

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku selalu dipertimbangkan dalam suatu pabrik, karena kondisi operasi yang diinginkan tidak begitu saja tercapai sehingga bahan baku perlu dikondisikan sedemikian rupa sehingga reaksi bisa berjalan dengan baik. Tahap penyiapan bahan baku bertujuan untuk menyesuaikan suhu dan tekanan *n-Butana* agar sesuai dengan suhu dan tekanan reaksi.

Bahan baku *n-BUTANA* disimpan di dalam tangki penyimpan (T-01) pada suhu 30 °C dan tekanan 15atm. *N-Butana* dari tangki penyimpan dialirkan ke *Heater* (HE-01) yang kemudian untuk menaikkan suhu ke 120 °C dengan menggunakan aliran Hot Downtherm dari keluar (HE-02) sebelum bahan baku dimasukkan ke *Furnace* (F-01) untuk memperoleh bahan baku yang siap untuk direaksikan di reaktor dengan suhu keluar *Furnace* (F-01) mencapai 627 °C sebelum di umpankan ke reaktor bahan baku dialirkan ke *Expansion valve* (EV - 01) agar tekanan menjadi 15 atm.

3.1.2 Tahap Pembentukan Produk

Bahan baku *n- Butana* yang tekanan dan suhunya sudah disesuaikan dengan kondisi operasinya diumpankan ke reaktor. Reaksi terjadi di dalam reaktor pada suhu 627 °C dan tekanan 15 atm dan dijalankan di dalam sebuah *Reactor Fix Bed Single Bed Non isothermal-non adiabatis* (R-01) Pemanas berupa steam yang

berfungsi untuk menjaga suhu reaktor berada pada 627 °C. Produk keluar dari reaktor berada pada suhu 695 °C dengan tekanan 15 atm.

3.1. 3 Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan *Butadiena* dari campuran gas yang terbentuk akibat reaksi yang terjadi di reaktor . Campuran gas produk keluar reaktor diturunkan suhunya melalui *Heat Exchanger* pertama (HE-02) sehingga suhu menjadi 200 °C kemudian selanjutnya Gas hasil *reactor* masuk ke dalam *Kondensor parsial* untuk mengkondensasikan sebagian produk lalu produk tersebut terpisah pada *separator* yang memisahkan produk atas berupa *hydrogen* yang merupakan produk samping dan produk bawah *1,3 butadiena* yang merupakan produk utama. Selanjutnya hasil atas berupa produk samping *hydrogen* di masukan ke tangki penyimpanan (T-02) dan hasil bawah yang berupa produk utama *1,3 butadiena*, campuran produk pada keadaan bubble point (cair jenuh) tersebut di umpankan ke dalam *Menara distilasi* (MD-01) dengan suhu 97,36 °c .Hasil bawah dari *Menara distilasi* (MD-01) yang masuk ke dalam *Reboiler* (RB-01) akan di kembalikan ke *Menara distilasi* sebagai refluk dan sebagian lagi di proses lanjut ke unit WWTF. Hasil atas *Menara distilasi* (MD-01) yaitu campuran n- butana, i- butana, butena dan 1,3 Butadiena di embunkan pada kondensor parsial (CD- 02) dengan suhu 94 °c selanjutnya ditampung dalam akumulator (ACC-01) pada suhu 94 °c sebagian embunan akan dikembalikan ke *Menara distilasi* (MD-01) sebagai refluk dan sebagian lagi di ambil sebagai produk. Produk atas yang di ambil sebagai produk di dinginkan dahulu pada (HE-04) untuk

menurunkan suhu menjadi 30 °c sebelum masuk ke tangki penyimpanan produk (T-03) dengan kemurnian 97,51 %..

3.1. 4 Tahap Penyimpanan

Produk utama berupa *Butadiena* keluaran Menara Distilasi (MD-01) kemudian dialirkan ke Tangki Penyimpanan *Butadiena* (T-03). Produk samping berupa *hidrogen* keluaran separator dialirkan ke Tangki Penyimpanan *Hidrogen* (T-02).

Penyimpanan. Semua produk berada pada suhu 30 °C dan tekanan 15 atm.



