4 = \frac{Kf \times V^2}{2 \times gc}$$

$$Kf = 0,75 \quad (\text{Geankoplis Hal 93})$$

$$F4 = 0,4027 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

5. Friksi Karena Globe Valve

$$F5 = \frac{Kf \times V^2}{2 \times gc}$$

$$Kf = 6 \quad (\text{Geankoplis Hal 93})$$

$$F5 = 1,0739 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

6. Total Friksi

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 3,2896 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$\begin{aligned} P2 &= P \text{ udara} \\ &= 1 \text{ atm} \\ &= 2116,22 \quad \text{lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P1 &= P \text{ hidrostatik} + P \text{ udara} \\ &= (\rho \times g \times h) + 2116,22 \\ &= 529,3043 + 2116,22 \\ &= 2645,524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 8,4824 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned} \text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} \\ &= 0,1790 \end{aligned}$$



Perhitungan Energi Potensial

$$Z1 = 19,078 \text{ ft}$$

$$Z2 = 18 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 1,3977 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned} - W_f &= \frac{\Delta I}{\rho} + \frac{\Delta Z}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 13,3488 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas} = 3037,1 \text{ gpm} \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-37})$$

$$\% \eta = 61\%$$

(effisiensi pompa)

$$\text{Hp pompa} = \frac{- W_f \times Q \times \rho}{550}$$

$$= 0,1708028 \text{ Hp}$$

$$\text{Power Pompa} = \frac{\text{Hp pompa}}{\eta}$$

$$= 0,280 \text{ Hp}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38})$$

$$\text{Power Motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta_{\text{motor}}}$$

$$= 0,3500 \text{ Hp}$$

SPESIFIKASI POMPA KATION EXCHANGER (L-323)

Fungsi : Memindahkan air dari bak penampung air bersih ke kation exchanger

Jenis Pompa : Centrifugal Pump

Bahan Pipa : Commercial steel

Ukuran Pipa : 2.5" sch 40

Rate Volumetric : 0,1128 cubft/s

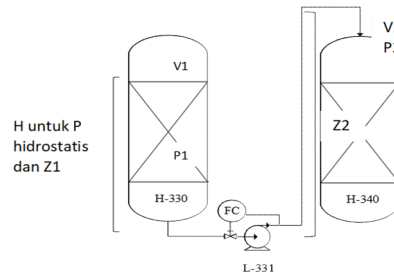
Effisiensi motor : 80%

Power Motor : 1 Hp

Jumlah : 1 buah



6. POMPA ANION EXCHANGER (L-331)



Fungsi : Memindahkan air dari kation exchanger ke anion exchanger

$$\begin{aligned}\text{Rate massa air} &= 11515,82 \text{ Kg/Jam} \\ &= 25334,81 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= 406,0066 \text{ cubft/jam} \\ &= 0,11278 \text{ cubft/s} \\ &= 3037,132 \text{ gpm}\end{aligned}$$

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,43} \times \rho_{\text{mix}}^{0,13} \quad (\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{ pers.15, hal.496})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}qf &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\ &= 0,1128 \text{ cubft/s} \\ \rho_{\text{air}} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\ &= 62,4000 \text{ lb/cubft}\end{aligned}$$

$$D_{\text{optimum}} = 2,5000 \text{ in}$$

Maka diambil pipa 2" sch 40 (Mc.Cabe ; APP 3)

$$\begin{aligned}\text{OD} &= 2,375 \text{ in} ; 0,1979 \text{ ft} ; 0,0435 \text{ m} \\ \text{ID} &= 2,067 \text{ in} ; 0,1723 \text{ ft} ; 0,0379 \text{ m} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \\ &= 0,0233 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\ &= 4,8422 \text{ ft/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{air}} &= 0,8 \text{ cP} \\ &= 0,000536 \text{ lb/ft s}\end{aligned}$$

$$\text{Nre} = \frac{\rho_{\text{mix}} \times V \times D}{\mu}$$



$= 97100,51 > 2100$ Maka Aliran Turbulen
 Dipilih pipa commercial steel (LT. Christie Geankoplis ; hal 88)

$$\begin{aligned}\epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\epsilon/D = 0,0009$$

$$f = 0,0038$$

$$gc = 32,174 \text{ ft lbf/lbf s}^2 \quad (\text{Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115})$$

Digunakan Persamaan Bernaulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

Panjang Ekuivalen, L_e

- 4 elbow 90°	= 4 x 32 x 0,172	= 22,05 ft
- 1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,172	= 51,68 ft
- Jarak kation exchanger ke anion exchanger		= 11 ft
- Tinggi anion exchanger		= 18 ft
- Panjang Pipa masuk ke anion exchanger		= 8 ft
TOTAL L_e		= 110,4 ft

Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$\begin{aligned}F_1 &= \frac{2f \times V^2 \times L_e}{gc \times D} \\ &= 3,5499 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2\alpha \times gc}$$

$$K_c = 0,4 \quad (\text{Karena Atangki } \gg \gg \text{ Apipa})$$

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

$$F_2 = 0,1458 \text{ ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F_3 = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2\alpha \times gc}$$

Karena $A_1 \ll A_2$ maka V_2 dianggap 0

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

$$F_3 = 0,3644 \text{ ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

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

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis hal 93})$$

$$F_4 = 0,8198 \text{ ft lbf/lbm}$$



5. Friksi Karena Globe Valve

$$F5 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times gc}$$

$$K_f = 6 \quad (\text{Geankoplis hal 93})$$

$$F5 = 2,1863 \text{ ft lbf/lbm}$$

6. Total Friksi

$$\begin{aligned}\Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 7,0661 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$\begin{aligned}P2 &= P_{\text{udara}} \\ &= 1 \text{ atm} \\ &= 2116,22 \text{ lbf/ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P1 &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{udara}} \\ &= (\rho \times g/gc \times h) + 2116,22 \\ &= 882,6097 + 2116,22 \\ &= 2998,83\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 14,1444 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned}\text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} \\ &= 0,3644\end{aligned}$$

Perhitungan Energi Potensial

$$\begin{aligned}Z1 &= 14,144 \text{ ft} \\ Z2 &= 18 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 3,5361 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned}-W_f &= \frac{\Delta I}{\rho} + \frac{\Delta Z \times g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \Sigma F \\ &= 25,1110 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 3037,1 \text{ gpm} \\ \% \eta &= 61\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-37}) \\ &(\text{effisiensi pompa})\end{aligned}$$



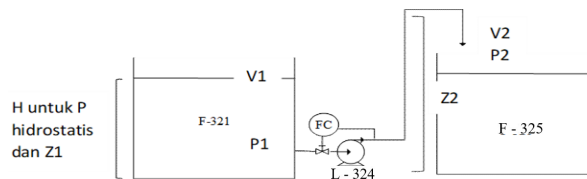
$$\begin{aligned} \text{Hp pompa} &= \frac{W_f \times Q \times \rho}{550} \\ &= 0,3213042 \text{ Hp} \\ \text{Power Pompa} &= \frac{\text{Hp pompa}}{\eta} \\ &= 0,527 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi motor} &= 80\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38}) \\ \text{Power Motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta_{\text{motor}}} \\ &= 0,6584 \text{ Hp} \end{aligned}$$

SPESIFIKASI POMPA ANION EXCHANGER (L-331)

Fungsi : Memindahkan air dari kation exchanger ke anion exchanger
 Jenis Pompa : Centrifugal Pump
 Bahan Pipa : Commercial steel
 Ukuran Pipa : 2.5" sch 40
 Rate Volumetric : 0,1128 cubft/s
 Effisiensi motor : 80%
 Power Motor : 1 Hp
 Jumlah : 1 buah

7. POMPA BAK AIR PENDINGIN (L-324)



Fungsi : Memindahkan air dari bak penampung air bersih ke bak penampung air pendingin

$$\begin{aligned} \text{Rate massa air} &= 531484,6 \text{ Kg/Jam} \\ &= 1169266 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= 18738,24 \text{ cubft/jam} \\ &= 5,205067 \text{ cubft/s} \\ &= 140171,4 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times q_f^{0,43} \times \rho_{\text{mix}}^{0,15} \\ \text{Dimana :} & \quad (\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{ pers.15, hal.496}) \\ q_f &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\ &= 5,2051 \text{ cubft/s} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \rho_{air} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\ &= 62,4000 \text{ lb/cubft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{optimum} &= 14,0227 \text{ in} \\ \text{Maka diambil pipa 6" sch 40} &\quad (\text{Mc.Cabe ; APP 3}) \\ OD &= 6,625 \text{ in} ; 0,5521 \text{ ft} ; 0,1215 \text{ m} \\ ID &= 6,065 \text{ in} ; 0,5054 \text{ ft} ; 0,1112 \text{ m} \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \\ &= 0,2005 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\ &= 25,9572 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{air} &= 0,8 \text{ cP} \\ &= 0,000536 \text{ lb/ft s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{\rho_{mix} \times V \times D}{\mu} \\ &= 1527309 > 2100 \text{ Maka Aliran Turbulen} \\ \text{Dipilih pipa commercial steel} &\quad (\text{LT. Christie Geankoplis ; hal 88}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon/D &= 0,0003 \\ f &= 0,0038 \\ g_c &= 32,174 \text{ ft lbf/lbm s}^2 \quad (\text{Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115}) \end{aligned}$$

Digunakan Persamaan Bernoulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

Panjang Ekuivalen, L_e

$$\begin{aligned} - 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \times 32 \times 0,505 = 48,52 \text{ ft} \\ - 1 \text{ Globe Valve} &= 1 \times 300 \times 0,505 = 151,6 \text{ ft} \\ - \text{Jarak bak penampung ke bak penampung air pendingin} &= 11 \text{ ft} \\ - \text{Tinggi bak penampung air pendingin} &= 66 \text{ ft} \\ - \text{Panjang Pipa masuk ke bak penampung air pendingin} &= 8 \text{ ft} \\ \hline \text{TOTAL } L_e &= 284,7 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times V^2 \times L_e}{g_c \times D} \\ &= 89,6489 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$



2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$F2 = \frac{K_c \times V^2}{2\alpha \times gc}$$

$$K_c = 0,4 \quad (\text{Karena } A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}})$$

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

$$F2 = 4,1883 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F3 = \frac{(V1-V2)^2}{2\alpha \times gc}$$

$$\text{Karena } A1 \ll A2 \text{ maka } V2 \text{ dianggap } 0$$

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

$$F3 = 10,4708 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

$$F4 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times gc}$$

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis hsl 93})$$

$$F4 = 23,5593 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

5. Friksi Karena Globe Valve

$$F5 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times gc}$$

$$K_f = 6 \quad (\text{Geankoplis hsl 93})$$

$$F5 = 62,8248 \quad \text{ft lbf/lbm}$$

6. Total Friksi

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 190,6921 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$\begin{aligned} P2 &= P_{\text{udara}} \\ &= 1 \text{ atm} \\ &= 2116,22 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P1 &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{udara}} \\ &= (\rho \times g / gc \times h) + 2116,22 \\ &= 3271,961 + 2116,22 \\ &= 5388,181 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 52,4353 \quad \text{ft lbf/lbm} \end{aligned}$$



Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned}\text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} \\ &= 10,4708\end{aligned}$$

Perhitungan Energi Potensial

$$\begin{aligned}Z1 &= 52,435 \text{ ft} \\ Z2 &= 66 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 13,1088 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned}- Wf &= \frac{\Delta I}{\rho} + \frac{\Delta Z}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \Sigma F \\ &= 266,7070 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 140171 \text{ gpm} \\ \% \eta &= 85\% \text{ (effisiensi pompa)} \\ &\text{(Peters ; Hal 520 ; Figure 14-37)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hp pompa} &= \frac{- Wf \times Q \times \rho}{550} \\ &= 157,50075 \text{ Hp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Power Pompa} &= \frac{\text{Hp pompa}}{\eta} \\ &= 185,295 \text{ Hp}\end{aligned}$$

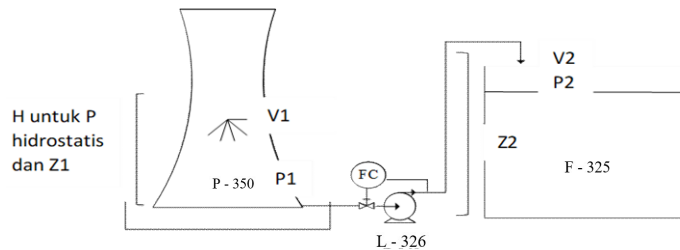
$$\begin{aligned}\text{Effisiensi motor} &= 84\% \text{ (Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38)} \\ \text{Power Motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= 220,59 \text{ Hp}\end{aligned}$$

