

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Pemilihan Proses

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas terdapat dua (2) proses yang dapat digunakan sebagai pilihan untuk kemudian di aplikasikan ke dalam proses produksi. Setelah membandingkan kedua proses tersebut, kemudian dipilihlah proses sodium bikarbonat murni. Hal ini didasarkan pada beberapa kelebihan yang dimiliki proses ini dibandingkan dengan proses lain yang ada, antara lain adalah :

1. Produk yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi yaitu sebesar 99,9%.
2. Proses memiliki tingkat nilai konversi yang tinggi.
3. Tidak menghasilkan hasil samping yang berbahaya bagi lingkungan dan sedikit menghasilkan limbah.

Menurut Sherve 1956, proses pembuatan *Sodium Bicarbonate* terbuat dari larutan *Sodium Carbonate* jenuh yang direaksikan dengan gas *Carbon Dioksida* secara berlawanan arah di dalam suatu reaktor gelembung pada suhu 40⁰C dan tekanan 3 atm. Konversi yang dicapai dalam proses ini adalah 98%. Reaksi yang terjadi :



Suspensi *Sodium Bicarbonat* yang terbentuk kemudian akan dikeluarkan dari dasar menara, disaring di dalam suatu filter daun putar. Ampas saringan akan akan dikeringkan di dalam *rotary dryer*. *Sodium Bicarbonat* yang dibuat dengan cara ini mempunyai kemurnian 99,9%.

3.2 Uraian Proses

Secara umum proses pembuatan sodium bikarbonat dari sodium karbonat dan karbon dioksida terbagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

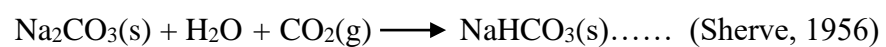
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Pembuatan sodium bikarbonat dengan proses murni ini menggunakan bahan baku sodium karbonat (Na_2CO_3) 99.8% fase padat. Sodium karbonat tersebut diumpankan ke dalam *Mixer*-101 bersamaan dengan air pada suhu 30 °C supaya menjadi larutan sodium karbonat (Na_2CO_3) dengan konsentrasi 20%. Sodium karbonat diumpankan dari Silo (S-101) pada suhu 30 °C menggunakan *Belt Conveyor* (BC-101), sedangkan untuk air diumpankan dari Tangki Penyimpanan (T-101) pada suhu 40 °C tekanan 1 atm dengan menggunakan Pompa (P-101). Air yang digunakan sebelumnya telah dilewatkan *Heat Exchanger* (E-103) sebelum dimasukkan ke *mixer* (M-101) untuk menaikkan suhu air dari 30 °C menjadi 40 °C.

3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Setelah larutan sodium karbonat jenuh terbentuk di dalam *Mixer* (M-101), selanjutnya larutan tersebut diumpangkan ke dalam Reaktor (R-101) melalui bagian atas reaktor dengan bantuan Pompa (P-102). Reaktor yang digunakan adalah jenis reaktor gelembung (*bubble column reactor*) dengan suhu operasi 40 °C dan tekanan 3 atm. Di dalam reaktor ini, larutan sodium karbonat dikontakkan dengan gas karbon dioksida (CO₂). Gas CO₂ diumpangkan dari Tangki Penyimpanan (T-102) pada tekanan 3.42 atm dan suhu 40 °C melalui bagian bawah reaktor.

Dimana sebelum gas CO₂ diumpangkan ke dalam reaktor, gas tersebut sebelumnya dilewatkan *Ekspander* (EX-101) yang bertujuan untuk menurunkan tekanan gas sebelum masuk reaktor, kemudian setelah itu, gas CO₂ dipanaskan dengan *Heat Exchanger* (E-101). Di dalam reaktor gelembung ini, larutan sodium karbonat (Na₂CO₃) akan bereaksi dengan gas karbon dioksida (CO₂) membentuk senyawa sodium bikarbonat (NaHCO₃). Dengan konversi reaksi 98 % dan reaksi sebagai berikut :



Reaksi tersebut berlangsung secara eksotermis sehingga diperlukan pendingin yang berupa koil pendingin agar suhu di dalam reaktor tetap stabil. Pendingin koil yang digunakan menggunakan air sebagai media pendingin, dimana air yang masuk pada suhu 30 °C dan keluar pada suhu 35 °C. Untuk menjaga tekanan di dalam reaktor tetap 3 atm, reaktor dilengkapi dengan *exhaust valve* dibagian atas reaktor yang berfungsi

membuang gas CO_2 sisa ke atmosfer. Produk keluaran dari reaktor ini berupa sodium bikarbonat (NaHCO_3) yang berbentuk *slurry* bersuhu $40\text{ }^\circ\text{C}$ yang masih mengandung sisa reaktan sodium karbonat (Na_2CO_3) dan air. Oleh karena itu diperlukan proses lanjutan guna menghilangkan sisa reaktan tersebut di dalam produk.