3. 2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.2. 1 Tangki Penyimpanan Bahan

Tabel 3 .1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan *n-butana*

T-01	
Fungsi	Menyimpan bahan baku Butana
Jenis	Spherical Tank
Fasa	Gas
Jumlah	3 unit kapasitas penyimpanan 3 hari
Kondisi Operasi	Tekanan : 15 atm Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 610.076 m ³ Bahan : <i>carbon steel SA 283 Grade c</i> ID : 31,75 m OD : 32 m Diameter : 32,10 m Tebal Dinding : 10,00 in

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk samping Hidrogen

T-02	
Fungsi	Menyimpan produk samping gas Hidrogen
Jenis	Spherical Tank
Fasa	gas
Jumlah	3 unit kapasitas penyimpanan 1 hari

Lanjutan Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk samping Hidrogen

Kondisi	Tekanan : 15 atm
Operasi	Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 28.934,82 m ³
	Bahan : <i>carbon steel SA 283 Grade c</i>
	ID : 37,83 m
	OD : 38,10 m
	Diameter : 38,10 m
	Tebal Dinding : 10,50 in

Tabel 3. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk

T-03	
Fungsi	Menyimpan produk 1,3 - Butadiena
Jenis	Spherical Tank , <i>ellipsoidal head</i>
Fasa	gas
Jumlah	5 unit kapasitas penyimpanan 5 hari
Kondisi	Tekanan : 15 atm
Operasi	Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 13.767 m ³
	Bahan : <i>carbon steel SA 283 Grade c</i>
	ID : 29,49 m
	OD : 29,74 m
	Diameter : 29,74 m
	Tebal Dinding : 10,00 in

3.2. 2 Furnace

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Furnace*

FURNACE (F-01)	
Fungsi	Menaikkan temperatur reaktan dari 312 °K 923 °K sebelum masuk R – 01 melalui pembakaran Flue gas pada suhu 1209°F (653 °C)
Jenis	<i>Furnance box type</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	Kontinyu
Spesifikasi	Beban <i>Furnace</i> : 3.434.444,2 Btu/jam Panjang : 20 ft Lebar : 40 ft Tinggi : 20 ft Jumlah tube shield. : 6 shield Spacing : 20 in OD Tube : 3,5 in Bahan Konstruksi : <i>Carbon Steel</i>

3.2. 3 Reaktor

Tabel 3. 5 Spesifikasi Reaktor

REAKTOR (R-01)	
Fungsi	Sebagai tempat terjadinya hidrogenasi <i>ethylbenzene</i> menjadi <i>styrene</i> monomer
Jenis	<i>Fix bed model single bed</i>
Jumlah	1 Buah
Kondisi Operasi	Tekanan : 15 atm Suhu Operasi : 625°C Suhu pendingin masuk : 627°C Suhu pendingin keluar : 695 °C
Spesifikasi Katalis	Jumlah : 4872 Kg Tinggi bed : 3,1 m Bahan. : Alumina Chromina Fase : Padatan Porositas : 0,8 Wujud. : pellet Ukuran : 0,32 cm Densitas : 889 Kg/m3
Spesifikasi <i>Head</i>	Bentuk : <i>Elliptical</i> Tinggi : 60,83 in

3.2.4 Menara distilasi

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Destilasi (MD-03)

MENARA DISTILASI-03 (MD-03)		
Fungsi	Memisahkan hasil yang keuar dari separator sebanyak 19824,8 Kg /Jam dan hasil bawah 3959,8 Kg/Jam	
Tipe	<i>Tray Column</i>	
Jumlah	1 buah	
Operasi	Kontinyu	
	<i>Top</i>	<i>Bottom</i>
Tekanan	15 atm	15 atm
Temperatur	94 °C	123 °C
Umpan Masuk	Stage ke- 7	
Total Plate	26 <i>plate</i>	
Hole size	5 mm	
Hole pitch	13 mm	
<i>Plate Spacing</i>	0,8 m	
Plate Thicknes	5 mm	
Plate pressure drop	0,7247 <i>psi</i>	
Tebal <i>Head</i>	15,875 mm	15,875 mm
Material	<i>Stainless steel</i>	
<i>Downcomer Area</i>	0,1846 m ²	

Lanjutan Tabel 3.6 Spesial Menara Distilasi

<i>Active Area</i>	0,6564	
<i>Hole Area</i>	0,0656 m ²	
Tinggi <i>Weir</i>	50 mm	
Panjang <i>Weir</i>	0,9601 m	
Tebal Pelat	5 mm	
<i>Pressure Drop Per plate</i>	130,8013 mm liquid	
Tipe Aliran Cairan	<i>Single Pass</i>	<i>Single Pass</i>
Desain % <i>Flooding</i>	80 %	80 %
Jumlah <i>Hole</i>	510 buah	93 buah

3.2. 5 Kondenser

Tabel 3. 7 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-01)

KONDENSOR-01 (CD-01)	
Fungsi	Mengondensasikan sebagian Gas hasil keluaran Reaktor
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 200 °C Fluida dingin: 25 °C