SPESIFIKASI POMPA BAK AIR PENDINGIN (L-324)

Fungsi	: Memindahkan air dari bak penampung air bersih ke bak penampung air pendingin
Jenis Pompa	: Centrifugal Pump
Bahan Pipa	: Commercial steel
Ukuran Pipa	: 6" sch 40
Rate Volumetric	: 5,2051 cubft/s
Effisiensi motor	: 84%
Power Motor	: 230,0 Hp
Jumlah	: 1 buah



8. POMPA COOLING TOWER (L-326)



Fungsi : Memindahkan air dari cooling tower ke bak penampung air pendingin

$$\begin{aligned}\text{Rate massa air} &= 531484,6 \text{ Kg/Jam} \\ &= 1169266 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 62,4 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa air}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= 18738,24 \text{ cubft/jam} \\ &= 5,205067 \text{ cubft/s} \\ &= 140171,4 \text{ gpm}\end{aligned}$$

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,43} \times \rho_{\text{mix}}^{0,13}$$

Dimana : (Peters, 4^{ed}, pers.15, hal.496)

$$\begin{aligned}qf &= \text{Fluid Flowrate (cubft/s)} \\ &= 5,2051 \text{ cubft/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{air}} &= \text{Densitas air (lb/cubft)} \\ &= 62,4000 \text{ lb/cubft}\end{aligned}$$

$$D_{\text{optimum}} = 14,0227 \text{ in}$$

Maka diambil pipa 6" sch 40 (Mc.Cabe ; APP 3)

$$OD = 6,625 \text{ in} ; 0,5521 \text{ ft} ; 0,1215 \text{ m}$$

$$ID = 6,065 \text{ in} ; 0,5054 \text{ ft} ; 0,1112 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \\ &= 0,2005 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan} &= \frac{\text{Rate Volumetrik}}{A} \\ &= 25,9572 \text{ ft/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{air}} &= 0,8 \text{ cP} \\ &= 0,000536 \text{ lb/ft s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nre} &= \frac{\rho_{\text{mix}} \times V \times D}{\mu} \\ &= 1527309 > 2100 \text{ Maka Aliran Turbulen}\end{aligned}$$



Dipilih pipa commercial steel (LT. Christie Geankoplis ; hal 88)

$$\begin{aligned}\epsilon &= 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ &= 0,00015 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\epsilon/D = 0,0003$$

$$f = 0,0038$$

$$gc = 32,174 \text{ ft lbf/lbf s}^2 \quad (\text{Mc. Cabe Grafik 5.10 ; hal 115})$$

Digunakan Persamaan Bernaulli Untuk Menghitung Power Pompa

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

Panjang Ekuivalen, L_e

- 3 elbow 90°	= 3 x 32 x 0,505	= 48,52 ft
- 1 Globe Valve	= 1 x 300 x 0,505	= 151,6 ft
- Jarak cooling tower ke bak penampung air pendingin		= 11 ft
- Tinggi cooling tower		= 17 ft
- Panjang Pipa masuk ke cooling tower		= 8 ft
TOTAL L_e		= 236,1 ft

Perhitungan Friksi Yang Terjadi

1. Friksi Karena Bahan dengan Pipa

$$\begin{aligned}F1 &= \frac{2f \times V^2 \times L_e}{gc \times D} \\ &= 74,3623 \text{ ft lbf/lbm}\end{aligned}$$

2. Friksi Karena Kontraksi Dari Tangki Ke Pipa

$$F2 = \frac{K_c \times V^2}{2\alpha \times gc}$$

$$K_c = 0,4 \quad (\text{Karena } A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}})$$

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

$$F2 = 4,1883 \text{ ft lbf/lbm}$$

3. Friksi Karena Ekspansi Dari Pipa Ke Tangki

$$F3 = \frac{(V1-V2)^2}{2\alpha \times gc}$$

Karena $A1 \ll A2$ maka $V2$ dianggap 0

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

$$F3 = 10,4708 \text{ ft lbf/lbm}$$

4. Friksi Karena Elbow 90

$$F4 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times gc}$$

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis Hal 93})$$



$$F4 = 23,5593 \text{ ft lbf/lbm}$$

5. Friksi Karena Globe Valve

$$F5 = \frac{K_f \times V^2}{2 \times gc}$$

$$K_f = 6 \quad (\text{Geankoplis Hal 93})$$

$$F5 = 62,8248 \text{ ft lbf/lbm}$$

6. Total Friksi

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F1 + F2 + F3 + F4 + F5 \\ &= 175,4055 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Tekanan

$$\begin{aligned} P2 &= P_{\text{udara}} \\ &= 1 \text{ atm} \\ &= 2116,22 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P1 &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{udara}} \\ &= (\rho \times g/gc \times h) + 2116,22 \\ &= 848,64 + 2116,22 \\ &= 2964,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Tekanan} &= \frac{\Delta P}{\rho} \\ &= 13,6000 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Kinetik

$$\begin{aligned} \text{Energi Kinetik} &= \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} \\ &= 10,4708 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Potensial

$$\begin{aligned} Z1 &= 13,6 \text{ ft} \\ Z2 &= 17 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Potensial} &= \frac{\Delta Z \times g}{gc} \\ &= 30,6000 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Pompa

$$\begin{aligned} - W_f &= \frac{\Delta I}{\rho} + \frac{\Delta Z \times g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \Sigma F \\ &= 230,0763 \text{ ft lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas} = 140171 \text{ gpm}$$

$$\% \eta = 85\% \quad (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-37})$$

(effisiensi pompa)

$$\text{Hp pompa} = \frac{- W_f \times Q \times \rho}{550}$$



$$\begin{aligned} &= 135,86893 \text{ Hp} \\ \text{Power Pompa} &= \frac{\text{Hp pompa}}{\eta} \\ &= 159,846 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi motor} &= 85\% && (\text{Peters ; Hal 520 ; Figure 14-38}) \\ \text{Power Motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta_{\text{motor}}} \\ &= 188,05 \text{ Hp} \end{aligned}$$

SPESIFIKASI POMPA COOLING TOWER (L-326)

Fungsi	: Memindahkan air dari cooling tower ke bak penampung air pendingin
Jenis Pompa	: Centrifugal Pump
Bahan Pipa	: Commercial steel
Ukuran Pipa	: 6" sch 40
Rate Volumetric	: 5,2051 cubft/s
Effisiensi motor	: 85%
Power Motor	: 200,0 Hp
Jumlah	: 1 buah



VII.6 Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Tenaga listrik yang dibutuhkan pabrik ini dipenuhi dari PLN dan Generator Set (Genset) dan distribusi pemakaian listrik untuk memenuhi kebutuhan pabrik sebagai berikut :

- Untuk keperluan proses
- Untuk keperluan penerangan

Untuk keperluan proses disediakan dari Generator Set, sedangkan untuk penerangan dari PLN. Bila terjadi kerusakan pada genset, kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLN. Demikian juga bila terjadi gangguan dari PLN.

Berikut adalah perincian kebutuhan listrik :

Tabel VII.6.1 Kebutuhan Listrik Untuk Alat Proses

Kode	Nama Alat	Power (Hp)
M-140	Mixing tank	40
R-210	Reaktor	90
M-230	Tangki Decolorizer	60
H-240	Rotary Drum Vacuum Filter	7,50
S-250	Crystallizer	15
H-260	Centrifuge	40
B-270	Rotary Dryer	20
G-272	Blower	1
E-280	Cooling Conveyor	1
J-280	Bucket Elevator	2
J-312	Bucket Elevator	2
C-310	Ball Mill	150
L-111	Pompa 1	1
L-121	Pompa 2	1
L-131	Pompa 3	1
L-141	Pompa 4	1,5
L-212	Pompa 5	1
L-213	Pompa 6	3
L-231	Pompa 7	1
L-241	Pompa 8	1
L-143	Pompa 9	1
J-262	Screw Conveyor	1
TOTAL		441



Tabel VII.6.2 Kebutuhan Listrik Untuk Alat Utilitas

Kode	Nama Alat	Power (Hp)
L-111	Pompa Air Sungai	160,0
L-112	Pompa Ke Tangki Koagulasi	135,0
M-210	Tangki Koagulasi	176,0
M-220	Tangki Flokulasi	60,0
L-313	Pompa Ke Sand Filter	110,0
L-322	Pompa Ke Bak Penampung Air Sanitasi	1,0
L-323	Pompa Ke Kation Exchanger	1,0
L-324	Pompa Ke Bak Penampung Air Pendingin	230,0
L-326	Pompa Cooling Tower	200,0
L-331	Pompa Ke Anion Exchanger	1,0
P-350	Cooling Tower	29,2
Total		1103,2

$$1 \text{ Hp} = 0,746 \text{ KWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan Listrik} &= 441 + 1103,2 + \text{Power Boiler} \\ &= 1609,5 \text{ Hp} \\ &= 1200,68 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Tabel VII.6.3 Keterangan *Lay Out* Pabrik

No	Lokasi	Ukuran (m)	jumlah	Luas (m ²)	Total
1	Jalan			2350	2350
2	Pos Keamanan	5 x 4	3	20	60
3	Parkir	20 x 15	5	300	1500
4	Taman	10 x 20	2	200	400
5	Timbangan Truk	20 x 10	1	200	200
6	Pemadam Kebakaran	10 x 10	2	100	200
7	Bengkel	15 x 10	1	150	150
8	Kantor	50 x 30	1	1500	1500
9	Perpustakaan	20 x 20	1	400	400
10	Kantin	20 x 10	1	200	200
11	Poliklinik	10 x 10	1	100	100
12	Mushola	40 x 20	1	800	800
13	Ruang Proses	80 x 65	1	5200	5200
14	Ruang Kontrol	30 x 15	1	450	450
15	Laboratorium	30 x 15	1	450	450
16	Unit Utilitas :				3900
a.	Unit Pengolahan Air	30 x 30	1	900	900
b.	Unit Pembangkit Listrik	30 x 10	1	600	600
c.	Unit Penyedia Steam	30 x 10	1	600	600
d.	Unit Cooling Tower	30 x 20	1	900	900
e.	Unit Pengolahan Limbah	30 x 10	1	900	900
17	Penyimpan Bahan Baku	40 x 20	1	800	800
18	Penyimpan Produk	40 x 20	1	800	800
19	Gudang	20 x 15	1	300	300



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik *Acetanilide* dari *Aniline* dan *Acetic Anhydride* dengan Proses *Batch* dan Penambahan *Benzene* sebagai Zat Aditif"

20	Daerah Perluasan	40 x 25	4	1000	4000
21	Toilet	5 x 4	7	20	140
22	Ruang Packing	15 x 15	1	225	225
23	Unit K3	10 x 10	1	100	100
24	Ruang kosong untuk jalan				1775
Total					26000

Listrik lumen/m², dimana 1 foot candle = 10076 lumen / m²
1 lumen = 0,0015 W

Tabel VII.6.4 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

No	Lokasi	Luas (m ²)	Foot Candle	Lumen/m ²
1	Jalan	2350	235	2367860
2	Pos Keamanan	60	6	60456
3	Parkir	1500	150	1511400
4	Taman	400	40	403040
5	Timbangan Truk	200	20	201520
6	Pemadam Kebakaran	200	20	201520
7	Bengkel	150	15	151140
8	Kantor	1500	150	1511400
9	Perpustakaan	400	40	403040
10	Kantin	200	20	201520
11	Poliklinik	100	10	100760
12	Mushola	800	80	806080
13	Ruang Proses	5200	520	5239520
14	Ruang Kontrol	450	45	453420
15	Laboratorium	450	45	453420
16	Unit Utilitas	3900	390	3929640
17	Penyimpan Bahan Baku	800	80	806080
18	Penyimpan Produk	800	80	806080
19	Gudang	300	30	302280
20	Daerah Perluasan	4000	400	4030400
21	Toilet	140	14	141064
22	Ruang Packing	225	22,5	226710
23	Unit K3	100	10	100760
24	Ruang kosong untuk jalan	1775	177,5	1788490
Total		26000	2600	26197600

Luas bangunan gedung = 3750 m²
Luas bangunan pabrik = 12225 m²
Total luas pabrik = 26000 m²

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, gudang, jalan, dan taman digunakan mercury. Dengan daya sebesar 250 watt.

