BAB III
PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik *Butyl Acetate* perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1.1 Persiapan Bahan Baku dan Pembantu

a. Butanol (C_4H_9OH)

Bahan baku butanol (C_4H_9OH) yang digunakan yaitu butanol (C_4H_9OH) dengan kemurnian 99%. Butanol (C_4H_9OH) ini disimpan dalam tangki penyimpan (T-01) dengan kapasitas 12 hari operasi dalam fase cair pada suhu 30^0C dan tekanan 1 atm. Butanol (C_4H_9OH) dialirkan ke dalam *heater* (HE-01) dengan menggunakan pompa (P-01) ke dalam Reaktor (R-01) jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

b. Asam asetat (CH_3COOH)

Bahan baku asam asetat (CH_3COOH) yang digunakan adalah asam asetat (CH_3COOH) dengan kemurnian 99% yang disimpan pada tangki penyimpanan (T-02) dalam fase cair pada temperatur 30^0C dan tekanan 1 atm dengan kapasitas 12 hari operasi. Asam asetat (CH_3COOH) dialirkan ke dalam *heater* (HE-02) dengan menggunakan pompa (P-02) sampai temperatur 100^0C. Dari *heater* (HE-

02) selanjutnya diumpankan ke reaktor (R-01) jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

c. Katalis asam sulfat (H_2SO_4)

Asam sulfat (H_2SO_4) dengan kemurnian 98% yang disimpan pada tangki penyimpan (T-03) dalam fase cair pada temperatur 30^0C dan tekanan 1 atm dengan kapasitas 12 hari operasi. Asam sulfat (H_2SO_4) dialirkan ke dalam *heater* (HE-03) dengan menggunakan pompa (P-03) sampai temperatur 100^0C. Dari *heater* (HE-03) selanjutnya diumpankan ke reaktor (R-01) jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

d. Natrium hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH) dalam bentuk kristal dengan kemurnian 98% disimpan dalam Tangki Silo (SI-01), kemudian bahan diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-01) menuju *Mixer* (M-01) pada kondisi 30^0C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya dialirkan dengan menggunakan Pompa (P-06) ke *netralizer* (N-01).

3.1.2 Tahap Reaksi

Butanol (C_4H_9OH) dan asam asetat (CH_3COOH) dengan rasio 5 mol butanol per mol asam asetat serta katalis asam sulfat 0,032% berat setelah melalui tahap proses persiapan bahan baku dan pembantu dimasukkan ke dalam reaktor (R-01) lalu diumpankan lagi dengan pompa (P-04) ke dalam reaktor (R-02) jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan jaket. Reaksi dalam reaktor terjadi pada kondisi 100^0 C dan tekanan 1 atm selama 62 menit dalam fase cair-cair.

Reaksi yang terjadi yaitu:

$$CH_3COOH_{(cair)} + C_4H_9OH_{(cair)} \underset{}{\overset{katalis(H_2SO_4)}{\rightleftharpoons}} CH_3COOC_4H_{9(cair)} + H_2O_{(cair)}$$

(asam asetat) (butanol) (butil asetat) (air)

Produk keluar dari reaktor (R-02) kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa (P-05) menuju *cooler* (CL-01) untuk didinginkan sampai suhu 40^0C dan dilanjutkan masuk ke *netralizer* (N-01). Pada *netralizer* (N-01) ditambahkan natrium hidroksida (NaOH).

Reaksi yang terjadi dalam netralizer yaitu:

$$NaOH_{(cair)} + H_2SO_{4(cair)} \longrightarrow Na_2SO_{4(cair)} + H_2O_{(cair)}$$

(natrium hidroksida) (asam sulfat) (natrium sulfat) (air)

$$CH_3COOH_{(cair)} + NaOH_{(cair)} \longrightarrow CH_3COONa_{(padat)} + H_2O_{(cair)}$$

(asam asetat) (natrium hidroksida) (natrium asetat) (air)

Produk *netralizer* (N-01) selanjutnya dialirkan menggunakan pompa (P-07) menuju ke *decanter* (DC-01) untuk dipisahkan berdasarkan daya larut dan densitasnya. Pada *decanter* (DC-01) ini akan terbentuk dua lapisan yaitu fase berat dan fase ringan. Lapisan bawah merupakan lapisan fase berat yang terdiri dari natrium asetat dan natrium sulfat yang selanjutnya akan dialirkan menggunakan pompa (P-08) menuju UPL yang akan di olah lebih lanjut lagi. Lapisan atas adalah lapisan fase ringan yang terdiri dari butil asetat, butanol dan air yang selanjutnya dialirkan menggunakan pompa (P-09) menuju ke *heater* (HE-04) untuk dipanaskan sampai dengan suhu 108,6775 ^{0}C sebelum dipisahkan dan dimurnikan lebih lanjut dalam *striper* (ST-01).