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk reaktor yang masih berupa *slurry* suhu $40\text{ }^\circ\text{C}$ kemudian diumpankan ke dalam *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-101). *Rotary filter* ini berfungsi untuk memisahkan produk sodium bikarbonat (NaHCO_3) dari filtratnya dan diopersikan secara kontinyu. Dalam proses ini, produk keluaran *rotary filter* terbagi menjadi 2 jenis, yaitu filtrat dan *cake*. Cairan filtrat keluaran *rotary filter* yang masih mengandung sedikit produk kemudian dipompakan ke Unit Pengolah Limbah (UPL) dengan menggunakan Pompa (P-103). *Cake* yang terbentuk dari proses ini mengandung air dengan kadar 5% berat *cake*, yang kemudian diangkut dengan menggunakan *Screw Conveyor* (SC-101) untuk dikeringkan di dalam *Rotary Dryer* (RD-101) dengan menggunakan udara panas pada suhu $175\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm agar kadar airnya berkurang sehingga *cake* menjadi serbuk padatan.

Udara yang digunakan pada *dryer* diperoleh dari lingkungan dengan bantuan *Fan* dan dipanaskan dalam *Heat Exchanger* (E-102) hingga suhunya mencapai $175\text{ }^\circ\text{C}$ dengan bantuan *steam* pemanas (*saturated*

steam). Debu NaHCO_3 yang terbawa keluar udara ditangkap kembali dengan *Cyclone* (C-101) sekitar 90% berat dan bersama hasil keluaran *Rotary Dryer* (RD-101) diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-102) dan *Bucket Elevator* (BE-101) ke Silo Produk (S-102) yang kemudian langsung dikemas di unit pengemasan produk.

3.3 Spesifikasi Alat

1. Silo Penyimpanan

Kode	: S-101
Fungsi	: Menyimpan bahan baku sodium karbonat (Na_2CO_3) untuk keperluan produksi selama 15 hari.
Jenis	: <i>Cylindrical vessel</i> dengan dasar kerucut 45°.
Bahan konstruksi	: <i>Carbonsteel SA-283 grade C</i>
Jumlah	: 2 buah
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Volume silo	: 417 m ³
Diameter silo	: 6,25 m
Tinggi silo	: 12,5 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,375 in
Tebal <i>head</i>	: 0,625 in
Harga	: \$ 132.577

2. Silo Penyimpanan

Kode	: S-102
Fungsi	: Menyimpan produk sodium bikarbonat (NaHCO_3) selama 7 hari.
Jenis	: <i>Cylindrical vessel</i> dengan dasar kerucut 45° .
Bahan konstruksi	: <i>Carbonsteel SA-283 grade C</i>
Jumlah	: 1 buah
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Diameter silo	: 7,45 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,375 in
Tebal <i>head</i>	: 0,625 in
Volume silo	: 702 m^3
Tinggi silo	: 14,88 m
Harga	: \$ 82.860

3. Tangki Penyimpanan

Kode	: T-101
Fungsi	: Menyimpan dan menampung bahan baku air (H_2O) selama 7 hari untuk kebutuhan produksi.
Jenis	: <i>Cylindrical tank, flat bottom, dan torispherical dishead head</i>
Jumlah	: 4 buah

Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Bahan konstruksi	: <i>Carbonsteel SA-283 grade C</i>
Volume tangki	: 300 m ³
Diameter <i>shell</i>	: 6,06 m
Tinggi <i>shell</i>	: 9,10 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,4375 in
Tebal <i>head</i>	: 0,375 in
Tinggi <i>head</i>	: 57,374 in = 1,46 m
Tinggi tangki	: 8,28 m
Harga	: \$ 1.325.766

4. Tangki Penyimpanan

Kode	: T-102
Fungsi	: Menyimpan bahan baku yang berupa gas karbon dioksida (CO ₂) selama 1 minggu.
Jenis	: <i>Spherical tank</i>
Jumlah	: 3 buah
Bahan konstruksi	: <i>Alloy-steel SA-203 grade C</i>
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 80 atm
Volume tangki	: 33 m ³
Diameter tangki	: 13,76 m