250 watt

Lumen output = 166666,67 lumen (Perry 7ed, Conversion Table)



Tabel VII.6.5 Kebutuhan Lampu mercury Untuk Penerangan

No	Lokasi	Lumen/m ²
1	Ruang Proses	5239520
2	Daerah Perluasan	4030400
3	Utilitas	3929640
4	Penyimpan Bahan Baku	806080
5	Penyimpan Produk	806080
6	Parkir	1511400
7	Bengkel	151140
8	Gudang	302280
9	Jalan	2367860
10	Taman	403040
Total		19547440

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Lampu Mercury} &= \frac{19547440}{166666,6667} \\ &= 117,28464 \text{ buah/m}^2 \\ &= 109 \text{ buah/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk Penerangan Lain Digunakan Lampu TL} &= 40 \text{ watt} \\ \text{Untuk Lampu 40 watt output lumen} &= 26666,67\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Lampu TL} &= \frac{26197600 - 19547440}{26666,6667} \\ &= 249,381 \text{ buah/m}^2 \\ &= 188 \text{ buah/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik untuk penerangan} &= (109 \times 250) + (188 \times 40) \\ &= 34770 \text{ watt} \\ &= 34,77 \text{ KWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik untuk AC kantor} &= 840 \text{ watt/unit} \\ \text{Jumlah AC} &= 24 \text{ unit} \\ \text{Total Listrik} &= 20160 \text{ watt} \\ &= 20,16 \text{ KWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Supply PLN hanya untuk AC dan Penerangan} &= 20,16 + 34,77 \\ &= 54,93 \text{ KWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk kelancaran proses dalam supply listrik dilebihkan 20\%} & \\ \text{Sehingga} &= 120\% \times 54,93 \\ &= 65,916 \text{ KWh}\end{aligned}$$

VII.7 Generator Set

Direncanakan digunakan : Generator Portable Set



$$\begin{aligned}\text{Effisiensi} &: 80\% \\ \text{Untuk faktor keamanan ditambah } 20\% & \\ \text{Kebutuhan listrik} &= 120\% \times 1200,681 \text{ KWh} \\ &= 1440,8 \text{ kWh} \\ \text{Kapasitas generator} &= 1801 \text{ kWh} \\ 1 \text{ kWh} &= 56,87 \text{ BTU/menit} \\ \text{Q generator} &= 102424,11 \text{ BTU/menit} \\ \text{Heating value} &= 38 \text{ GJ/m}^3 \text{ (Ulrich, hal.332)} \\ &= 16337,225 \text{ BTU/lb} \\ \text{Fuel oil} & \\ \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{102424,11}{16337,225} \\ &= 6,2694 \text{ lb/menit} \\ &= 376,1622 \text{ lb/jam} \\ &= 2,8212 \text{ kg/menit} \\ &= 169,2730 \text{ kg/jam} \\ \text{Densitas} &= 870 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Maka kebutuhan bahan bakar} &= 0,194567 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 194,5667 \text{ L/jam} \\ &= 4669,6 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

SPEKIFIKASI GENERATOR SET

$$\begin{aligned}\text{Fungsi} &: \text{Pembangkit tenaga listrik} \\ \text{Kapasitas} &: 1440,817 \text{ kWh} \\ \text{Power faktor} &: 80\% \\ \text{Bahan bakar} &: \text{fuel oil No.2} \\ \text{Jumlah bahan bakar} &: 194,567 \text{ L/jam} \\ \text{Jumlah} &: 2 \text{ buah (1 Cadangan)}\end{aligned}$$

VII.8 TANGKI PENYIMPANAN BAHAN BAKAR

Fungsi : Menyimpan bahan bakar untuk kebutuhan generator dan boiler

Bentuk : Tangki silinder dengan bentuk bottom flat (datar) dan atas torispherical dished head

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar generator} &= 376,16 \text{ lb/jam} \\ \text{Kebutuhan bahan bakar boiler} &= 12676 \text{ lb/jam} \\ \hline \text{Total} &= 13052 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas fuel oil} &= 870 \text{ kg/m}^3 \\ &= 54,3 \text{ lb/ft}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volume} &= 240 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 6807,9 \text{ L/jam} \\ &= 283,66 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu tinggal} &= 1 \text{ minggu} \\ &= 5 \text{ hari} \\ &= 120 \text{ jam}\end{aligned}$$



$$\text{Volume Bahan} = 28850,42 \text{ cubft}$$

$$\text{Bahan Mengisi} = 80\% \text{ Tangki}$$

$$\text{Volume Tangki} = 36063,025 \text{ cubft}$$

$$\text{jumlah tangki} = 2$$

$$\text{Volume tangki} = 18031,512 \text{ cubft}$$

a. Dimensi Tangki

Asumsi

$$H/D = 2$$

$$H = 2 D$$

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

$$18031,512 = \frac{\pi}{4} \times 2D^3$$

$$D = 22,562 \text{ ft} = 6,8814 \text{ m} = 270,7 \text{ in}$$

$$H = 45,124 \text{ ft} = 13,763 \text{ m}$$

$$H_c = 36,099 \text{ ft} = 11,01 \text{ m}$$

b. Perencanaan Tebal Tangki

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank

P design

$$P_{\text{design}} = P_{\text{gauge}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 14,7 + \rho \times g \times h$$

$$= 14,7 + 54,288 \times 1 \times 36,10$$

$$= 28,3094 \text{ psig}$$

Pdesign dibesarkan 10% untuk keamanan

$$P_{\text{design}} = 28,3094 \times 110\%$$

$$= 31,1403 \text{ psig (Tekanan Dalam)}$$

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0,6 P} + C$$

Keterangan :

$t_{\min}$: tebal shell minimum (in)

P : Tekanan tangki (psi) ; 31,14 psi

r_i : jari-jari dalam (in) ; 135,37 in

f : stress maksimum (psi) ; SA 283 C Carbon Steel 12650

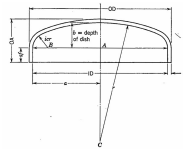
E : Faktor pengelasan ; Double welded but joi 0,8

C : Faktor korosi ; 1/8

$$t_{\min} = 1/2 \text{ in}$$

$$\text{Maka diambil tebal shell (ts)} = 5/16 \text{ inch}$$

c. Perencanaan Tutup Tangki



$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2 \text{ ts} \\ &= 271 \text{ in} \\ \text{OD standar} &= 204 \text{ in} \\ \text{Berdasarkan (Tabel 5.7 Brownell) didapatkan :} \\ \text{icr} &= 12 \frac{5}{8} \text{ inch} \\ r &= 170 \text{ inch} \\ &= 10,2 \\ \text{icr} &> 6\% r \end{aligned}$$

Maka digunakan per 7.77 brownell

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2 f E - 0,2 P} + C$$

$$\begin{aligned} W &= 1 (3 + (r_c)^{1/2}) \\ W &= 0,8112 \end{aligned}$$

Keterangan :

t_h	:	tebal tutup	in	
P	:	tekanan design	psi	(31,14)
r_c	:	crown radius	in	(170)
W	:	factor stress intensif		(0,8112)
f	:	stress maximum	psi	(12650)
E	:	faktor pengelasan		(0,8)
C	:	faktor korosi		(1/8)
icr	:	knuckle radius	in	(12,625)

$$\begin{aligned} t_h &= 0,3372 \text{ in} \\ &= 5,3960 /16 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka diambil } t_h &= 1/4 \text{ in} \\ t_h \text{ standar} &= 7/8 \text{ in} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 5.8 Brownell didapatkan

$$sf = 2 \text{ in}$$



Berdasarkan penentuan dimensi dished head halaman 87 Brownel & Young, diperoleh angka :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{ID}{2} = \frac{270,7439}{2} = 135,372 \text{ in} \\
 BC &= rc - icr = 170 - 12 \frac{5}{8} = 157,38 \text{ in} \\
 AB &= \frac{ID}{2} - icr = \frac{270,7439}{2} - 12 \frac{5}{8} = 122,747 \text{ in} \\
 AC &= (BC^2 - AB^2)^{0.5} = 98,49 \text{ in} \\
 b &= rc - AC = 71,51 \text{ in} \\
 OA &= th + b + sf \\
 &= \frac{7}{8} \text{ in} + 71,5111 \text{ in} + 2 \text{ in} \\
 &= 74,3861 \text{ in} \\
 &= 6,1988 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

SPESIFIKASI TANGKI PENAMPUNG BAHAN BAKAR

Fungsi : Menyimpan bahan bakar untuk kebutuhann generator dan boiler

Type : Silinder Tegak dengan Tutup Bawah Datar dan Tutup Atas Dished Head

- Bejana
 - Diameter = 22,5620 ft = 6,8814 m
 - Tinggi = 45,1240 ft = 13,763 m
 - Tebal Shell = 5/16 in
- Tutup Atas
 - Tebal Tutup = 7/8 in
 - rc = 170 in
 - icr = 12 5/8 in
 - sf = 2 in
 - H = 6,20 ft
- Tutup Bawah
 - Tebal Tutup = 5/16 in
 - (Untuk tutup datar Brownell hal 58)
- Jumlah = 2 buah



BAB VIII

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

VIII.1 Lokasi Pendirian Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik yang akan mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan pabrik tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik ini, antara lain meliputi faktor utama dan faktor khusus.

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain :

1. Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku dalam suatu pabrik diperlukan untuk menjamin kelangsungan produksi dan juga merupakan salah satu faktor penentuan dalam memilih lokasi pabrik yang tepat. Hal ini bahan baku yang digunakan berasal dari bahan alam dalam negeri. Bahan utama tersedia di Indonesia, yakni Aniline dari PT Indo Acidatama Tbk yang memiliki kapasitas sebesar ± 36.000 ton/tahun dengan harga jual produk pada tahun 2028 perkiraan sebesar Rp 13.439.449/ton dan acetic anhydride juga dari PT Indo Acidatama Tbk yang memproduksi acetic anhydride sebesar ± 7000 ton/tahun dengan harga jual produk pada tahun 2028 perkiraan sebesar Rp 7.268.833/ton (PT Indo Acidatama Tbk, 2025). Dipilihnya di Jalan Beji Kulon karena cukup dekat dengan PT Indo Acidatama. Bahan ketiga berupa benzene didapatkan dari PT Pertamina RU IV Cilacap yang memproduksi benzene sebesar 110.000 ton/tahun dengan harga jual produk pada tahun 2025 perkiraan sebesar Rp 8.302.000/ton. (PT Pertamina, 2025). Bahan keempat berupa karbon aktif didapatkan dari PT Javaindo Purestar Carbon dengan harga jual produk pada tahun 2028 perkiraan sebesar Rp 11.417.500/ton (Javaindo Purestar, 2025). Dari kedua bahan tersebut dapat menggunakan transportasi jalur darat dengan melewati tol Kertosono-Solo, sehingga dapat mencukupi kebutuhan bahan untuk pabrik ini.

Orientasi pemilihan ditekankan pada jarak lokasi sumber bahan baku dengan pabrik cukup dekat sehingga pengadaan dan transportasi bahan



bakunya mudah diatasi dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Hal-hal yang perlu ditinjau mengenai bahan baku ini adalah sebagai berikut :

- a. Jarak sumber bahan baku dengan pabrik cukup dekat mencakup radius jarak sejauh ± 5 km yang dapat ditempuh dalam waktu 5-7 menit
- b. Bahan baku aniline dan acetic anhydride dapat diperoleh dari Kabupaten Karanganyar yang masih berada dalam satu kawasan dengan lokasi pabrik dan bahan baku benzene diperoleh dari Kabupaten Cilacap yang berada dalam satu provinsi dengan lokasi pabrik dengan radius sejauh 250 km yang dapat ditempuh dalam waktu 6 jam.
- c. Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama digunakannya
- d. Bagaimana cara mendapatkannya, transportasinya, dan penyimpanan bahan baku

2. Transportasi

Pengaruh transportasi terhadap lokasi pabrik meliputi pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung, dan produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus berada dekat dengan badan utama jalan raya yang menghubungkan kota-kota besar, dekat dengan jalur kereta api, dan pelabuhan sehingga dapat mempermudah pengangkutan bahan baku, bahan pendukung, dan produk yang dihasilkan. Kawasan Kebabkramat memiliki keuntungan akses transportasi yang bisa dilalui dengan jalur darat, laut, dan udara dengan singkat. Area pabrik yang sudah tersedia jalan raya yang dapat dilalui mobil dan truk serta dekat dengan Pelabuhan laut Tanjung Emas yang berjarak ± 118 km dan Bandar Udara Adi Soemarno di Boyolali Jawa Tengah, sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk. Pengangkutan barang produksi dapat dilakukan dengan menggunakan truk pengangkut barang berjenis tronton yang dapat memangkas ongkos sekali kirim produksi.