3.1.3 Tahap Pemisahan Produk dan Pemurnian Produk

Fase ringan dari *decanter* (DC-01) setelah dipanaskan di *heater* (HE-04) selanjutnya diumpankan ke dalam *striper* (ST-01) pada suhu 108,6775^{0}C dan tekanan 1 atm. Proses pemisahan dilakukan dengan prinsip perbedaan titik didih antara jenis fraksi yang berada dalam satu campuran yang disebut dengan *stripping*. Setelah fraksi mengalami kontak dengan steam, maka fase yang memiliki titik didih rendah akan naik ke atas. Hasil atas *striper* (ST-01) diembunkan dalam *condensor* (CD-01) lalu untuk mengurangi kandungan air yang terdapat pada hasil distilat maka diumpankan menggunakan pompa (P-10) ke dalam Evaporator (EV-01) dipanaskan hingga suhu 100^{o}C, dikarenakan efesiensi evaporator sebesar 50% maka air yang menguap adalah 50%. Lalu air yang telah berubah menjadi *steam* tersebut digunakan sebagai pemanas di evaporator ke dua. Kemudian diumpankan lagi menggunakan pompa (P-11) ke dalam Evaporator (EV-02), di evaporator 2 senyawa yang masuk akan dipanaskan kembali untuk mengurangi jumlah air sebeasar 50% lagi. dikarenakan banyaknya air yang harus dibuang kita menggunakan 2 evaporator untuk menguapkan air sampai jumlah yang di inginkan. Hasil dari Evaporator (EV-02) akan diumpankan ke Reaktor (R-01) menggunakan pompa (P-12) sebagai recycle. Hasil bawah dari *striper* (ST-01) akan diuapkan sebagian di Reboiler (RB-01) untuk penyediaan uap yang akan kembali naik ke puncak kolom. Sedangkan sebagian lainnya akan diambil sebagai produk yang akan didinginkan ke *cooler* (CL-02) dengan menggunakan pompa (P-13) sampai suhunya 35^{0}C dan ditampung sebagai produk *butyl asetate* ($CH_3COOC_4H_9$) dengan kemurnian 95% pada tangki produk (T-04).

3.2 Spesifikasi Peralatan Proses

3.2.1 Spesifikasi alat Proses

1. Tangki Penampungan Bahan Baku

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Bahan Baku

Kode	T-01	T-02	T-03
Fungsi	: Tangki Penyimpanan Butanol	: Tangki Penyimpanan Asam Asetat	: Tangki Penyimpanan Asam Sulfat
Jenis	: Silinder tegak dengan alas datar dan tutup *torispherical*	: Silinder tegak dengan alas datar dan tutup *torispherical*	: Silinder tegak dengan alas datar dan tutup *torispherical*
Tekanan	: 1 atm	: 1 atm	: 1 atm
Temperatur	: 30^0C	: 30^0C	: 30^0C
Volume	: 7949,901 m^3	: 5185,532 m^3	: 1,629 m^3
Bahan	: *Plate steel* SA-167, tipe 304	: *Plate steel* SA-167, tipe 304	: *Plate steel* SA-167, tipe 304
Diameter	: 17,17 m	: 14,89 m	: 1,01 m
Tinggi	: 21,46 m	: 18,62 m	: 1,27 m
Tebal	: 1 ½ in	: 1 7/16 in	: 3/16 in
Jumlah	: 1	: 1	: 1
Harga	: $ 5.052.776	: $ 3.951.746	: $ 40.436

2. Tangki Penampungan Natrium Hidoksida

Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan NaoH

Kode	: SI-01
Fungsi	: Menampung bahan NaoH padatan
Jenis	: *Silinder vertical with Conical Bottom Head*
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 30^0C
Volume	: 36,2180 m^3
Diameter	: 2,9545 m
Tinggi	: 4,4317 m
Tebal	: 0,1875 in
Jumlah	: 1
Harga	: $ 101.510

3. Reaktor (R-01)

Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor

Kode	: R-01
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 100^0C
Jumlah	: 1 unit
Konstruksi	
Bahan	: *Stainless Steel type* 304 (SA-304)
Volume	: 138,401 m^3
Diameter	: 6,222 m
Tinggi	: 3,111 m
Tebal	: 0,250 in
Pengaduk	
Jenis Pengaduk	: Turbin dengan 1 *blade disk standart*
Jenis motor	: *Variable-speed belt* (33-200 rpm)
Daya motor	: 15 Hp

Pendingin	
Jenis Pendingin	: Jaket
Beban pendingin	: 46644733,984 KJ/jam
Tinggi jaket	: 4,212 m
Tebal jaket	: 0,438 in
Harga	: $ 1.273.918

4. Reaktor (R-02)

Tabel 3.4 Spesifikasi Reaktor

Kode	: R-01
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 100^0C
Jumlah	: 1 unit
Konstruksi	
Bahan	: *Stainless Steel type* 304 (SA-304)
Volume	: 138,401 m^3
Diameter	: 6,222 m
Tinggi	: 3,111 m
Tebal	: 0,250 in
Pengaduk	
Jenis Pengaduk	: Turbin dengan 1 *blade disk standart*
Jenis motor	: *Variable-speed belt* (33-200 rpm)
Daya motor	: 15 Hp
Pendingin	
Jenis Pendingin	: Jaket
Beban pendingin	: 46644733,984 KJ/jam
Tinggi jaket	: 4,212 m
Tebal jaket	: 0,438 in
Harga	: $ 1.273.918

5. *Netralizer* (N-01)

Tabel 3.5 Spesifikasi *Netralizer*

Kode	: N-01
Jenis	: Tangki tegak berpengaduk
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 40^0C
Jumlah	: 1 unit
Konstruksi	
Bahan	: *Stainless Steel type* 304 (SA-304)
Volume	: 5,8178 m^3
Diameter	: 1,799 m
Tinggi	: 2,579 m
Tebal	: 0,1875 in
Pengaduk	
Jenis Pengaduk	: Turbin dengan 4 *blade disk standart*
Jenis motor	: *Variable-speed belt* (33-200 rpm)
Daya motor	: 1 Hp
Pendingin	
Jenis Pendingin	: Jaket
Beban pendingin	: 21778873 KJ/jam
Tinggi jaket	: 0,05 m
Tebal jaket	: 0,19 in
Harga	: $ 1.488.960

6. *Mixer* (M-01)

Tabel 3.6 Spesifikasi *Mixer*

Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampurkan NaOH dan air
Bahan	: *Carbon steel* SA 283

Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 30^0C
Jenis Pengaduk	: *Turbine impeller with* 6 *blades*
Diameter Jaket	: 2,896 m
Putaran Pengaduk	: 577,94 rpm
Daya motor	: 3 Hp
Jumlah	: 1 unit
Harga	: $ 12.576

7. *Decanter* (DC-01)

Tabel 3.7 Spesifikasi *Decanter*

Kode	: DC-01
Fungsi	: Untuk memisahkan bahan berdasarkan perbedaan berat jenis
Jenis	: Dekanter silinder horizontal
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 40^0C
Volume	: 55,8250 m^3
Bahan	: *Stainless steel type* 304 (SA-304)
Diameter	: 3,2552 m
Tinggi	: 2,6525 m
Tebal *shell*	: 0,188 in
Tebal *head*	: 0,250 in
Jumlah	: 1
Harga	: $ 45.763

8. *Stripper* (ST-01)

Tabel 3.7 Spesifikasi *Stripper*

Kode	: ST-01
Fungsi	: Memisahkan Butil Asetat dari Butanol dan Air
Tipe	: *Plate Column*
Jumlah *Plate*	: 35 *plate*
Diameter Menara	: 1,6877 m
Tinggi Menara	: 12,6717 m
Bahan	: *Carbon steel* SA 283 *grade* C
Tebal dinding	: 0,1875 in
Volume Menara	: 14,5844 in^3
Harga	: $ 2.738

9. *Condensor*

Tabel 3.8 Spesifikasi *Condensor*

Kode	: CD-01
Fungsi	: Mengembunkan uap hasil atas dari Stripper
Jenis	: *Shell and Tube*
Dirt Factor (0,001)	: 0,012
Dimensi *Shell*	
ID	: 37 in
Baffle Space	: 18 in
Pressure Drop	: 0,3024 Psi
Dimensi *Tube*	
Jumlah *Tube*	: 866
OD	: 1 in
BWG	:10
ID	: 0,732 in
Pressure Drop	: 0,1718 Psi
Jumlah	: 1
Harga	: $ 71,605