Tebal *shell* : 2 in
 Harga : \$ 5.965.946

5. *Mixer*

Kode : M-101
 Fungsi : Mencampur sodium karbonat (Na_2CO_3) dan air (H_2O) sehingga menjadi larutan Na_2CO_3 jenuh.
 Jenis : Tangki berpengaduk, silinder tegak dengan *torispherical head*.
 Jumlah : 1 buah
 Suhu operasi : 40 °C
 Tekanan : 1 atm
 Volume : 4,692 m³
 Diameter tangki : 1,44 m
 Tebal *shell* : 0,3125 in
 Tebal tutup : 0,3125 in
 Tinggi *head* : 9,4375 in = 0,2397 m
 Tinggi tangki : 3,3750 m
 Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*
 Harga : \$ 36.459

6. Reaktor

Kode	: R-101
Fungsi	: Mereaksikan larutan sodium karbonat (Na_2CO_3) dengan karbon dioksida (CO_2) agar membentuk sodium bikarbonat (NaHCO_3) sebagai produk utama dan air sebagai hasil samping.
Jenis	: Reaktor gelembung (<i>Bubble column reactor</i>) silinder tegak dan tangki tertutup.
Jumlah	: 1 buah
Waktu tinggal	: 1 jam
Suhu reaktor	: 40 °C
Tekanan	: 3 atm
Volume reaktor	: 69 m ³
Diameter <i>shell</i>	: 4,37 m
Tinggi <i>shell</i>	: 4,60 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,625 in
Tebal <i>head</i>	: 0,375 in
Tinggi <i>head</i>	: 46,9726 in = 1,09 m
Tinggi reaktor	: 6,96 m
Jenis pendingin	
– Jenis	: <i>Coil</i> pendingin dengan susunan <i>helix</i> .
– Bahan	: <i>Stainless steel-308</i>
Harga	: \$ 422.256

7. *Rotary Filter*

Kode	: RDVF-101
Fungsi	: Memisahkan padatan <i>cake</i> produk dari filtrat hasil keluaran reaktor (R-101).
Jenis	: <i>Rotary drum vacuum filter</i>
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
– Luas filter	: 102,931 ft ²
– Diameter drum	: 4 ft
– Panjang drum	: 8 ft
– Putaran filter	: 1,2750 rpm
– Power motor	: 30 HP
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel 283 grade C</i>
Harga	: \$ 215.437

8. *Rotary Dryer*

Kode	: RD-101
Fungsi	: Mengurangi kadar air yang terikut pada <i>cake</i> produk NaHCO ₃ sehingga <i>cake</i> menjadi serbuk padatan dan didapatkan NaHCO ₃ 99.9% dengan bantuan udara panas.
Jenis	: <i>Direct contact conter current rotary dryer</i>
Jumlah	: 1 buah

Tekanan	: 1 atm
Diameter	: 2,82 m
Panjang	: 13,99 m
L/D	: 4,96
Tebal <i>shell</i>	: 0,250 in
Kecepatan putar	: 4,068 rpm
Waktu tinggal	: 2,55 menit
Tenaga putar	: 15 HP
Bahan konstruksi	: <i>Carbonsteel SA-283 grade C</i>
Harga	: \$ 44.745

9. *Cyclone*

Kode	: C-101
Fungsi	: Memisahkan debu NaHCO_3 yang terbawa oleh udara keluaran dari <i>rotary dryer</i> (RD-101).
Jenis	: <i>Cyclone collector</i>
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Tebal shell	: 0,250 in
Tebal tutup atas	: 0,500 in
Tebal tutup bawah	: 0,1875 in
Tinggi cyclone	: 4,05 m
Diameter pengeluaran padatan	: 9,98 in

Diameter pengeluaran gas : 19,95 in
Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA-283 grade C*
Harga : \$ 9.943

10. Ekspander

Kode : EX-101
Fungsi : Menurunkan tekanan CO₂ dari 80 atm menjadi 3 atm sebelum masuk kedalam reaktor (R-101).
Jumlah : 1 buah
Ws : 11,0019 kJ/jam
Harga : \$ 414.302

11. Belt Conveyor 01

Kode : BC-101
Fungsi : Mengangkut bahan baku sodium karbonat (Na₂CO₃) dari silo penyimpanan (S-101) untuk diumpankan ke dalam *mixer* (M-101).
Jenis : *closed flat belt conveyor 45°*
Bahan : *carcass* (tenunan benang kapas)
Kecepatan *belt* : 16,6975 ft/min
Panjang *belt* : 4,95 m
Lebar *belt* : 0,36 m
Daya : 0,25 HP

Harga : \$ 16.572

12. *Belt Conveyor 02*

Kode : BC-102

Fungsi : Mengangkut produk sodium bikarbonat (NaHCO_3) keluaran dari *dryer* (RD-101) untuk diumpankan ke dalam *bucket elevator* (BE-102).

Jenis : *closed flat belt conveyor 45°*

Bahan : *carcass* (tenunan benang kapas)

Kecepatan belt : 26,9726 ft/min

Panjang belt : 4,62 m

Lebar belt : 0,36 m

Daya : 0,33 HP

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 16.241

13. *Belt Conveyor 03*

Kode : BC-103

Fungsi : Mengangkut atau memindahkan produk Sodium Bikarbonat (NaHCO_3) keluaran dari *cyclone* (C-101) untuk diumpankan ke dalam silo penyimpanan (S-101).

Jenis : *closed flat belt conveyor*.

Bahan	: <i>carcass</i> (tenunan benang kapas)
Kecepatan belt	: 0,0231 ft/min
Panjang belt	: 4 m
Lebar belt	: 0,36 m
Daya	: 0,05 HP
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 15.578

14. Screw Conveyor 01

Kode	: SC-101
Fungsi	: Mengangkut padatan <i>cake</i> NaHCO ₃ keluaran dari <i>rotary filter</i> (RDVF-101) menuju <i>dryer</i> (RD-101) untuk mengurangi kadar air.
Bahan	: <i>Carbonsteel</i>
Kecepatan putar	: 55 rpm
Diameter <i>shaft</i>	: 4 in
Panjang <i>screw</i>	: 15 ft
Daya	: 0,05 HP
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 8.286

15. *Heat Exchanger 01*

Kode	: E-101
Fungsi	: Menaikkan suhu gas karbon dioksida (CO ₂) dari tangki menuju Reaktor (R-101).
Jenis	: <i>Double pipe</i>
Suhu masuk	: 26,25 °C
Suhu keluar	: 40 °C
Luas transfer panas	: 10,1252 ft ²
Spesifikasi <i>pipe</i>	
– <i>Cold fluid</i>	: Gas CO ₂
– ID	: 1,380 in
Spesifikasi <i>Annulus</i>	
– <i>Hot Fluid</i>	: <i>Steam</i>
– ID	: 2,067 in
– OD	: 2,380 in
L	: 12 ft
U _c	: 42,2918 Btu/Jam.Ft ² .°F
U _d	: 10 Btu/Jam.Ft ² .°F
R _d	: 0,0741
Harga	: \$ 1.823

16. Heat Exchanger 02

Kode	: HE-102
Jenis	: <i>Shell and tube</i>
Fungsi	: Menaikkan suhu udara yang digunakan untuk media panas pengering pada <i>dryer</i> (RD-101)
Suhu masuk	: 30 °C
Suhu keluar	: 185 °C
Luas transfer panas	: 2.588,0192 ft ²
Spesifikasi <i>shell</i>	
– <i>Hot fluid</i>	: <i>Steam</i>
– ID	: 15,025 in
Spesifikasi <i>Tube</i>	
– <i>Cold Fluid</i>	: <i>Steam</i>
– ID	: 0,62 in
– OD	: 0,75 in
L	: 16 ft
Uc	: 2.608,0058 Btu/Jam.Ft ² .°F
Ud	: 9 Btu/Jam.Ft ² .°F
Rd	: 0,1057
Harga	: \$ 106.061

17. Heat Exchanger 03

Kode	: HE-103
Fungsi	: Menaikkan suhu air (H ₂ O) dari tangki penyimpanan (T-101) menuju ke <i>mixer</i> (M-101).
Jenis	: <i>Double pipe</i>
Suhu masuk	: 30 °C
Suhu keluar	: 40 °C
Luas transfer panas	: 32,3965 ft ²
Spesifikasi <i>pipe</i>	
– <i>Cold fluid</i>	: Air
– ID	: 1,380 in
Spesifikasi <i>Annulus</i>	
– <i>Hot Fluid</i>	: <i>Steam</i>
– ID	: 2,067 in
– OD	: 2,380 in
L	: 12 ft
U _c	: 11,0351 Btu/Jam.Ft ² .°F
U _d	: 20 Btu/Jam.Ft ² .°F
R _d	: 0,003
Harga	: \$ 2.154

18. Bucket Elevator 01

Kode	: BE-101
Fungsi	: Memindahkan atau mengangkat bahan baku sodium karbonat (NaHCO_3) ke silo penyimpanan (S-101).
Jenis	: <i>Continuous bucket elevator</i>
Kapasitas	: 5,3432 ton/jam
Ukuran <i>bucket</i>	: 8 x 5,5 x 7,75 in
Kecepatan	: 1,2467 ft/min
Tinggi <i>elevator</i>	: 15 m
Daya	: 5 HP
Harga	: \$ 14.915

19. Bucket Elevator 02

Kode	: BE-102
Fungsi	: Memindahkan sodium bikarbonat (NaHCO_3) dari <i>belt conveyor</i> (BE-102) ke silo penyimpanan (S-102).
Jenis	: <i>Continuous bucket elevator</i>
Kapasitas	: 8,2071 ton/jam
Ukuran bucket	: 8 x 5,5 x 7,75 in
Kecepatan	: 1,9150 ft/min
Tinggi elevator	: 15 m
Daya	: 7,5 HP

Harga : \$ 14.915

20. Hopper 01

Kode : H-101

Fungsi : Tempat menampung Na_2CO_3 dari silo sebelum diumpankan ke *mixer* (M-101).

Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA-283 grade C*

Kapasitas : 2,3139 m³/jam

Diameter hopper : 1,2983 m

Tebal hopper : 0,3125

Tinggi hopper : 1,0909 m

Harga : \$ 58.002

21. Hopper 02

Kode : H-102

Fungsi : Tempat menampung NaHCO_3 dari *dryer* (RD-101) dan *cyclone* (C-101) sebelum diumpankan ke silo (S-102).

Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA-283 grade C*

Kapasitas : 3,5567 m³/jam

Diameter hopper : 1,5734 m

Tebal hopper : 0,3125

Tinggi hopper : 1,2584 m

Harga : \$ 116.005

22. Fan

Kode : F-101

Fungsi : Mengalirkan udara lingkungan menuju ke *dryer*
(RD-101)

Laju alir volumetrik udara : 6.572,988 ft³/jam

Daya : 20 HP

Harga : \$ 7.126

23. Pompa 01

Kode : P-101

Fungsi : Memompakan H₂O dari tangki (T-101) menuju ke
mixer (M-101).

Tipe : *Centrifugal pump*

Kapasitas : 20,9127 m³/jam

Ukuran pipa

– ID : 0,9374 in

– Sch : 40

– NPS : 1 in

Total *head* : 59,2571 m

Motor penggerak : 7,5 HP

Speed pompa : 1.617,4178 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 3.977

24. Pompa 02

Kode : P-102

Fungsi : Mengalirkan produk keluaran *mixer* (M-101) menuju ke reaktor (R-101).

Tipe : *Centrifugal pump*

Kapasitas : 20,1631 m³/jam

Ukuran pipa

– ID : 4,026 in

– Sch : 40

– NPS : 4 in

Total *head* : 12,1513 m

Motor penggerak : 5 HP

Speed pompa : 116,3532 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 9.380

25. Pompa 03

Kode	: P-103
Fungsi	: Mengalirkan cairan filtrat keluaran <i>rotary filter</i> (RDVF-101) menuju ke pengolahan limbah (UPL).
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	: 19,73 m ³ /jam
Ukuran pipa	
– ID	: 4,026 in
– Sch	: 40
– NPS	: 4 in
Total <i>head</i>	: 4,1257 m
Motor penggerak	: 1,5 HP
<i>Speed</i> pompa	: 175,0709 rpm
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 9.214

3.4 Perancangan Produksi

3.4.1 Kapasitas Perancangan

Kapasitas perancangan pabrik sodium bikarbonat ditentukan dengan meningkatnya kebutuhan Indonesia yang didapat dari data (bps.go.id). Dengan berkembangnya industri kimia khususnya sodium bikarbonat yang merupakan bahan kimia yang dapat digunakan sebagai bahan baku pada industri makanan, kosmetik, dan lainnya.

3.4.2 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.

a. Kemampuan pasar

Kemampuan pasar dapat dibagi menjadi dua yaitu :

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
2. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik, maka dari 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 mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
 - Mencari daerah pemasaran.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya:

1. Material (bahan baku)

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

2. Manusia (tenaga kerja)

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

3. 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.