3. Pemasaran

Suatu pabrik atau industri didirikan karena adanya permintaan akan barang yang dihasilkan. Oleh karena itu, hasil produksi pabrik memerlukan daerah pemasaran, hal ini menyebabkan daerah pemasaran merupakan salah satu faktor utama dalam penentuan lokasi suatu pabrik. Ada banyak keuntungan



apabila lokasi pabrik dekat dengan daerah pemasaran, diantaranya : keamanan transportasi, biaya pengiriman, dan yang terpenting adalah perkembangan hasil produksi pabrik akan dapat meningkat pesat dan diminati oleh konsumen. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam masalah pemasaran antara lain :

- a. Kebutuhan konsumen akan produk
- b. Daerah pemasaran produk
- c. Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- d. Berapa banyak produk yang beredar di pasaran dan bagaimana perkembangan dimasa-masa yang akan mendatang
- e. Bagaimana sistem pemasaran yang digunakan.

Distribusi dan pemasaran dari produk dapat dilakukan melalui Kota Surakarta dan Solo yang mana berjarak ± 10 km dari lokasi pabrik dimana segala fasilitas telah tersedia karena kedudukan Surakarta sebagai kota terbesar di Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan data Kementrian Perindustrian pada tahun 2018, terdapat beberapa industri yang berpotensi membutuhkan acetanilide sebagai bahan baku, antara lain : PT. Graha Farma, PT. Indo Farma Global Medika, PT. Konimex Indonesia, dan PT. Dein Indonesia. Harga tanah di Kebakkramat tahun 2025 ini adalah 1.600.000 per m² dengan indeks kenaikan 5% per tahun. Sehingga harga tanah di tahun 2028 sebesar 1.852.200 per m².

4. Tenaga Kerja

Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang penting bagi suatu perusahaan, karena berhasil tidaknya pencapaian tujuan dari perusahaan yang dipengaruhi oleh faktor tenaga kerja yang memiliki kualitas dan kemampuan tinggi. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan tenaga kerja dihubungkan dengan lokasi pabrik yang akan dipilih adalah :

- a. Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia

Penyediaan tenaga kerja yang terdidik dan terlatih cukup tersedia di dekat lokasi pendirian pabrik di Kawasan Industri Karanganyar, karena adanya perguruan tinggi yang mampu menghasilkan tenaga kerja yang berpendidikan tinggi. Menurut Data Direktorat Jendral Kependudukan dan



Pencatatan Sipil (Dukcapil) menunjukkan, jumlah penduduk Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah mencapai 952,13 ribu jiwa pada 2024. yaitu untuk lulusan SMA sebanyak 195.19 ribu jiwa (20.5%), dan lulusan S1 sebanyak 41.52 ribu jiwa (20.5%) (Databoks, 2024) diperkirakan bahwa pendirian pabrik akan membutuhkan jumlah pegawai sebanyak 70% lulusan SMA dan 30% lulusan S1 sangat memenuhi kriteria sebagai karyawan pada pabrik acetanilide.

b. Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah lokasi pabrik

Upah Minimum Regional di Wilayah Kabupaten Karanganyar pada tahun 2025 menurut BPS kabupaten Karanganyar diperkirakan sebesar Rp. Rp 2.286.366/bulan

5. Utilitas

Fasilitas utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Suatu pabrik memerlukan fasilitas utilitas untuk keperluan menjalankan alat-alat serta penerangan bagi pabrik secara keseluruhan. Kebutuhan bagi pabrik biasanya volumenya cukup besar sehingga diperlukan suatu daerah yang dekat dengan sumber penyediaan air, tenaga listrik, dan bahan bakar.

A. Penyediaan Listrik

Suatu pabrik memerlukan bahan bakar dan listrik untuk keperluan menjalankan alat-alat serta penerangan bagi pabrik secara keseluruhan. Kebutuhan bagi pabrik biasanya volumenya cukup besar, sehingga diperlukan suatu daerah yang dekat dengan sumber tenaga listrik dan bahan bakar. Berdasarkan data yang terinput pada Kementerian Perindustrian, menurut (Imani, 2018) data kebutuhan listrik rata-rata dapat diperkirakan sekitar antara 450-500 kWh. Sumber tenaga listrik untuk keperluan pabrik dapat diperoleh dari PLN maupun dengan menyediakan tenaga pembangkit listrik sendiri berupa mesin diesel/generator. Bahan bakar diperoleh dari distribusi Pertamina. Penggunaan diesel generator sangat penting karena pasokan listrik dari PLN tidak dapat dijamin kontinuitasnya, dimana sewaktu-waktu dapat terjadi gangguan atau pemadaman. Penggunaan diesel generator bertujuan agar proses produksi



tetap berjalan jika terjadi pemadaman listrik dari PLN. Tarif listrik di Kawasan Industri Karanganyar untuk golongan B3-Industri sekitar Rp 1.400 per kWh.

B. Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air diambil dari dua macam sumber :

- a. Langsung dari sumbernya
- b. Dari instalasi penyediaan air

Apabila kebutuhan air ini cukup besar, maka pengambilan air langsung dari sumbernya dapat lebih ekonomis atau perpaduan antara dua sumber diatas. Menurut (Kemenperin, 2018) kebutuhan air pada pabrik rata-rata dapat diperkirakan sekitar 300-500 liter/hari. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemakaian air sumber diantaranya :

- a) Sampai berapa lama sumber air tersebut dapat melayani kebutuhan pabrik
- b) Bagaimana kualitas air yang disediakan untuk pabrik

Kualitas air proses sesuai SNI 6241-2015, yaitu :

1. Tidak berbau
2. pH = 5-7,5
3. Zat yang terlarut maksimal 10 mg/L
4. Total organik karbon maksimal 0,5 mg/L
5. Bromat maksimal 0,01 mg/L
6. Perak (Ag) maksimal 0,025 mg/L
7. Kadar karbondioksida bebas maksimal 3000-5890 mg/L
8. Kadar oksigen terlarut awal minimal 40 mg/L
9. Kadar oksigen terlarut akhir minimal 20 mg/L
10. Timbal (Pb) maksimal 0,005 mg/L
11. Tembaga (Cu) maksimal 0,5 mg/L
12. Kadmium (Cd) maksimal 0,003 mg/L
13. Merkuri (Hg) maksimal 0,001 mg/L
14. Arsen (As) maksimal 0,01 mg/L



- c) Bagaimana pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air tersebut

Kebutuhan air untuk pabrik ini dapat diambil dari sungai terdekat yakni Bengawan Solo ditambah dengan air PDAM untuk keperluan air bersih bagi karyawan.

Faktor pendukung dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain :

1. Harga Tanah dan Gedung

Kabupaten Karanganyar merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang terdapat kawasan industri yakni Kawasan Industri Karanganyar, sehingga harga tanah dan bangunan masih dapat dijangkau serta disesuaikan untuk keperluan industri. Harga tanah pada Kawasan Industri Karanganyar tahun 2025 ini sebesar Rp 1.600.000,00 per meter persegi

2. Peraturan Pemerintahan Daerah Setempat

Kawasan industri Karanganyar dimuat dalam Peraturan Daerah Kabupaten Karanganyar No. 19 Tahun 2019 menetapkan Kawasan Industri Karanganyar sebagai objek vital nasional bidang industri. Hal ini bisa dijadikan dasar untuk perizinan dalam pendirian sebuah pabrik baru di sekitar lokasi Kawasan Industri Karanganyar. Kawasan Industri Karanganyar merupakan proyek strategis nasional yang siap mewadahi para investor industri 4.0. Kawasan Industri Karanganyar menyediakan konektivitas superior dengan transportasi multimoda, terhubung langsung dengan pelabuhan laut dalam, fasilitas utilitas yang lengkap, pelayanan perizinan satu pintu, pengurusan Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL) terpusat pada pengelola kawasan, dan izin konstruksi cepat.

3. Keadaan Geografis

Berdasarkan informasi dari BPBD Kabupaten Karanganyar tahun 2025, wilayah ini berada dalam zona iklim tropis dengan suhu berkisar antara 22°C hingga 33°C. Kecamatan Kebakkramat termasuk dalam wilayah dataran rendah dengan ketinggian sekitar 80 meter di atas

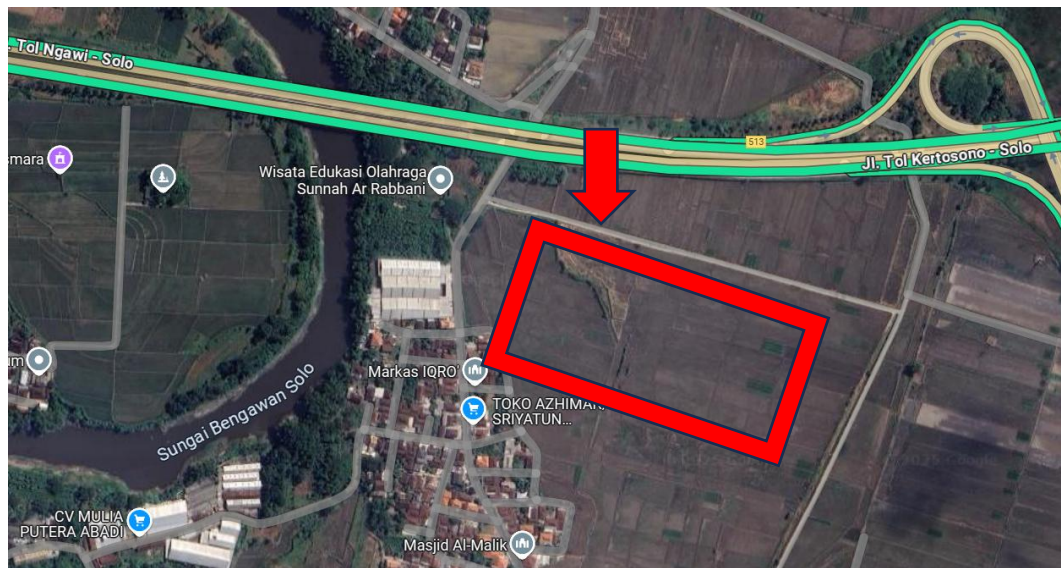


permukaan laut. Meskipun rawan banjir, daerah ini belum pernah mengalami bencana alam seperti gempa bumi maupun tanah longsor. Data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Karanganyar menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan di Kecamatan Kebakkramat pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 1.620,25 mm per tahun, dengan jumlah hari hujan sekitar 115 hari, sehingga rata-rata curah hujan harian mencapai 14,09 mm. Menurut BMKG pada tahun 2025, wilayah dengan curah hujan harian antara 0,5 hingga 20 mm dikategorikan memiliki potensi banjir ringan. Berdasarkan seluruh data tersebut, dapat disimpulkan bahwa Kecamatan Kebakkramat di Kabupaten Karanganyar merupakan lokasi yang sesuai untuk pembangunan kawasan industri karena memiliki lokasi yang strategis, kondisi iklim dan geografis yang mendukung, serta relatif aman dari risiko bencana alam.

4. Buangan Pabrik

Buangan pabrik tidak menimbulkan persoalan yang penting, karena pabrik ini tidak membuang sisa-sisa proses produksi yang mengandung bahan yang berbahaya karena air buangan pabrik akan diolah terlebih dahulu melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebelum dibuang ke badan penerima air buangan.

Dengan semua faktor yang telah dijelaskan tentang pemilihan lokasi pada sebuah pabrik yang mana menjadi hal yang sangat penting untuk keberhasilan dan kelangsungan jalannya pabrik tersebut. Maka, pabrik ini didirikan di Kawasan Industri Karanganyar Jalan Beji Kulon, Kemiri, Kecamatan Kebakkramat, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.