Lanjutan Tabel 3.7 Spesifikasi kondensor parsial (CD-01)

<i>Shell side</i>	Kapasitas : 22545 kg/jam Fluida : gas hasil reaktor ID : 29 in <i>Baffle space</i> : 4 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi
<i>Tube side</i>	Kapasitas : 164841,4238 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 16 ft Jumlah : 6 OD : 10 in BWG : 8 Pitch : $\frac{15}{16}$ in <i>triangular pitch</i> <i>Pressure drop</i> : 0,2348 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0093 jam ft ² F/Btu
Uc	120,06
Ud	56,80
A	2173 ft ²

Tabel 3. 8 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-02)

KONDENSOR-01 (CD-02)	
Fungsi	Mengondensasikan sebagian Gas hasil atas Menara distilasi
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 95°C Fluida dingin: 30 °C
<i>Shell side</i>	Kapasitas : 8239 kg/jam Fluida : gas hasil MD ID : 39 in <i>Baffle space</i> : 9 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi
<i>Tube side</i>	Kapasitas : 532541,6692 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 22 ft Jumlah : 61 OD : 0,75 in BWG : 10 Pitch : 15/16 in triangular pitch <i>Pressure drop</i> : 0,9091psi
<i>Dirt factor</i>	0,0032 jam ft ² F/Btu
<i>Uc</i>	70.09

Lanjutan Tabel 3. 9 Spesifikasi Kondenser Parsial (CD-02)

<i>Ud</i>	57,26
<i>A</i>	5947 ft ²

3.2. 6 Separator

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Separator*

SEPARATOR (SEP-01)	
Fungsi	Memisahkan campuran produk yang berwujud gas dengan campuran produk yang berwujud cairan yang berasal dari kondensor parsial.
Tipe	Silinder Vertikal Tank dengan <i>Head torispherical dished</i>
Kondisi Operasi	Tekanan Operasi : 15 atm Suhu Operasi : 97,36 °C
Spesifikasi	Diameter Silinder : 0,9 m Panjang Silinder : 9,3 m Tebal Dinding Silinder : 12,7 mm

3.2. 7 Reboiler

Tabel 3 .11 Spesifikasi *Reboiler* (RB-01)

REBOILER-01 (RB-01)	
Fungsi	Menguapkan kembali produk <i>bottom</i> MD-01
Tipe	<i>Shell and tube</i>

Lanjutan Tabel 3. 12 Spesifikasi Reboiler (RB-01)

Kondisi Operasi	Fluida panas : 640 °C Fluida dingin : 122,62 °C
Shell side	Kapasitas : 4327 kg/jam Fluida : Steam ID : 15,25 in Baffle space : 5,25 in Passes : 2 Pressure drop : 0,0000 psi
Tube side	Kapasitas : 3592,2807 kg/jam Fluida : Hasil bawah MD Panjang : 10 ft OD : 0,75in BWG : 10 Pitch : $\frac{5}{16}$ in triangular pitch Pressure drop : 0,0381 psi
Dirt factor	0,0720 jam ft ² F/Btu
Uc	115,78
Ud	102,98
A	381 ft2

3.2. 8 Heat Exchanger

3.2.8. 1 Heat Exchanger

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01)

HEAT EXCHANGER-01 (HE-01)	
Fungsi	Menaikan suhu gas n-butana sebelum masuk Furnance
Tipe	<i>Double pipe</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 600°C - 550 °C Fluida dingin : 30°C – 120 °C Jumlah Hairpin :
Inner pipe	Kapasitas : 19084,4464 kg/jam Fluida : umpan masuk furnance (n-butana) ID : 3,068 in <i>Pressure drop</i> : 0,5193 psi

Lanjutan Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01)

<i>Annulus</i>	Kapasitas : 15948 kg/jam Fluida : superheated steam Panjang : 240 ft OD : 8,625 in Pressure drop : 3,4047 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0037 jam ft ² F/Btu
<i>Uc</i>	20,7825
<i>Ud</i>	19,3103
<i>A</i>	42 ft ²

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02)

<i>HEAT EXCHANGER-02 (HE-02)</i>	
Fungsi	Menurunkan suhu gas keluaran Reaktor dengana Dowtherm A
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 695- 200 °C Downtherm A : 30C - 140 °C

Lanjutan Tabel 3. 16 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02)

<i>Shell side</i>	Kapasitas : 21037 kg/jam Fluida : Gas hasil Reaktor ID : 29 in Baffle space : 26 in Passes : 2 Pressure drop : 0,0000 psi
<i>Tube side</i>	Kapasitas : 1052349 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 14ft Jumlah : 118 OD : 0,75 in BWG : 14 Pitch : 1 in triangular pitch Pressure drop : 0,0023 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0096 jam ft ² F/Btu
<i>Uc</i>	126,39
<i>Ud</i>	56,96
<i>A</i>	1660 ft ²

Tabel 3. 17 Spesifikasi Heat exchanger (HE-03)

HEAT EXCHANGER-03 (HE-03)	
Fungsi	Menurunkan suhu gas Hidrogen hasil samping Reaksi
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 97- 30 °C Downtherm A : 25C - 60 °C
Shell side	Kapasitas : 550 kg/jam Fluida : Gas Hidrogen ID : 25 in <i>Baffle space</i> : 10 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi
Tube side	Kapasitas : 16730,7709 kg/jam Fluida : Downtherm A Panjang : 14 ft Jumlah : 420 OD : 0,75 in BWG : 10 <i>Pitch</i> : ¹⁵ / ₁₆ in triangular pitch <i>Pressure drop</i> : 0,0303 psi
Dirt factor	0,0045 jam ft ² F/Btu
Uc	46,22

Lanjutan Tabel 3 .18 Spesifikasi Heat exchanger (HE-03)

Ud	38,33
A	1154 ft ²

Tabel 3 .19 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04)

HEAT EXCHANGER-04 (HE-04)	
Fungsi	Menurunkan suhu produk 1,3 Butadiena
Tipe	<i>Double pipe</i>
Kondisi Operasi	Fluida panas : 94- 35 °C Downtherm A : 25 °C - 40 °C Jumlah Hairpin :
Anulus	Kapasitas : 550 kg/jam Fluida : Gas Hidrogen ID : 25 in <i>Baffle space</i> : 10 in Passes : 1 <i>Pressure drop</i> : 0,0000 psi

Lanjutan Tabel 3 .20 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04)

Inner pipe	Kapasitas : 6485,5894 kg/jam Fluida : 1,3 Butadiena Panjang : 16 ft OD : 3,5 in
	<i>Pitch</i> : $\frac{15}{16}$ in triangular pitch <i>Pressure drop</i> : 0,0303 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0042 jam ft ² F/Btu
Uc	17,0021
Ud	15,8757
A	177ft ²

3. 3 Perancangan Produksi

3.3. 1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan *1,3 Butadiena* di Indonesia serta kebutuhan *1,3 Butadiena* di beberapa negara di Asia sebagai target ekspor. Kebutuhan *butadiene* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan *butadiene* akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang karena pada tahun 2018 hanya terdapat 1 pabrik penghasil *butadiene* di Indonesia yaitu PT Petrokimia Butadienas Indonesia (PBI) yang merupakan anak perusahaan PT. Chandra Asri Petrochemical sejalan dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan *butadiena* sebagai bahan baku dan bahan tambahan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 125.000 ton/ tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS dalam “Statistik Perdagangan Indonesia” tentang impor *1,3 butadiena* di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Serta data dari PT. Chandra Asri Petrochemical yang memproyeksikan bahwa peningkatan kebutuhan *1,3 Butadiena* di Indonesia yang menunjukkan kecenderungan meningkat.

Dengan kapasitas tersebut diharapkan :

- a. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

- b. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena laju impor *1,3 Butadiena* dapat ditekan seminimal mungkin.

2. Proyeksi kebutuhan di Asia

Berdasarkan data yang diperoleh dari trademap.org didapat data kebutuhan *1,3 Butadiena* di berbagai negara di Asia. Dari data diperoleh peningkatan impor *1,3 Butadiena* yang cukup signifikan di beberapa negara di Asia

3. Ketersediaan bahan baku

Kontinuitas ketersediaan bahan baku dalam pembuatan *1,3 Butadiena* adalah penting dan mutlak yang harus diperhatikan pada penentuan kapasitas produksi suatu pabrik.

3.3. 2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

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.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

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

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

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

a. Material (bahan baku)

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

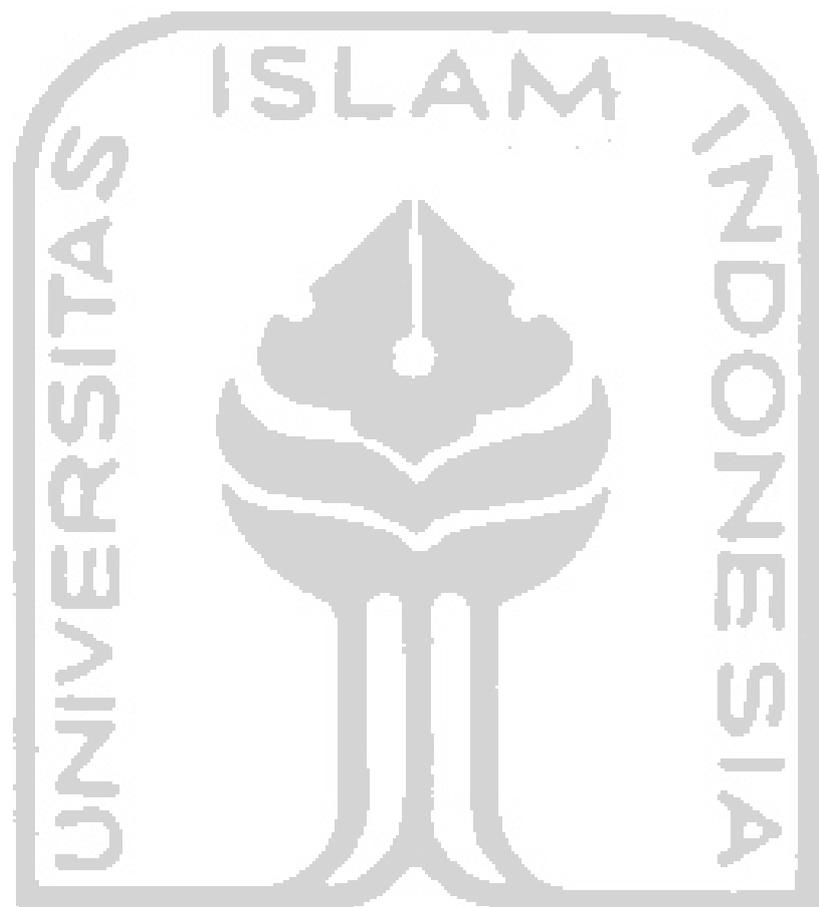
b. Manusia (tenaga kerja)

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

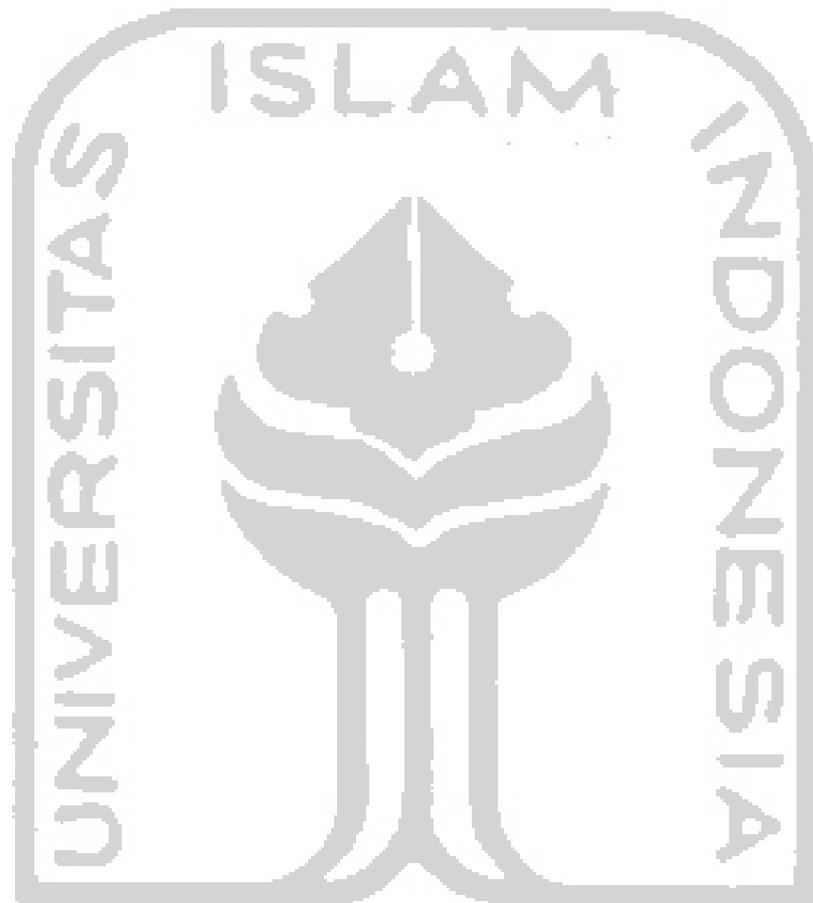
c. Mesin (peralatan)

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



جامعة الإسلام في إندونيسيا



جامعة الإسلام في إندونيسيا