10. *Reboiler*

Tabel 3.9 Spesifikasi *Reboiler*

Kode	: RB-01
Fungsi	: Menguapakan cairan yang keluar dari Stripper sebagai hasil bawah
Jenis	: *Shell and Tube*
Dirt Factor (0,001) :	: 0,012
Dimensi *Shell*	
ID	: 25 in
Baffle Space	: 12 in
Dimensi *Tube*	
Jumlah *Tube*	: 346
OD	: 3/4 in
BWG	:18
ID	: 0,652 in
Pressure Drop	: 0,0139 Psi
Jumlah	: 1
Harga	: $ 67,393

11. Evaporator

Tabel 3.10 Spesifikasi Evaporator

Kode	: EV-01	: EV-02
Fungsi	: Menguapkan H2O yang terdapat dalam larutan	: Menguapkan H2O yang terdapat dalam larutan
Jenis	: *Double Pipe*	: *Double Pipe*
Luas Perpindahan Panas	: 158,4614 ft²	: 132,1193 ft²
Annulus		
OD	: 2,38 in	: 2,38 in
ID	: 2,067 in	: 2,067 in

Pressure Drop	: 0,0012 Psi	: 0,00072 Psi
Inner		
OD	: 1,32 in	: 1,32 in
ID	: 1,049 in	: 1,049 in
Pressure Drop	: 0,393 Psi	: 0,242 Psi
Dirt Factor (Min 0,001)	: 0,089	: 0,115
Uc	: 92,661 Btu/lb.ft^2.F	: 19,198 Btu/lb.ft^2.F
Ud	: 10 Btu/lb.ft^2.F	: 6 Btu/lb.ft^2.F
Harga	: $ 67.393	: $58.969

12. *Heat Exchanger*

Tabel 3.11 Spesifikasi *Heat Exchanger*

Kode	: HE-01	: HE-02	: HE-03	: HE-04
Fungsi	: Menaikkan temperatur umpan Butanol masuk reaktor	:Menaikkan temperatur umpan AsamAsetat masuk reaktor	: Menaikkan temperatur umpan Asam Sulfat masuk reaktor	: Menaikkan temperature dari Dekanter masuk Stripper
Jenis	: *Shell and Tube*	: *Shell and Tube*	: *Shell and Tube*	: *Shell and Tube*
Tekanan	: 1 atm	: 1 atm	: 1 atm	: 1 atm
Temperatur	: 30^0C	: 30^0C	: 30^0C	: 30^0C
Luas Perpindahan Panas	: 1658,79 ft^2	: 426,94 ft^2	: 657,13 ft^2	: 2167,76 ft^2
Dirt Factor (Min 0,001)	: 0,019	: 0,02	: 0,0022	: 0,009
Dimensi *Shell*				
ID	: 29 in	: 19 1/4 in	: 17 1/4 in	: 31 in
Baffle Space	: 21,8 in	: 14,44 in	: 13 in	: 23 1/4 in
Pass	: 6	: 4	: 2	: 4
Pressure Drop	: 0,2700 Psi	: 0,0088 Psi	: 1,1151 Psi	: 2,2046 Psi
Dimensi *Tube*				
Jumlah *Tube*	: 334	: 86	: 131	: 430
OD	: 1 in	: 1 in	: 1 in	: 1 in
BWG	:10	:10	:10	:10
ID	: 0,732 in	: 0,732 in	: 0,732 in	: 0,732 in
Pressure Drop	: 0,0068 Psi	: 0,0041 Psi	: 0,0022 Psi	: 0,9706 Psi
Jumlah	: 1	: 1	: 1	: 1
Harga	: $ 58.969	: $ 27.378	: $ 31.590	: $ 67.393

13. *Belt Conveyor* (BC-01)

Tabel 3.12 Spesifikasi *Belt Conveyor*

Kode	: BC-01
Fungsi	: Mengangkut bahan baku NaOH dari Tangki Silo ke *Bucket Elevator*
Tipe	: *Belt Open, Short*
Kapasitas	: 498,8371 kg/jam
Bahan	: *Carbon Steel*
Lebar *Belt*	: 0,3556 m
Kecepatan	: 1,5589 fpm
Panjang *Belt*	: 9,6352 m
Daya Motor	: 0,0500 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: $ 71.605

14. *Cooler* (CL-01)

Tabel 3.13 Spesifikasi *Cooler*

Kode	: CL-01	: CL-02
Fungsi	: Mendinginkan poduk keluar dari Reaktor ke Netralizer	: Mendinginkan poduk keluar dari Stripper ke Tangki Produk
Jenis	: *Shell and Tube*	: *Shell and Tube*
Tekanan	: 1 atm	: 1 atm
Temperatur	: 100^0C	: 108^0C
Luas Perpindahan Panas	: 4641,69 ft²	: 3148,50 ft²
Dirt Factor (Min 0,001)	: 0,0079	: 0,008

Dimensi Shell		
ID	: 37 in	: 39 in
Baffle Space	: 7,4 in	: 7,8 in
Pass	: 6	: 6
Pressure Drop	: 0,5171 Psi	: 0,045 Psi
Dimensi *Tube*		
Jumlah *Tube*	: 614	: 419
OD	: 1 in	: 1 in
BWG	:18	:18
Pitch	: 1 /4 in *Triangular pitch*	: 1 /4 in *Triangular pitch*
Pressure Drop	: 0,1646 Psi	: 0,0489 Psi
Jumlah	: 1	: 1
Harga	: $ 101.089	: $ 84.241

15. Pompa

Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa

Kode	: P-01	: P-02
Fungsi	: Memompa larutan Butanol ke dalam Reaktor-01	: Memompa larutan AsamAsetat ke dalam Reaktor-01
Jenis Pompa	*: Single Stage Centrifugal Pump*	*: Single Stage Centrifugal Pump*
Diameter	: 0,0508 m	: 0,0381 m
Daya Motor	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp
Jumlah	: 1	: 1
Harga	: $ 969	: $ 1.1264

16. Pompa

Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa

Kode	: P-03	P-04	: P-05	: P-06	: P-07	: P-08
Fungsi	: Memompa larutan Asam Sulfat ke dalam Reaktor-01	: Memompa bahan Reaktor-01 ke dalam Reaktor-02	: Memompa bahan dari Reaktor ke Netralizer	: Memompa larutan dari Mixer ke Netralizer	: Memompa bahan dari Netralizer ke Dekanter	: Memompa bahan dari Dekanter ke Stripper
Jenis Pompa	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*
Diameter	: 0,0032 m	: 0,0635 m	: 0,0635 m	: 0,0254 m	: 0,2540 m	: 0,0635 m
Daya Motor	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp	: 1,0 Hp
Jumlah	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1
Harga	: $ 1.158	: $1.727	: $1.727	: $1.624	: $ 21.060	: $ 1.685

17. Pompa

Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa

Kode	: P-09	: P-10	: P-11	: P-12	: P-13	: P-14
Fungsi	: Memompa bahan dari Stripper ke Evaporator-01	: Memompa bahan dari Evaporator-01 ke Evaporator-02	: Memompa bahan dari Evaporator-02 ke Reaktor	: Memompa bahan dari Stripper hasil bawah ke Tangki Produk	: Memompa bahan dari Dekanter ke Tangki UPL	: Memopa air utilitas menuju Mixer
Jenis Pompa	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*	: *Single Stage Centrifugal Pump*
Diameter	: 0,0508 m	: 0,0381m	: 0,0381m	: 0,0508 m	: 0,2032 m	: 0,0254 m
Daya Motor	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp	: 0,75 Hp	: 0,5 Hp	: 0,5 Hp
Jumlah	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1	: 1
Harga	: $ 1.264	: $ 1.264	: $ 1.264	: $ 1.137	: $ 21.060	: $ 1.264

18. Tangki Penampungan Produk

Tabel 3.17 Spesifikasi Tangki Produk

Kode	: T-04
Fungsi	: Tangki Penyimpanan Produk Butil Asetat
Jenis	: *Silinder vertical* dengan alas dan tutup *Torispherical*
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 35^0C
Volume	: 676,1960 m^3
Bahan	: *Low Alloy Steel* SA-301 *grade* A
Diameter	: 9,19 m
Tinggi	: 11,48 m
Tebal	: 1 ½ in
Jumlah	: 1
Harga	: $ 1.523.920

3.3 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a.) Kemampuan pasar

Dapat dibagi 2 kemungkinan, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran.

b.) Kemampuan pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

- Material (bahan baku)

  Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

- Manusia (tenaga kerja)

  Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

- Mesin (peralatan)

  Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.