Gambar VIII.1 Lokasi Pabrik

VIII.2 Tata Letak Pabrik

Dasar perencanaan tata letak pabrik harus diatur sehingga didapatkan :

1. Konstruksi yang efisien
2. Pemeliharaan yang ekonomis
3. Operasi yang baik
4. Dapat menimbulkan kegairahan kerja dan menjamin keselamatan kerja yang tinggi

Untuk mendapatkan tata letak pabrik yang baik harus dipertimbangkan beberapa faktor, antara lain :

1. Tiap-tiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharaannya
2. Setiap alat disusun berurutan menurut fungsi masing-masing sehingga tidak menyulitkan aliran proses
3. Untuk daerah yang mudah menimbulkan kebakaran ditempatkan alat pemadam kebakaran
4. Alat kontrol yang ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator
5. Tersedianya tanah atau areal perluasan pabrik



Dalam pertimbangan pada prinsipnya perlu dipikirkan mengenai biaya instalasi yang rendah dan sistem manajemen yang efisien. Tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama yaitu :

1. Daerah Proses

Daerah ini merupakan tempat proses. Penyusunan perencanaan tata letak peralatan berdasarkan aliran proses. Daerah proses diletakkan di tengah-tengah pabrik, sehingga memudahkan supply bahan baku dari gudang persediaan, pengiriman produk ke daerah penyimpanan, dan memudahkan pengawasan serta perbaikan alat.

2. Daerah Penyimpanan (Storage Area)

Daerah ini merupakan tempat penyimpanan hasil produksi yang pada umumnya dimasukkan ke dalam karung atau plastik yang sudah siap dipasarkan.

3. Daerah Pemeliharaan Pabrik dan Bangunan

Daerah ini merupakan tempat melakukan kegiatan perbaikan dan perawatan peralatan, terdiri dari beberapa bengkel untuk melayani permintaan perbaikan dari pabrik dan bangunan.

4. Daerah Utilitas

Daerah ini merupakan pusat dari semua kegiatan administrasi pabrik dalam mengatur operasi pabrik serta kegiatan-kegiatan lainnya.

5. Daerah Administrasi

Daerah ini merupakan pusat dari semua kegiatan administrasi pabrik dalam mengatur operasi pabrik serta kegiatan-kegiatan lainnya.

6. Daerah Perluasan

Daerah ini digunakan untuk persiapan jika pabrik mengadakan perluasan di masa yang akan mendatang. Daerah perluasan ini terletak di belakang pabrik.

7. Plant Service

Plant service meliputi bengkel, kantin umum, dan fasilitas kesehatan / poliklinik. Bangunan-bangunan ini harus ditempatkan sebaik mungkin sehingga memungkinkan terjadinya efisiensi yang maksimum.



8. Jalan Raya

Untuk memudahkan pengangkutan bahan baku maupun hasil produksi, maka perlu diperhatikan masalah transportasi. Salah satu sarana transportasi yang utama adalah jalan raya.

Setelah memperhatikan faktor-faktor diatas, maka disediakan tanah seluas 26.000 m² dengan ukuran 130 m x 200 m. Pembagian luas pabrik diperkirakan sebagai berikut :

Tabel VIII.1 Keterangan *Lay Out* Pabrik

No	Lokasi	Ukuran (m)	jumlah	Luas (m ²)	Total
1	Jalan			2350	2350
2	Pos Keamanan	5 x 4	3	20	60
3	Parkir	20 x 15	5	300	1500
4	Taman	10 x 20	2	200	400
5	Timbangan Truk	20 x 10	1	200	200
6	Pemadam Kebakaran	10 x 10	2	100	200
7	Bengkel	15 x 10	1	150	150
8	Kantor	50 x 30	1	1500	1500
9	Perpustakaan	20 x 20	1	400	400
10	Kantin	20 x 10	1	200	200
11	Poliklinik	10 x 10	1	100	100
12	Mushola	40 x 20	1	800	800
13	Ruang Proses	80 x 65	1	5200	5200
14	Ruang Kontrol	30 x 15	1	450	450
15	Laboratorium	30 x 15	1	450	450
16	Unit Utilitas :				3900
a.	Unit Pengolahan Air	30 x 30	1	900	900
b.	Unit Pembangkit Listrik	30 x 10	1	600	600
c.	Unit Penyedia Steam	30 x 10	1	600	600
d.	Unit Cooling Tower	30 x 20	1	900	900
e.	Unit Pengolahan Limbah	30 x 10	1	900	900
17	Penyimpan Bahan Baku	40 x 20	1	800	800
18	Penyimpan Produk	40 x 20	1	800	800
19	Gudang	20 x 15	1	300	300
20	Daerah Perluasan	40 x 25	4	1000	4000
21	Toilet	5 x 4	7	20	140



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik *Acetanilide* dari *Aniline* dan *Acetic Anhydride* dengan Proses *Batch* dan Penambahan *Benzene* sebagai Zat Aditif"

22	Ruang Packing	15 x 15	1	225	225
23	Unit K3	10 x 10	1	100	100
24	Ruang kosong untuk jalan				1775
Total					26000

Luas Bangunan Gedung

$$\begin{aligned} &= \text{no (2)} + (5) + (6) + (7) + (8) + (9) + (10) + (11) + (12) + (21) \\ &= 60 + 200 + 200 + 150 + 1500 + 400 + 200 + 100 + 800 + 140 \\ &= 3.750 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas Bangunan Pabrik

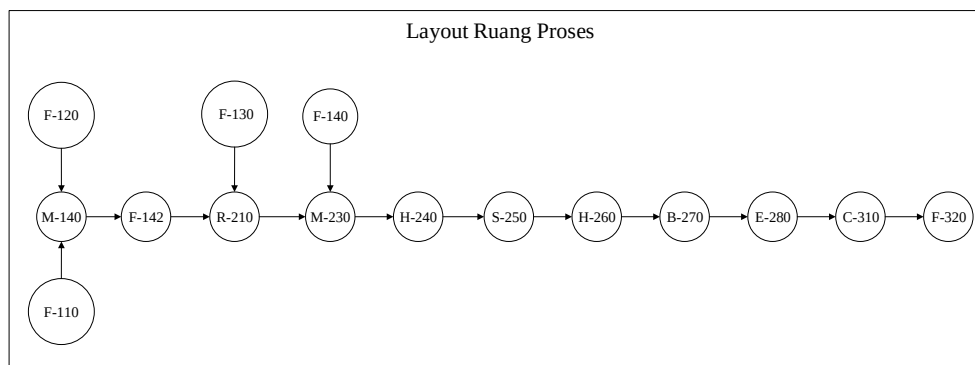
$$\begin{aligned} &= \text{no (13)} + (14) + (15) + (16) + (17) + (18) + (19) + (22) + (23) \\ &= 5200 + 450 + 450 + 3900 + 800 + 800 + 300 + 225 + 100 \\ &= 12.225 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



VIII.3 Tata Letak Peralatan

Tabel VIII.2 Keterangan Layout Ruang Proses

No.	Nama Alat	Jumlah
F-110	Tangki Penampung Aniline	4
F-120	Tangki Penampung Benzene	4
F-130	Tangki Penampung Acetic Anhydride	2
F-140	Silo Penampung Karbon Aktif	1
M-140	Tangki Pencampur	1
F-142	Intermediate Storage	1
R-210	Reaktor	3
M-230	Tangki Decolorizer	1
H-240	Rotary Drum Vacum Filter	1
S-250	Crystallizer	1
H-260	Centrifuge	1
B-270	Rotary Dryer	1
E-280	Cooling Conveyor	1
C-310	Ball Mill	1
F-320	Silo Penampung Acetanilide	1



Gambar VIII.3 Lay Out Ruang Proses



BAB IX

STRUKTUR ORGANISASI

IX. 1 Umum

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Letak	: Kawasan Industri Karanganyar, Jawa Tengah
Lapangan Usaha	: Produksi <i>Acetanilide</i>
Kapasitas Produksi	: 85.000 ton <i>Acetanilide</i> /tahun

IX. 2 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan dari pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut :

- Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.
- Kekayaan perseroan terpisah dari kekayaan setiap pemegang saham.
- Demi kelancaran produksi, maka tanggung jawab setiap pemegang saham dipegang oleh pimpinan perusahaan.

Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin kerana tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

IX. 3 Struktur Organisasi

Bentuk Organisasi : GARIS DAN STAF

Bentuk organisasi ini mempunyai keuntungan antara lain :

- Dapat dipergunakan oleh setiap organisasi yang tanpa memandang besar kecilnya tujuannya.
- Ada pembagian yang jelas antara pimpinan, staf dan pelaksana.
- Bakat-bakat yang berbeda dari para karyawan dapat dikembangkan menjadi suatu spesialisasi.
- Sistem penempatan ‘ The Right Man in The Right Place ‘ lebih mudah dilaksanakan.
- Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat walaupun banyak orang yang diajak berunding karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat.



-
- Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dicapai karena ada anggota-anggota staf yang ahli dalam bidangnya yang dapat memberikan nasehat dan mengerjakan perencanaan yang teliti.
 - Koordinasi dapat dengan mudah dikerjakan karena sudah ada pembagian tugas masing-masing.
 - Disiplin dan moral para karyawan biasanya tinggi karena tugas yang dilaksanakan oleh seseorang sesuai dengan bakat, keahlian dan pengalamannya.

IX. 4 Pembagian Tugas Dan Tanggung Jawab

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah pemilik perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham :

- Memilih dan memberhentikan komisaris
- Meminta pertanggungjawaban kepada Dewan Komisaris.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris sebagai wakil dari pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh Rapat Persero. Biasanya yang menjadi Ketua Dewan Komisaris adalah Ketua dari Pemegang Saham, dipilih dari Rapat Umum Pemegang Saham.

Tugas dan wewenang Dewan Komisaris :

- Memilih dan memberhentikan Direktur
- Mengawasi Direktur
- Menyetujui atau menolak rencana kerja yang diajukan Direktur
- Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham

3. General Manager

General Manager merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggungjawab kepada dewan komisaris dan membawahi :

- Manager Administrasi
- Manager Produksi



Tugas dan wewenang Manager utama :

- a. Bertanggungjawab 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 jalannya perusahaan.

4. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

- Pengawasan dan peningkatan mutu produksi
- Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi
- Pengawasan peralatan pabrik
- Perbaikan pemeliharaan alat-alat produksi

5. Direktur Keuangan dan Administrasi

Direktur Keuangan bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal :

- Biaya perusahaan
- Laba ruginya perusahaan
- Neraca Keuntungan
- Administrasi perusahaan
- Perencanaan pemasaran dan penjualan

6. 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 :

- Ahli Teknik
- Ahli Proses
- Ahli Ekonomi dan Marketing
- Ahli Hukum



7. Kepala Bagian (Kabag)

Terdiri dari :

- Kabag produksi
- Kabag Teknik
- Kabag keuangan
- Kabag umum
- Kabag pemasaran

Tugas umum kepala bagian adalah :

- Menjalankan organisasi mengatur/mengkoordinasi/mengawasi pekerja-pekerja seksi dibawahnya.
- Bertanggungjawab atas kerja seksi-seksi dibawahnya
- Membuat laporan berkala dari seksi-seksi dibawahnya
- Mengajukan saran-saran / pertimbangan-pertimbangan mengenai usaha perbaikan kepala seksi.

Tugas khusus kepala bagian :

- a) Kepala Bagian Teknik
Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi di segala bidang produksi seperti 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 menganalisa kualitas produk dan bahan baku.
- c) Kepala bagian umum
Melaksanakan dan mengatur segala sesuatu yang berkaitan dengan urusan personalia, sekretariat perusahaan dan *security*.
- d) Kepala bagian pemasaran
Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.



e) Kepala bagian keuangan

Merencanakan, menyelenggarakan dan mengevaluasi hasil operasi keuangan.

8. Kepala Seksi

Tugas umum kepala seksi :

- Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing
- Melaksanakan rencana yang telah ditetapkan Direksi
- Bertanggung jawab atas kelancaran / keserasian kerja dari tiap bagian yang dipegang.

Tugas khusus staf bagian :

a) Bagian produksi dan proses

Melaksanakan proses produksi sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan, dan mengadakan kegiatan agar proses produksi dapat berlangsung dengan baik, mulai dari bahan baku masuk sampai produk akhir.

b) Seksi Utilitas dan Energi

Seksi Utilitas dan Energi bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik. Seksi Utilitas dan Energi memiliki wewenang menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yang meliputi air, listrik, *steam*, dan bahan bakar.

c) Seksi Riset dan Pengembangan

Seksi Riset dan Pengembangan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi. Seksi Riset dan Pengembangan memiliki wewenang mengadakan pemeriksaan dan menetapkan

d) Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan

Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik. Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan memiliki wewenang menjamin keadaan peralatan atau mesin-mesin yang ada di dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap pakai dengan pemeliharaan yang cukup efisien dan efektif.

e) Bagian personalia dan Kesejahteraan



Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.

f) Bagian keamanan

Melaksanakan dan mengatur hal-hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.

g) Bagian pemasaran dan penjualan

Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Dalam hal ini Manager Utama berperan dalam menentukan kebijaksanaan perusahaan.

h) Bagian gudang dan Bengkel

Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku / bahan pembantu, dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan, penerimaan serta pengiriman produksi kepada konsumen.

i) Bagian administrasi

Seksi Administrasi bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Keuangan. Seksi Administrasi memiliki wewenang melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventaris perusahaan.

j) Seksi Keuangan

Seksi Keuangan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Keuangan. Seksi Keuangan memiliki wewenang mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan menyalurkan modal dan mengamankan fisik keuangan.

k) Bagian pembelian

Mengadakan pembelian dan persediaan dari semua peralatan beserta *sparepart* dan semua bahan-bahan untuk keperluan produksi dengan memperhatikan mutu, harga dan jumlah yang tepat.

l) Seksi Laboratorium dan Pengendalian Proses



Seksi Laboratorium dan Pengendalian Proses bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Proses memiliki wewenang menyelenggarakan pemantauan hasil (mutu) bahan baku dan produk serta mengawasi kualitas buangan pabrik.

m) Seksi Humas

Seksi Humas bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum. Seksi Humas memiliki wewenang mengadakan suatu hubungan dengan masyarakat tentang masalah-masalah pabrik yang dapat berpengaruh pada masyarakat melalui kegiatan sosialisasi, serta membantu memasarkan produksi dalam hal periklanan.

n) Seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum. Seksi K3 memiliki wewenang masalah-masalah kesehatan karyawan dan keluarga serta menangani masalah keselamatan kerja dalam perusahaan

IX. 5 Jam Kerja

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 330 hari dalam setahun, 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan mesin-mesin. Jam kerja untuk pegawai adalah sebagai berikut :

a. Untuk pekerja non shift

Bekerja dalam enam hari dalam seminggu, sedang hari Minggu dan hari besar libur. Pembagian jam kerja karyawan non-shift sebagai berikut :

* Senin sampai Jum’at : 07.00 – 15.00

* Sabtu : 07.00 – 13.00

b. Untuk pekerja shift

Sehari bekerja dalam 24 jam terbagi dalam 3 shift , yaitu :

* Shift I (pagi) : 07.00 – 15.00

* Shift II (siang) : 15.00 – 23.00

* Shift III (malam) : 23.00 – 07.00



Untuk memenuhi kebutuhan pegawai ini diperlukan 4 regu dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur. Jadwal kerja masing-masing regu ditabelkan pada Tabel IX.1

Tabel IX. 1 Jadwal Kerja Karyawan Proses

REGU	HARI KE :													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

IX. 6 Status Karyawan Dan Sistem Upah

Pada pabrik ini, sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan dan tanggung jawab serta keahlian. Menurut statusnya, karyawan pabrik dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut :

a. Karyawan tetap.

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK). Direksi mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

b. Karyawan harian.

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan oleh direksi berdasarkan nota persetujuan Direksi atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah yang dibayarkan tiap akhir pecan.

c. Karyawan borongan



Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

IX. 7 Jaminan Sosial

Jaminan Sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain :

- Pakaian kerja, diberikan kepada karyawan tetap sebanyak 2 stel pakaian per tahun.
- Tunjangan, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
- Pengobatan, dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, dimana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.
- Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

IX. 8 Kebutuhan Tenaga Kerja

Pada pabrik ini system upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, dan tanggung jawab serta keahlian.

Tabel IX. 2 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jabatan	Jumlah (orang)	Tunjangan/or g (Rp)	Tunjangan/bl n (Rp)	Gaji/thn (Rp)
Direktur Utama	1	25.000.000	25.000.000	325.000.000
Sekretaris	1	8.000.000	8.000.000	104.000.000
Staff ahli	4	10.000.000	40.000.000	520.000.000
Direktur Produksi & Teknik	1	20.000.000	20.000.000	260.000.000
Direktur Keuangan dan Administrasi	1	20.000.000	20.000.000	260.000.000



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik *Acetanilide* dari *Aniline* dan *Acetic Anhydride* dengan Proses *Batch* dan Penambahan *Benzene* sebagai Zat Aditif"

General Manager	1	15.000.000	15.000.000	195.000.000
Manager Produksi dan Teknik	1	12.000.000	12.000.000	156.000.000
Manager Keuangan dan Administrasi	1	12.000.000	12.000.000	156.000.000
Kabag Produksi	1	8.000.000	8.000.000	104.000.000
Kabag Teknik	1	8.000.000	8.000.000	104.000.000
Kabag Keuangan	1	8.000.000	8.000.000	104.000.000
Kabag Umum	1	8.000.000	8.000.000	104.000.000
Kabag Pemasaran	1	8.000.000	8.000.000	104.000.000
Kasi Produksi & Proses	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Riset & Pengembangan	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Laboratorium	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Utilitas & Energi	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Pemeliharaan	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Gudang & Bengkel	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Personalia	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Keamanan	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Humas	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi K3	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Administrasi	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Keuangan	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi Pemasaran dan Penjualan	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000
Kasi bagian Pembelian	1	6.000.000	6.000.000	78.000.000



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik *Acetanilide* dari *Aniline* dan *Acetic Anhydride* dengan Proses *Batch* dan Penambahan *Benzene* sebagai Zat Aditif"

Karyawan Proses	48	5.000.000	240000000	3.120.000.000
Karyawan Bagian K3	8	4.000.000	32.000.000	416.000.000
Karyawan Laboratorium	8	4.000.000	32.000.000	416.000.000
Karyawan Utilitas	28	5.000.000	140000000	1.820.000.000
Karyawan Pemeliharaan	8	4.000.000	32.000.000	416.000.000
Karyawan Riset dan Pengembangan	3	6.000.000	18.000.000	234.000.000
Karyawan Pembelian	2	4.000.000	8.000.000	104.000.000
Karyawan Administrasi	3	4.000.000	12.000.000	156.000.000
Karyawan Keuangan	3	4.000.000	12.000.000	156.000.000
Karyawan Pemasaran	4	4.000.000	16.000.000	208.000.000
Karyawan Personalia	4	4.000.000	16.000.000	208.000.000
Karyawan Keamanan	12	3.500.000	42.000.000	546.000.000
Karyawan Humas	2	4.000.000	8.000.000	104.000.000
Karyawan Gudang	8	4.000.000	32.000.000	416.000.000
Karyawan Pembersih	8	3.000.000	24.000.000	312.000.000
Dokter	2	8.000.000	16.000.000	208.000.000
Perawat	3	5.000.000	15.000.000	195.000.000
Sopir	5	3.000.000	15.000.000	195.000.000
Pesuruh	5	2.800.000	14.000.000	182.000.000
Jumlah	194	327.300.000	1.000.000.000	13.000.000.000

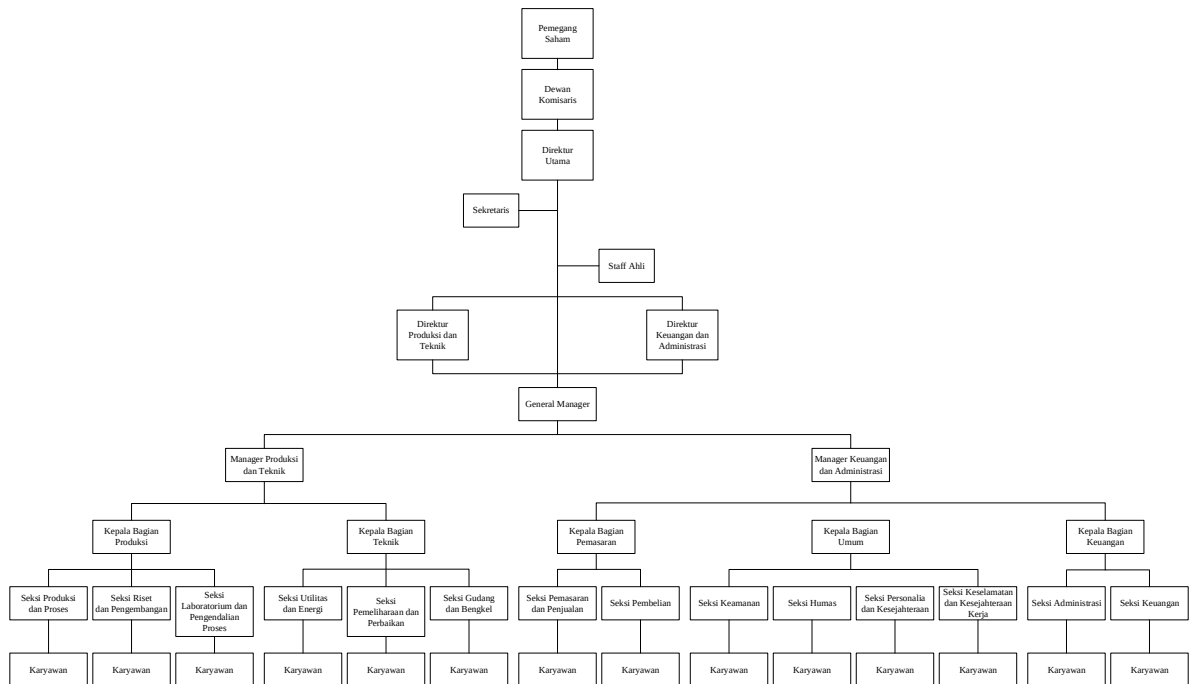
Total gaji pegawai dalam 1 tahun = Rp. 13.000.000.000,00

(1 tahun = 13 kali gaji)



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik *Acetanilide* dari *Aniline* dan *Acetic Anhydride* dengan Proses *Batch* dan Penambahan *Benzene* sebagai Zat Aditif"



Gambar IX. 1 Struktur Organisasi Perusahaan



BAB X ANALISIS 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

Total Capital Investment dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

A. Modal Tetap (Fixed Capital Investment)

Fixed Capital Investment adalah modal yang dipergunakan untuk keperluan pembelian peralatan pabrik hingga peralatan tersebut dapat dioperasikan.

Fixed Capital Investment dibagi menjadi 2, yaitu :

- a) Biaya Langsung (Direct Cost), meliputi :
 1. Pembelian alat-alat persediaan
 - 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-alat kontrol serta alat-alat instrumentasi
 4. Perpipaan
 - Harus diperhatikan adalah bahan konstruksinya, fitting, valve, isolasi dan alat – alat pembantu
 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 parkir
 - 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
- Jadi :
- $$\text{Fixed Capital Investment (FCI)} = \text{Direct Cost (DC)} + \text{Indirect Cost (IC)}$$

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 :

$$\text{Total Capital Investment (TCI)} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

Keterangan =

FCI = Fixed Capital Investment

WCI = Working 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.



D. Total Capital Investment (TCI)

Total Capital Investment adalah jumlah modal yang harus disediakan untuk sebuah pabrik dan pembuatannya, ditambah dengan biaya pabrik untuk beberapa waktu. Total Capital Investment dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

A. Fixed Capital Investment :

- *Direct Cost* (biaya langsung)
- *Indirect Cost* (biaya tidak langsung)

B. Working Capital Investment

- Biaya membeli bahan baku dan persediaan di gudang.
- Hasil produksi dan yang akan diproduksi.
- Hutang (Financing) jangka pendek dan jangka panjang.
- Persediaan gaji dan upah.

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)

adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk mengolah bahan baku menjadi bahan jadi, meliputi :

1. Direct Production Cost

- Bahan baku
- Biaya laboratorium
- Ongkos karyawan
- Utilitas
- Biaya perawatan dan perbaikan
- Operation supplies
- Biaya supervisi
- Patents dan royalties.

2. Biaya Tetap (Fixed Charge Cost) adalah biaya yang selama satu periode kerja tidak mengalami perubahan, meliputi :

- Depresiasi
- Pajak
- Asuransi
- Bunga Pinjaman
- Sewa

3. 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 :

Total Production Cost (TPC) = Manufacturing Cost + General Expenses

Pengeluaran biaya terdiri dari atas :

1. Variabel Cost = Direct Cost

Adalah segala biaya yang dikeluarkan berbanding lurus dengan laju produksi, terdiri atas :

- Bahan baku
- Biaya laboratorium
- Ongkos karyawan
- Utilitas
- Biaya perawatan dan perbaikan

Adalah biaya yang tidak tergantung dari laju produksi, terdiri atas :

- Depresiasi
- Asuransi
- Pajak property
- Bunga Bank
- Sewa

3. Semi Variabel Cost

Adalah segala pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi, terdiri atas :

- General Expenses
- Plant Over Head

**X.3 Penentuan TCI****X.3.1 Modal Tetap (Fixed Capital Investment) (FCI)**

Suatu pabrik dinyatakan menguntungkan atau tidak, dapat dilihat dari perhitungan – perhitungan : (Max Peter T. 6.17)

No	Komponen	%		Nilai
1	Pembelian Alat (E)	100%		Rp 123.137.820.555,71
2	Instrumentasi Dan Kontrol	30%	E	Rp 36.941.346.166,71
3	Instalasi	15%	E	Rp 18.470.673.083,36
4	Perpipaan Terpasang	20%	E	Rp 24.627.564.111,14
5	Pelistrikan Terpasang	15%	E	Rp 18.470.673.083,36
6	Harga FOB (F)	-	-	Rp 221.648.077.000,27
7	Ongkos Kapal Laut	10%	F	Rp 22.164.807.700,03
8	Cost And Freight (G)	-	-	Rp 243.812.884.700,30
9	Asuransi	1%	G	Rp 2.438.128.847,00
10	Cost Insurance Freight (H)	-	-	Rp 246.251.013.547,30
11	Biaya Angkut	20%	H	Rp 49.250.202.709,46
12	Pemasangan Alat	30%	E	Rp 36.941.346.166,71
13	Bangunan Pabrik	-	-	Rp 73.125.000.000
14	Tanah	-	-	Rp 48.157.200.000
15	Service Facilities And Yard	40%	E	Rp 49.255.128.222,28
Total Direct Cost				Rp 502.979.890.645,76

No	Komponen	%		Nilai
1	Engineering Dan Supervisi	15%	DC	Rp 75.446.983.596,86
2	Ongkos	15%	DC	Rp 75.446.983.596,86
3	Biaya Tak Terduga	15%	E	Rp 18.470.673.083,36
4	Biaya Konstruksi	15%	E	Rp 18.470.673.083,36
Total Indirect Cost				Rp 187.835.313.360,44

$$\begin{aligned}\text{Fixed Capital Investment (FCI)} &= \text{Total Direct Cost} + \text{Total Indirect Cost} \\ &= \text{Rp } 690.815.204.006\end{aligned}$$

X.3.2 Total Product Cost (TPC)**I. Manufacturing Cost****A Direct Production Cost**

No	Komponen	%		Nilai
1	Bahan Baku (1 tahun)	-	-	Rp 2.308.480.810.991
2	Biaya Utilitas (1 tahun)	-	-	Rp 1.022.547.408.543
3	Biaya Pengemasan (1 tahun)	-	-	Rp 17.000.000.000
4	Gaji Karyawan (A)	-	-	Rp 13.000.000.000
5	Biaya Laboratorium	10%	A	Rp 1.300.000.000
6	Biaya Supervisi	10%	A	Rp 1.300.000.000
7	Biaya Pemeliharaan (B)	10%	FCI	Rp 69.081.520.400,62
8	Operating Suppliers	10%	B	Rp 6.908.152.040,06
Direct Production Cost				Rp 3.439.617.891.974



B. Fixed Charges

1. Depresiasi Alat dihitung dengan metode garis lurus

$$\text{Harga Alat (A)} = \text{Rp } 123.137.820.555,71$$

$$\text{Harga Alat Setelah Pemakaian} = 5\% \text{ A}$$

$$= \text{Rp } 6.156.891.027,79$$

$$\text{Biaya depresiasi alat selama } 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Depresiasi Alat} = \frac{\text{Harga Alat} - \text{Harga Alat Setelah Pemakaian}}{n}$$

$$= \text{Rp } 11.698.092.952,79$$

2. Depresiasi Bangunan

$$\text{Harga Bangunan (A)} = \text{Rp } 73.125.000.000$$

$$\text{Harga Bangunan Setelah Pemakaian} = 40\% \text{ A}$$

$$= \text{Rp } 29.250.000.000$$

$$\text{Depresiasi Bangunan} = \frac{\text{Harga Bangunan} - \text{Harga Bangunan Setelah Pemakaian}}{n}$$

$$= \text{Rp } 4.387.500.000$$

$$\text{Total Depresiasi} = \text{Rp } 16.085.592.952,79$$

3. Biaya Tetap (Fixed Cost)

No	Komponen	%		Nilai
1	Depresiasi Total	-	-	Rp 16.085.592.952,79
2	Sewa	-	-	Rp -
3	Asuransi	1%	FCI	Rp 6.908.152.040
4	Pajak	4%	FCI	Rp 27.632.608.160
5	Bunga Bank BRI 8%	10%	TCI	0,10 TCI
Fixed Cost				Rp 50.626.353.153

$$\text{Fixed Cost} = \text{Rp } 50.626.353.153 + 0,10 \text{ TCI}$$

C. Plant overhead cost (Peter hal 270)

$$\text{Plant Overhead Cost} = (50\% \times (\text{Gaji Karyawan} + \text{Supervisi} + \text{Pemeliharaan}))$$

$$= \text{Rp } 41.690.760.200,31$$

$$\text{Direct Production Cost} = \text{Rp } 3.439.617.891.974,30$$

$$\text{Biaya Produksi Tetap} = \text{Rp } 50.626.353.153,10 + 0,10 \text{ TCI}$$

$$\text{Manufacturing cost} = \text{Rp } 3.531.935.005.327,71 + 0,10 \text{ TCI}$$

D. Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses)

$$\text{Biaya Administrasi} = (20\% \times (\text{gaji karyawan} + \text{supervisi} + \text{pemeliharaan}))$$

$$= \text{Rp } 12.507.228.060,09$$

$$\text{Biaya Distribusi Dan Pemasaran} = 0,1 \text{ TPC} \quad (10\% \text{ TPC})$$

$$\text{Biaya Research Dan Development} = 0,05 \text{ TPC} \quad (5\% \text{ TPC})$$

$$\text{Biaya Pengeluaran Umum} = \text{Rp } 12.507.228.060,09 + 15\% \text{ TPC}$$

**E. Total Product Cost**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Product Cost} &= \text{Manufacturing cost} + \text{GE} \\
 \text{Biaya Produksi} &= \text{Rp } 3.531.935.005.327,71 + 0,10 \text{ TCI} \\
 \text{Pengeluaran Umum} &= \text{Rp } 12.507.228.060,09 + 0,15 \text{ TPC} \\
 \text{TPC} &= \text{Rp } 3.544.442.233.387,80 + 0,1 \text{ TCI} + 0,15 \text{ TF} \\
 0,85 \text{ TPC} &= \text{Rp } 3.544.442.233.387,80 + 0,1 \text{ TCI} \\
 \text{TPC} &= \text{Rp } 4.169.932.039.279,77 + 0,118 \text{ TCI}
 \end{aligned}$$

X.3.3 Modal Total (Total Capital Investment, TCI)

$$\text{TCI} = \text{Fixed Capital Investment} + \text{Working Capital Investment}$$

$$\text{WCI} = \frac{\text{TPC}}{12} \times 3 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp } 1.042.483.009.819,94 + 0,0294 \text{ TCI}$$

WCI adalah penyimpanan bahan baku, penyimpanan produk dan cadangan dalam 3 bulan

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 1.733.298.213.826 + 0,0294 \text{ TCI}$$

$$0,971 \text{ TCI} = \text{Rp } 1.733.298.213.826$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 1.785.822.402.124$$

TCI	Rp	1.785.822.402.123,90	OC	=	Rp	3.710.517.245.540,10
WCI	Rp	1.095.007.198.117,70				
TPC	Rp	4.380.028.792.470,81				
FC	Rp	229.208.593.365,49				
GE	Rp	669.511.546.930,72				

IX.3 Analisis Ekonomi**A. Asumsi yang diambil**

1. Modal

$$\text{Modal Sendiri} = 60\%$$

$$\text{Modal Pinjaman} = 40\%$$

2. Bunga

$$\text{Bunga} = 8\% \text{ /tahun (Bank BRI)}$$

3. Masa Kontruksi

$$\text{Masa Kontruksi} = 3 \text{ tahun}$$

Pembayaran modal pinjaman selama konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut :

- 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

$$\text{Laju Inflasi} = 3,00\%$$

5. Pengembalian Pinjaman Dalam Waktu 10 tahun



6. Umur Pabrik 10 tahun (Depresiasi 10% per tahun)

7. Kapasitas Produksi

Tahun ke 1 = 70%

Tahun ke 2 = 80%

Tahun ke 3 dst = 100%

8. Pajak Badan Usaha

Penghasilan Kotor (Peredaran Bruto) (Rp)	Tarif
Kurang Dari Rp 4,8M	% Penghasilan Kotor (Peredaran Bruto)
> Rp 4,8M sampai 50M	0,25 - 0,6M per penghasilan
> 50M	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 X-1

Tabel X.1 Pembukuan TPC

Tahun	Kapasitas	Variable Cost		Semi Variable Cost		TPC	
Ke		VC		SVC			
1	70%	Rp	2.407.732.524.382,01	Rp	711.202.307.131,03	Rp	3.348.143.424.879
2	80%	Rp	2.751.694.313.579,44	Rp	711.202.307.131,03	Rp	3.692.105.214.076
3	100%	Rp	3.439.617.891.974,30	Rp	711.202.307.131,03	Rp	4.380.028.792.471

$$SVC = \text{Overhead Cost} + \text{General Expenses}$$

B. Investasi Pabrik

Total Investasi Pabrik (FCI) = Rp 690.815.204.006

Modal Sendiri = 60% FCI = Rp 414.489.122.404

Modal Pinjaman = 40% FCI = Rp 276.326.081.602

Inflasi = 3%

Bunga = 8%

Tabel X.2 Pembukuan Modal Sendiri

Tahun Ke	Modal %	Jumlah	Inflasi	Total
		Modal Sendiri x % moda	Jumlah x %Inflasi	Jumlah + Inflasi
-2	60%	Rp 248.693.473.442,23		Rp 248.693.473.442
-1	40%	Rp 165.795.648.961,49	Rp 7.460.804.203,27	Rp 173.256.453.165
0			Rp 12.434.673.672,11	Rp 12.434.673.672
Total Modal Sendiri				Rp 434.384.600.279

Tabel IX-3 Pembukuan Modal Pinjaman

Tahun Ke	Modal %	Jumlah	Inflasi	Total
		Modal Asing x % modal	Jumlah x %bunga	Jumlah + bunga
-2	60%	Rp 165.795.648.961,49		Rp 165.795.648.961
-1	40%	Rp 110.530.432.640,99	Rp 13.263.651.916,92	Rp 123.794.084.558
0			Rp 22.106.086.528,20	Rp 22.106.086.528



Total Modal Pinjaman	Rp 311.695.820.048
----------------------	--------------------

C Tabel Cash Flow

FCI	=	Rp 690.815.204.006
Modal Sendiri (60%)	=	Rp 414.489.122.404
Modal Pinjaman (40%)	=	Rp 276.326.081.602

Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow (Rp)		
		Modal Sendiri		
		Pengeluaran	Inflasi	Jumlah
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
-2	0%	Rp 248.693.473.442		Rp 248.693.473.442
-1	0%	Rp 165.795.648.961	Rp 7.460.804.203	Rp 173.256.453.165
0	0%		Rp 12.434.673.672	Rp 12.434.673.672
1	70%			
2	80%			
3	100%			
4	100%			
5	100%			
6	100%			
7	100%			
8	100%			
9	100%			
10	100%			

Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow (Rp)		
		Modal Pinjaman		
		Pengeluaran	Inflasi	Jumlah
[1]	[2]	[6]	[7]	[8]
-2	0%	Rp 165.795.648.961		Rp 165.795.648.961
-1	0%	Rp 110.530.432.641	Rp 13.263.651.917	Rp 123.794.084.558
0	0%		Rp 22.106.086.528	Rp 22.106.086.528
1	70%			
2	80%			
3	100%			
4	100%			
5	100%			
6	100%			
7	100%			
8	100%			
9	100%			
10	100%			



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik *Acetanilide* dari *Aniline* dan *Acetic Anhydride* dengan Proses *Batch* dan Penambahan *Benzene* sebagai Zat Aditif"

Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow (Rp)		
		Jumlah Modal Sampai Pabrik Siap Beroperasi		
		Modal Sendiri	Modal Pinjaman	Jumlah
[1]	[2]	[9]	[10]	[11]
-2	0%			
-1	0%			
0	0%	Rp 434.384.600.279	Rp 311.695.820.048	Rp 746.080.420.327
1	70%			
2	80%			
3	100%			
4	100%			
5	100%			
6	100%			
7	100%			
8	100%			
9	100%			
10	100%			

Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow (Rp)		
		Sisa Pinjaman	Pengembalian Pinjaman	Total Penjualan
[1]	[2]	[12]	[13]	[14]
-2	0%			
-1	0%			
0	0%			
1	70%	Rp 311.695.820.048	Rp 31.169.582.005	Rp 3.558.100.000.000
2	80%	Rp 280.526.238.043	Rp 31.169.582.005	Rp 4.066.400.000.000
3	100%	Rp 249.356.656.038	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000
4	100%	Rp 218.187.074.033	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000
5	100%	Rp 187.017.492.029	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000
6	100%	Rp 155.847.910.024	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000
7	100%	Rp 124.678.328.019	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000
8	100%	Rp 93.508.746.014	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000
9	100%	Rp 62.339.164.010	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000
10	100%	Rp 31.169.582.005	Rp 31.169.582.005	Rp 5.083.000.000.000



Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow (Rp)		
		Depresiasi	Fixed Cost	Variabel Cost
[1]	[2]	[15]	[16]	[17]
-2	0%			
-1	0%			
0	0%		Rp 229.208.593.365	
1	70%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974
2	80%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 2.407.732.524.382
3	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 2.751.694.313.579
4	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974
5	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974
6	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974
7	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974
8	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974
9	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974
10	100%	Rp 16.085.592.953	Rp 229.208.593.365	Rp 3.439.617.891.974

Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow (Rp)		
		SemiVariabel Cost	Total Production Cost (TPC)	Laba Kotor
[1]	[2]	[18]	[19]	[20]
-2	0%			
-1	0%			
0	0%			
1	70%	Rp 711.202.307.131	Rp 3.348.143.424.879	Rp 178.786.993.117
2	80%	Rp 711.202.307.131	Rp 3.692.105.214.076	Rp 343.125.203.919
3	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524
4	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524
5	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524
6	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524
7	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524
8	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524
9	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524
10	100%	Rp 711.202.307.131	Rp 4.380.028.792.471	Rp 671.801.625.524



Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow (Rp)		
		Pajak	Laba Bersih	Cash Flow
[1]	[2]	[21]	[22]	[23]
-2	0%			
-1	0%			
0	0%			
1	70%	Rp 44.696.748.279	Rp 134.090.244.838	Rp 150.175.837.790
2	80%	Rp 85.781.300.980	Rp 257.343.902.939	Rp 273.429.495.892
3	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096
4	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096
5	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096
6	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096
7	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096
8	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096
9	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096
10	100%	Rp 167.950.406.381	Rp 503.851.219.143	Rp 519.936.812.096

X.4 Return Of Investment (ROI)

Laba Kotor Rata-Rata	=	Rp	589.632.520.123,14
Laba Bersih Rata-Rata	=	Rp	442.224.390.092,36
Total Investment per tahun	=	Rp	1.785.822.402.123,90

$$\text{ROI Sebelum Pajak} = \frac{\text{Laba Kotor Rata-Rata}}{\text{Total Investment per tahun}} \times 100\%$$

$$= 33,02\%$$

$$\text{ROI Setelah Pajak} = \frac{\text{Laba Bersih Rata-Rata}}{\text{Total Investment per tahun}} \times 100\%$$

$$= 24,76\%$$

X.5 Pay Back Periode (PBP)

Tabel X-5 Cumulative Cash Flow

Tahun Produksi	Cash Flow	Cummulative Cash Flow
0	Rp 746.080.420.326,69	
1	Rp 150.175.837.790,33	Rp 150.175.837.790,33
2	Rp 273.429.495.892,26	Rp 423.605.333.682,59
3	Rp 519.936.812.096,11	Rp 943.542.145.778,70
4	Rp 519.936.812.096,11	Rp 1.463.478.957.874,81
5	Rp 519.936.812.096,11	Rp 1.983.415.769.970,93
6	Rp 519.936.812.096,11	Rp 2.503.352.582.067,04
7	Rp 519.936.812.096,11	Rp 3.023.289.394.163,15
8	Rp 519.936.812.096,11	Rp 3.543.226.206.259,27
9	Rp 519.936.812.096,11	Rp 4.063.163.018.355,38
10	Rp 519.936.812.096,11	Rp 4.583.099.830.451,49



$$\begin{aligned}
 \text{PBP} &= \text{tahun sebelum} + \frac{\text{FCI} - \text{Cumulative cash flow tahun ke 2}}{\text{Cash Flow tahun ke 3}} \\
 &= 2,6 \text{ tahun} \\
 &= 31,4 \text{ bulan}
 \end{aligned}$$

X.6 Laju Pengembalian Modal (IRR)

$$\begin{aligned}
 \text{dn} &= \frac{1}{(1+i)^n} & \text{dn} &= \text{Discount Factor} \\
 & & i &= \text{Rate of Return} \\
 & & n &= \text{Life time project} \\
 \text{Rate Of Return} & & &= 18,78\% \text{ (Trial)}
 \end{aligned}$$

Tahun	Cash Flow	Trial i	Present Value
	TCI	Disc Factor	
0	Rp 1.785.822.402.124		
1	Rp 150.175.837.790,33	0,841898311	Rp 126.432.784.153
2	Rp 273.429.495.892,26	0,708792766	Rp 193.804.848.608
3	Rp 519.936.812.096,11	0,596731432	Rp 310.262.638.481
4	Rp 519.936.812.096,11	0,502387185	Rp 261.209.591.230
5	Rp 519.936.812.096,11	0,422958922	Rp 219.911.913.612
6	Rp 519.936.812.096,11	0,356088402	Rp 185.143.468.586
7	Rp 519.936.812.096,11	0,299790224	Rp 155.871.973.452
8	Rp 519.936.812.096,11	0,252392883	Rp 131.228.351.144
9	Rp 519.936.812.096,11	0,212489142	Rp 110.480.927.153
10	Rp 519.936.812.096,11	0,17889425	Rp 93.013.705.941
TOTAL			Rp 1.787.360.202.360

Jadi, dari hasil perhitungan IRR diatas dapat disimpulkan bahwa investor lebih baik menginvestasikan uangnya ke pabrik ini karena bunga yang diberikan lebih besar dari Bank BRI yang hanya sebesar 8%



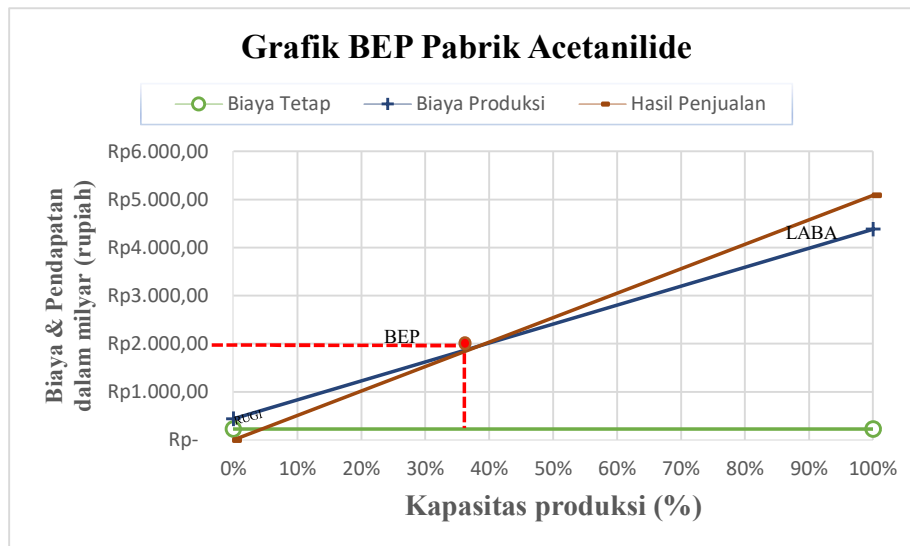
X.7 Break Event Point (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

FC (FIXED COST)	=	Rp	229.208.593.365,49
S (TOTAL PENJUALAN)	=	Rp	5.083.000.000.000,00
SVC (SEMI VARIABEL COST)	=	Rp	711.202.307.131,03
VC (VARIABEL COST)	=	Rp	3.439.617.891.974,30

$$\text{BEP} = 38,63\% \quad (30\%-40\%)$$

Kapasitas (%)	Miliar Rupiah		
	Biaya Tetap	Biaya Produksi	Hasil Penjualan
0%	Rp 229,21	Rp 442,57	Rp -
100%	Rp 229,21	Rp 4.380,03	Rp 5.083,00





BAB XI

KESIMPULAN DAN SARAN

XI. 1 Kesimpulan

Dengan melihat berbagai pertimbangan serta perhitungan yang telah dilakukan, maka pendirian pabrik *Acetanilide* di daerah Industri Karanganyar, secara teknis dan ekonomis layak untuk didirikan. Adapun rincian pra rencana pabrik *Acetanilide* yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas Produksi : 85.000 ton/tahun
2. Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas
3. Struktur Organisasi : Garis dan Staff
4. Lokasi Pabrik : Kawasan Industri Karanganyar, Jalan Beji Kulon, Kemiri, Kecamatan Kebakkramat, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah
5. Luas Tanah : 26.000 m²
6. Jumlah Karyawan : 194 Orang
7. Sistem Operasi : Semi Kontinyu
8. Waktu Operasi : 330 hari/tahun ; 24 jam/hari
9. Bahan baku
 - a. Aniline : 8742,5947 Kg/Jam
 - b. Benzene : 10045,953 Kg/Jam
 - c. Acetic Anhydride : 11925,5851 Kg/Jam
 - d. Karbon Aktif : 1130,7559 Kg/Jam
10. Produk
 - a. *Acetanilide* : 10732,3232 Kg/Jam
11. Kebutuhan utilitas
 - a. Listrik : 1200,9026 KWh
 - b. Air : 657,97714 m³/hari
 - c. Bahan Bakar : 283,56 L/hari
12. Analisa Ekonomi
 - a. Permodalan



Pra Rancangan Pabrik

"Pabrik *Acetanilide* dari *Aniline* dan *Acetic Anhydride* dengan Proses *Batch* dan Penambahan *Benzene* sebagai Zat Aditif"

i.	Modal Tetap (FCI)	: Rp 690.815.204.006
ii.	Modal Kerja (WCI)	: Rp 1.095.124.218.444,88
iii.	Modal Total (TCI)	: Rp 1.785.939.422.451,08
b.	Penerimaan dan Pengeluaran	
i.	Hasil Penjualan	: Rp 5.083.000.000.000,00
ii.	Biaya Produksi Total	: Rp 4.380.496.873.779,52
c.	Rentabilitas Perusahaan	
i.	Masa Konstruksi	: 3 Tahun
ii.	Umur Alat	: 10 Tahun
iii.	Bunga Bank	: 8%
iv.	Inflasi	: 3%
v.	Internal Rate of Return	: 18,78%
vi.	Return Of Investment (Sebelum Pajak)	: 32,99%
vii.	Return Of Investment (Setelah Pajak)	: 24,74%
viii.	Pay Back Periode	: 2 Tahun 7 Bulan
ix.	Break Even Point	: 38,65%

XI.2 Saran

Penyusun menyadari dalam pengerjaan pra rencana pabrik ini masih banyak sekali kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan penyusun agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi.