



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan nasional di Indonesia saat ini sedang mengalami kemunduran akibat krisis multidimensi yang berkepanjangan. Begitu juga iklim investasi di tanah air mengalami kelesuan, untuk menggalakannya kembali maka dibutuhkan peranan di sektor industri perlu ditingkatkan. Karena sektor ini akan mampu mengatasi pengangguran dan dapat bersaing di luar, sehingga mampu mendorong pulihnya roda perekonomian, baik yang menghasilkan bahan jadi maupun bahan baku industri. Keadaan ini berdampak baik untuk mencapai masyarakat yang sejahtera, adil, dan makmur. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia harus mengeluarkan kebijakan-kebijakan yang berkesinambungan.

Saat ini pemerintah masih mengimpor *Trisodium phosphate* dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan akan *Trisodium Phosphate* yang masih cukup besar maka salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan pasar di Indonesia dan membantu pertumbuhan ekonomi kerakyatan yaitu dengan mendirikan industri kimia *Trisodium Phosphate* yang akan menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan untuk industri lain seperti : detergent, pupuk, pengolahan air, makanan dan obat-obatan. Bahan bakunya pun dapat diproduksi di dalam negeri yaitu asam fosfat (H_3PO_4), sodium karbonat (Na_2CO_3), sodium hidroksida (NaOH).

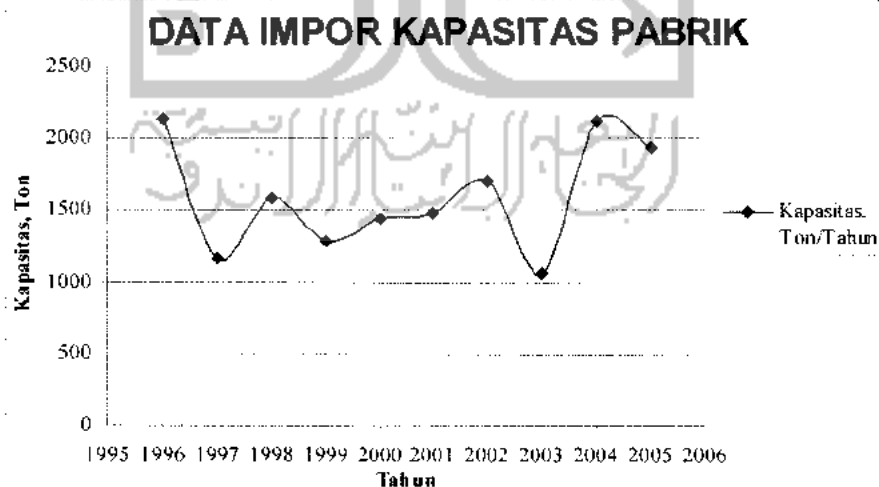


Kapasitas pabrik *Trisodium Phosphate* yang akan didirikan ditentukan berdasarkan kebutuhan impor *Trisodium Phosphate* yang berasal dari negara-negara lain. Berdasarkan data buku Statistik tentang perdagangan luar negeri Indonesia yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik Jakarta, jumlah impor *Trisodium Phosphate* adalah sebagai berikut :

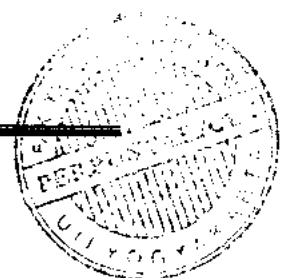
Tabel 1.1 Data Impor *Trisodium Phosphate*

Tahun	Kapasitas, Ton/Tahun
1996	2138.905
1997	1164.346
1998	1586.515
1999	1278.306
2000	1437.392
2001	1473.952
2002	1700.975
2003	1065.052
2004	2125.428
2005	1933.206

Sumber : BPS



Gambar 1.1 Grafik Kapasitas Impor Setiap Tahunnya





1.2 Tinjauan Pustaka

Trisodium Phosphate dapat mengikat air dengan perbandingan 1 : 12 dalam ratio mol dengan rumus molekul $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. *Trisodium Phosphate* berbentuk padatan seperti kristal dan berwarna putih. Seperti pada tabel 1.2, menjelaskan mengenai sifat-sifat fisis dari *Trisodium Phosphate*.

Tabel 1.2 Sifat Fisis untuk *Trisodium Phosphate*

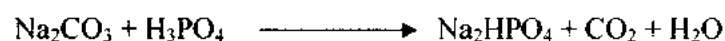
Sifat Fisis	<i>Trisodium Phosphate</i>
Berat Molekul	380,1243 g/mol
Berat Jenis	1,62 g/cm ³
Kelarutan dalam air	
- (0 °C)	1,5 gr/100 gr H ₂ O
- (20 °C)	11 gr/100 gr H ₂ O
Titik Leleh	73,5 °C
Titik Didih	100 °C

(<http://wikipedia.com>)

Proses pembuatan *Trisodium Phosphate* dapat dilakukan melalui 2 tahap reaksi, yaitu :

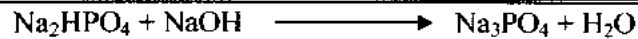
1. Pada RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk)

Asam fosfat dilarutkan dalam air sehingga menjadi larutan dengan kadar 65% kemudian dipanaskan pada suhu 85-100 °C. Sodium karbonat dengan kadar 60% yang telah dilarutkan dalam air ditambahkan ke dalam larutan asam fosfat, dan larutan sodium karbonat dibuat excess, maka akan menghasilkan disodium fosfat. Persamaan reaksi sebagai berikut :

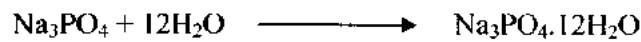


2. Pada Netralizer

Hasil reaksi Na_2HPO_4 selanjutnya direaksikan dengan sodium hidroksida dengan kadar 50 % pada suhu operasi 85-100 °C, maka akan terjadi reaksi pembentukan *Trisodium Phosphate* dengan persamaan reaksi :



Pada netralizer ini juga terjadi pengikatan 12 molekul H₂O, dengan persamaan reaksi :



Pemurnian hasil *Trisodium Phosphate* dapat dilakukan melalui proses sebagai berikut :

1. Pemisahan

Proses pemisahan sodium karbonat (Na₂CO₃) dari produk (Na₃PO₄·12H₂O) dengan menggunakan decanter. Proses ini terbagi atas 2 fase, yaitu fase ringan (hasil atas) dan fase berat (hasil bawah). Pada decanter produk terdapat pada fase berat (hasil bawah).

2. Evaporasi

Larutan Na₃PO₄ yang telah pekat dari hasil proses pemisahan diuapkan di dalam evaporator dengan tujuan untuk mengurangi kandungan air (H₂O) sekaligus untuk lebih pemekatan produk sehingga terbentuk slurry Na₃PO₄·12H₂O.

3. Pengeringan

Slurry Na₃PO₄·12H₂O dikeringkan di dalam rotary dryer, untuk mendapatkan produk kristal, yaitu dengan menguapkan kandungan air (H₂O) bebas dengan cara dikontakkan dengan udara panas pada suhu 110 °C yang berasal dari blower setelah dipanaskan melalui alat penukar panas.

Oleh karena itu, produk *Trisodium Phosphate* salah satu sifatnya yaitu higroskopis atau mudah menyerap air dari lingkungan.



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

➤ **Trisodium Fosfat**

Rumus Molekul	: $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Berat Molekul	: 380 kg/kmol
Fase, 25 °C, 1 atm	: Padatan putih
Titik Leleh	: 73,5 °C, with decomposition
Titik Didih	: 100 °C, loses 11 H ₂ O
Densitas	: 1,62 g/cm ³
Viskositas	: 2,293 cp
Kapasitas Panas	: 0,001469 Kj/Kg.°K
Kemurnian	: 98 %
Kelarutan dalam air, 20 °C	: 11 gr/100 gr H ₂ O

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

➤ **Sodium Karbonat (soda abu)**

Rumus Molekul	: Na_2CO_3
Berat Molekul	: 106 kg/kmol
Fase, 25 °C, 1 atm	: Padatan putih
Titik Leleh	: 851 °C



Titik Didih	: 400 °C, decomposes
Densitas	: 1,1417 gr/cm ³
Viskositas	: 44 cp
Kapasitas Panas	: 0,0011415 Kj/Kg.°K
Kemurnian	: 60 %
Kelarutan dalam air, 30 °C	: 50,5 gr/100 gr H ₂ O, tidak larut dalam alkohol dan ether
➤ Asam Fosfat	
Rumus Molekul	: H ₃ PO ₄
Berat Molekul	: 98 kg/kmol
Fase, 25 °C, 1 atm	: Padatan putih atau bening, Cairan kental (42 °C)
Titik Leleh	: 21 °C
Titik Didih	: 158 °C (85 %)
Densitas	: 1,1094 gr/cm ³
Viskositas	: 7 cp
Kapasitas Panas	: 0,0015909 Kj/Kg.°K
Kemurnian	: 65 %
Kelarutan dalam air, 26 °C	: 2,34 gr/100 gr H ₂ O, Larut dalam alkohol



➤ **Sodium Hidroksida (soda api)**

Rumus Molekul	: NaOH
Berat Molekul	: 40 kg/kmol
Fase, 25 °C, 1 atm	: Padatan putih
Titik Leleh	: 318,4°C
Titik Didih	: 1390°C
Densitas	: 1,39 gr/cm ³
Viskositas	: 1,91 cp
Kapasitas Panas	: 0,0014766 KJ/Kg.°K
Kemurnian	: 50 %
Kelarutan dalam air, 20°C	: 111 gr/100 gr H ₂ O, Larut dalam alkohol, ether, dan gliserin. Tidak larut dalam acetone

2.3 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar bahan baku yang akan digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Adapun parameter yang akan diukur adalah :

- 1) Kemurnian dari bahan baku : sodium karbonat, asam fosfat, dan sodium hidroksida.
- 2) Kadar air.



2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada. Pengendalian dan pengawasan jalannya produksi dilakukan dengan *Automatic Control* yang di-setting pada nilai tertentu. Beberapa alat kontrol yang digunakan adalah :

1) *Flow Control*

Merupakan alat yang ditempatkan atau dipasang pada aliran proses. *Flow control* ini dikondisikan pada harga tertentu. Bila aliran mengalami penyimpangan dari harga yang telah ditentukan, maka akan muncul isyarat yang merupakan perintah untuk mengembalikan ke kondisi semula.

2) *Temperature Control*

Jika ada penyimpangan suhu yang telah ditetapkan, maka akan timbul isyarat berupa suara, nyala lampu, dan lain-lain.

3) *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada alat proses yang berfungsi untuk mengontrol ketinggian fluida dalam alat proses (tangki proses). Jika ketinggian fluida dalam alat proses tidak sesuai dengan harga yang ditentukan, kran akan membuka dan menutup secara otomatis.

4) *Level Indicator*

Merupakan alat yang dipasang pada tangki penyimpan bahan baku atau produk untuk mendeteksi ketinggian fluida dalam tangki.



2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk bertujuan untuk menghasilkan *Trisodium Phosphate* yang sesuai dengan spesifikasinya ditinjau dari sifat fisik dan kimianya. Tujuan ini tidak terlepas dari pengendalian kualitas bahan baku dan proses. Jika kualitas bahan baku dan proses terkendali dengan baik, produk yang dihasilkan akan sesuai dengan spesifikasinya.





BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1 Dasar Reaksi

Asam fosfat 65 % dialirkan dari tangki penyimpanan (T-01) ke Reaktor (R-01) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan dipanaskan terlebih dahulu dengan Heater (HE-01) menjadi 90°C dengan tekanan 1 atm. Sementara itu natrium karbonat dari tangki penyimpanan (T-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan ke Reaktor (R-01) dengan dipanaskan terlebih dahulu dengan Heater (HE-02) menjadi 90°C dengan tekanan sebesar 1 atm. Reaksi terjadi didalam 3 buah reaktor alir berpengaduk (RATB) dengan konversi total di ketiga reaktor adalah sebesar 95% yang disusun secara seri pada kondisi suhu 90°C dan tekanan 1 atm.

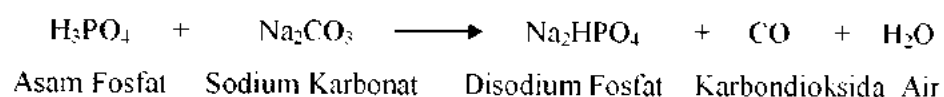
Hasil keluaran Reaktor (R-03) dialirkan ke Netralizer (N) dengan suhu dan tekanan tetap kemudian ditambahkan natrium hidroksida 50 % dialirkan dari tangki penyimpanan (T-03) dengan dipanaskan terlebih dahulu dengan Heater (HE-03) menjadi 90°C pada tekanan 1 atm. Hasil keluaran Netralizer didinginkan dengan menggunakan Cooler (CL-01) untuk menurunkan suhu keluaran dari 90°C ke 35°C pada 1 atm yang kemudian dialirkan ke dalam Dekanter (D) untuk memisahkan natrium karbonat berlebih sebagai hasil atas dengan trisodium fosfat

dengan kemurnian 98 % sebagai hasil bawah dari dekanter. Dekanter beroperasi pada suhu 35°C dan tekanan 1 atm.

Hasil atas dekanter (D) dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah. Sedangkan hasil bawah keluaran dekanter (D) dialirkan ke dalam Evaporator (EV) untuk menguapkan air sebagai hasil atas dan trisodium fosfat sebagai hasil bawah sehingga trisodium fosfat yang dihasilkan sangat pekat. Evaporator beroperasi pada suhu 110°C dan tekanan 1 atm. Hasil atas Evaporator (EV) berupa uap air diembunkan dengan Condensor (CD-01) sedangkan hasil bawah Evaporator (EV) berupa slurry $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dengan suhu 110°C dan tekanan 1 atm dikeringkan di dalam Rotary Dryer (RD) untuk mendapatkan produk padatan. Udara pada suhu 32°C ditiupkan dengan Blower (BL-01) yang terlebih dahulu dipanaskan dengan Heater (HE-04) sehingga suhu menjadi 156°C kemudian masuk ke Rotary Dryer (RD). Hasil atas Rotary Dryer (RD) berupa udara panas dan sebagian besar uap air didinginkan dengan Cooler (CL-02) sedangkan hasil bawah Rotary Dryer ditampung dengan Screw Conveyor (SC-01). Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dialirkan dengan Belt Conveyor (BC-01) ke Bucket Elevator (BE-01). Kemudian padatan $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (produk) diangkut dengan Bucket Elevator (BE-01) menuju ke Silo (S).

3.1.2 Tinjauan Termodinamika

Reaksi yang terjadi pada Reaktor :

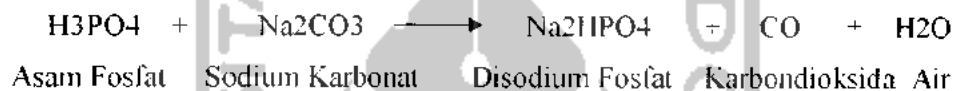


Ditinjau secara termodinamika, reaksi pada Reaktor berjalan secara lambat dalam waktu 1 jam. Reaksi berjalan secara endothermis. Suhu harus dipertahankan 90 °C dimaksudkan untuk menghindari banyaknya jumlah air yang menguap.

3.1.3 Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari segi kinetika, reaksi dalam proses ini termasuk reaksi orde 1.

Reaksi :



Untuk reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) bahwa pengadukan yang dilakukan sempurna akan menghasilkan homogenitas akan menjadi sangat besar serta waktu tinggal sangat menentukan kecepatan reaksi kesefuruhan.

3.2 Spesifikasi Alat Proses dan Utilitas

3.2.1 Spesifikasi Alat Proses

1). Tangki penyimpan asam fosfat (T-01)

Fungsi	: Menyimpan bahan baku asam fosfat sebanyak 1.582.872,48 kg untuk keperluan produksi selama 15 hari
Jenis	: Silinder Tegak, <i>Dished head</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 285 grade C</i>
Jumlah	: 3 buah
Spesifikasi	:
▪ Diameter	: 4,572 m



- Tinggi : 4.2672 m
- Volume : 1774.5326 m³

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

Harga tiap alat : US \$ 15.046.0661

2). Tangki penyimpanan sodium karbonat (T-02)

Fungsi : Menyimpan bahan baku sodium karbonat sebanyak 2.040.237.108 kg untuk keperluan produksi selama 15 hari

Jenis : Silinder Tegak, *Dished head*

Bahan : *Stainless Steel SA 285 grade C*

Jumlah : 3 buah

Spesifikasi

- Diameter : 4.572 m
- Tinggi : 4.2672 m
- Volume : 2266.93 m³

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30°C

Harga tiap alat : US \$ 17.072.9224

3). Tangki penyimpanan sodium hidroksida (T-03)

Fungsi : Menyimpan bahan baku sodium hidroksida sebanyak 923.878.08 kg untuk keperluan produksi selama 15 hari



-
- Jenis : Silinder Tegak. *Dished head*
- Bahan : *Stainless Steel SA 285 grade C*
- Jumlah : 5 buah
- Spesifikasi :
- Diameter : 3,6576 m
 - Tinggi : 3,6576 m
 - Volume : 931,6418 m³
- Kondisi Operasi
- Tekanan : 1 atm
 - Suhu : 30°C
- Harga tiap alat : US \$ 6.003,9412

4). Reaktor (R-01, R-02 dan R-03)

- Fungsi : Mereaksikan asam fosfat dan sodium karbonat menjadi disodium fosfat
- Jenis : Reaktor alir tangki Berpengaduk
- Bahan : *Stainless Steel SA-167 grade3 Type 304*
- Jumlah : 3 buah
- Spesifikasi :
- Inside diameter : 2,3503 m
 - Outside diameter : 2,3598 m
 - Tinggi : 3,3576 m
 - Tebal shell : 0,25 in
 - Bentuk head : *Torispherical head*



- Tebal head : 0,1875 in
- Volume reaktor : 14,5721 m³

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 90°C
- Fase reaksi : cair

Harga tiap alat : US \$ 30.836.5588

5). Netralizer (N)

Fungsi : Menetralkan hasil reaksi dari reaktor yang masih berkondisi asam dengan menambahkan NaOH 50 %.

Jenis : Tangki penetral silinder tegak berpengaduk, *Torispherical head*

Bahan : *Stainless Steel SA 285 grade C*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

- Diameter : 1,185 m
- Tinggi : 2,37 m
- Volume : 2,89 m³
- Tebal shell : 0,1875 in

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 90°C

Harga : US \$ 50.164.8072

6). Decanter (D)

Fungsi : Memisahkan larutan natrium karbonat dari produk
($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

Jenis : Silinder horizontal, *Torispherical head*

Bahan : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi :

- *Setting Velocity* : $U_d = 0.0015$
- Diameter : 2.8877 m
- Tinggi : 2.37 m
- Volume : 2.1004 m^3
- Tebal shell : 0.1875 in
- Tebal head : 0.1875 in

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 35°C

Harga : US \$ 472.9266

7). Evaporator (EV)

Fungsi : Menguapkan H_2O dr produk dengan kecepatan umpan
sebanyak 10099.4516 kg/jam

Jenis : Long Tube Vertical Evaporator (*Single Effect*).
Torispherical head

Bahan : *Carbon Stell SA-135 Grade B*



Jumlah : 1 buah

Shell side

- Diameter : 0,7871 m

Tube side

- Jumlah : 270
- OD : 1,25 in; 8 BWG; 1,5625 triangular pitch pitch
- Panjang : 12 ft

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 110°C

Harga : US \$ 29.533.1402

8). Rotary Dryer (RD)

Fungsi : Meringkan hasil dari Evaporator sehingga dihasilkan produk dengan kadar air 0,0579 %.

Jenis : *Direct Contact Rotary Dryer*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi

- Diameter : 1 m
- Panjang : 7 m
- Kecepatan Putaran: 10 rpm
- Power : 25 Hp

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm



▪ Suhu : Tmasuk = 110°C, Tkeluar = 115°C

Harga : US \$ 197.1963

9). Silo (S)

Fungsi : Menampung produk Trisodium Phosphat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) yang keluar dari BE-01 dengan umpan sebanyak 5050,6061 kg/jam dengan waktu tinggal 30 hari.

Jenis : Tangki Silinder Vertikal dengan *Conical Bottom head*.

Bahan : *Stainless steel SA 167 grade 3*

Jumlah : 3 buah

Spesifikasi :

- Diameter : 3.8426 m
- Tinggi : 7.6851 m
- Volume : 2805,8917 m³
- Tebal shell : 0,375 in
- Tebal head : 0,3125 in

Kondisi Operasi :

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30°C

Harga tiap alat : US \$ 64.918,2187

10). Heater (HE-01)

Fungsi : Memanaskan umpan (larutan H_3PO_4 65 %) dari T-01 ke Reaktor sebanyak 10064 1933 kg/jam.

Tipe : *Double pipe heat exchanger*



Panjang : 90 ft

Luas Transfer panas: 37.26 ft²

Beban panas : 366.321.31 Btu/jam

Alokasi fluida

• Fluida dingin (larutan H₃PO₄ 65 %) : Pipa dalam

○ Suhu masuk : 30 °C

○ Suhu keluar : 90 °C

• Fluida panas (steam) : Pipa luar

○ Suhu masuk : 120 °C

○ Suhu keluar : 120 °C

Spesifikasi pipa luar

• Bahan : Carbon steel

• IPS : 2 in

• OD : 2.38 in

• ID : 2.067 in

• Pressure drop : 3.0378 Psi

Spesifikasi pipa dalam

• Bahan : Stainless Steel

• IPS : 1.25 in

• OD : 1.66 in

• ID : 1.38 in

• Pressure drop : 1.4541 Psi

Harga : US \$ 1.028.2901



11). Heater (HE-02)

Fungsi : Memanaskan umpan (larutan Na_2CO_3 60%) dari T - 02
ke Reaktor sebanyak 5667.3253 kg/jam.

Tipe : *Double pipe heat exchanger*

Panjang : 120 ft

Luas Transfer panas: 54.88 ft^2

Beban panas : 539.460.9356 BTU/jam

Alokasi fluida

- Fluida dingin (Larutan Na_2CO_3 60 %) : Pipa dalam
 - Suhu masuk : 30 °C
 - Suhu keluar : 90 °C
- Fluida panas (steam) : Pipa luar
 - Suhu masuk : 120 °C
 - Suhu keluar : 120 °C

Spesifikasi pipa luar

- Bahan : *Carbon steel*
- IPS : 2 in
- OD : 2.38 in
- ID : 2.067 in
- *Pressure drop* : 7.7597 Psi

Spesifikasi pipa dalam

- Bahan : *Stainless steel*
- IPS : 1.25 in

- OD : 1,66 in
- ID : 1,38 in
- *Pressure drop* : 3,1164 Psi
- Harga : US \$ 1.297.2342

12). Heater (HE-03)

Fungsi : Memanaskan umpan (larutan NaOH 50%) dari T-03 ke
Netralizer sebanyak 10064.1933 kg/jam.

Tipe : *Double pipe heat exchanger*

Panjang : 72 ft

Luas Transfer panas: 31,06 ft²

Beban panas : 305.337,9205 Btu/jam

Alokasi fluida

- Fluida dingin (larutan NaOH 50 %) : Pipa dalam
 - Suhu masuk : 30 °C
 - Suhu keluar : 90 °C
- Fluida panas (steam) : Pipa luar
 - Suhu masuk : 120 °C
 - Suhu keluar : 120 °C

Spesifikasi pipa luar

- Bahan : *Carbon steel*
- IPS : 2 in
- OD : 2,38 in
- ID : 2,067 in

- *Pressure drop* : 1,7928 Psi

Spesifikasi pipa dalam

- *Bahan* : *Stainless Steel*
- *IPS* : 1,25 in
- *OD* : 1,66 in
- *ID* : 1,38 in
- *Pressure drop* : 0,3955 Psi

Harga : US \$ 921,9148

13). Heater (HE-04)

Fungsi : Memanaskan umpan (udara) dari Blower ke Rotary Dryer
sebanyak 200 kg/jam.

Tipe : *Double pipe heat exchanger*

Panjang : 8 ft

Luas Transfer panas: 0,6641 ft²

Beban panas : 4287,254 Btu/jam

Alokasi fluida

- *Fluida dingin (Udara)* : *Pipa dalam*
 - *Suhu masuk* : 32 °C
 - *Suhu keluar* : 156 °C
- *Fluida panas (steam)* : *Pipa luar*
 - *Suhu masuk* : 120 °C
 - *Suhu keluar* : 120 °C

Spesifikasi pipa luar

- Bahan : *Carbon steel*
- IPS : 2 in
- OD : 2.38 in
- ID : 2.067 in
- *Pressure drop* : 0.0003

Spesifikasi pipa dalam

- Bahan : *Stainless steel*
- IPS : 1.25 in
- OD : 1.66 in
- ID : 1.38 in
- *Pressure drop* : 0.0005

Harga : US \$ 91.7705

14). Cooler (CL-01)

Fungsi : Mendinginkan umpan Dekanter sebanyak 11.411.5179
kg/jam

Tipe : *Double pipe heat exchanger*

Panjang : 200 ft

Luas Transfer panas: 155.2879 ft²

Beban panas : 1.297.390,06 Btu/jam

Alokasi fluida

- Fluida dingin (air) : Pipa dalam
 - Suhu masuk : 30 °C

- Suhu keluar : 40 °C
- Fluida panas (Campuran multi komponen) : Pipa luar
 - Suhu masuk : 90 °C
 - Suhu keluar : 35 °C

Spesifikasi pipa luar

- Bahan : *Stainless Steel*
- IPS : 3 in
- OD : 3.5 in
- ID : 3.068 in
- *Pressure drop* : 1.0403 Psi

Spesifikasi pipa dalam

- Bahan : *Carbon steel*
- IPS : 2 in
- OD : 2.38 in
- ID : 2.067 in
- *Pressure drop* : 1.0256 Psi

Harga : US \$ 2421.3217

15). Cooler (CL-02)

Fungsi : Mendinginkan hasil atas Rotary Dryer sebanyak 705.0505
kg/jam

Tipe : *Double pipe heat exchanger*

Panjang : 120 ft

Luas Transfer panas: 16.3756 ft²

16). Condensor (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan uap air yang keluar dari atas evaporator
sebanyak 4543.796 kg/jam

Tipe : *Shell and Tube heat exchanger*

Jumlah : 1 buah

Luas Transfer panas: 219.6252 ft²

Beban panas : 2.434.020.64 Btu/jam

Alokasi fluida

- Fluida dingin (air) : Tube
 - Suhu masuk : 30 °C
 - Suhu keluar : 40 °C
- Fluida panas (uap H₂O dan udara) : Shell
 - Suhu masuk : 115 °C
 - Suhu keluar : 35 °C

Spesifikasi Tube

- OD : 0.75 in
- ID : 0.902 in
- Pitch : 1. Triangular pitch
- Jumlah : 70
- Panjang : 16 ft
- *Pressure drop* : 0.2774 Psi

Spesifikasi Shell

- ID : 12 in



- *Pressure drop* : 0.0436 Psi

Harga : US \$ 4.702.9739

17). Blower (BL-01)

Fungsi : Meniupkan udara sebanyak 200 kg ke Rotary Dryer (RD)

Tipe : *Blower sentrifugal*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 32 °C

Power : 0.75 Hp

Harga : US \$ 23.7652

18). Pompa (P-01)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku asam fosfat 65% dari tangki penampungan (T-01) ke Reaktor (R-01)

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 18.08 gpm

Head : 4.13 m

Efisiensi pompa : 80 %

Power motor : 0.5 Hp

Harga : US \$ 408,3643

19). Pompa (P-02)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku Na_2CO_3 60% dari tangki penampungan (T-02) ke Reaktor (R-01)

Ragaya Abd. R. Balalif (03521085)

Riiza Dwi Putri Nurzanti (03521095)



Power motor : 0.75 Hp
Harga : US \$ 577.5692

22). Pompa (P-05)

Fungsi : Mengalirkan keluaran R-03 ke Netralizer
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 31,40 gpm
Head : 3.57 m
Efisiensi pompa : 80 %
Power motor : 0.75 Hp
Harga : US \$ 568.7043

23). Pompa (P-06)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku NaOH 50 % dari tangki penampungan (TP-03) ke Netralizer
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 9,49 gpm
Head : 3.62 m
Efisiensi pompa : 80 %
Power motor : 0.5 Hp
Harga : US \$ 277.3885

24). Pompa (P-07)

Fungsi : Mengalirkan keluaran Netralizer ke Decanter



Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 39,34 gpm

Head : 3,51 m

Efisiensi pompa : 80 %

Power motor : 0,75 Hp

Harga : US \$ 651,0725

25). Pompa (P-08)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku asam phospat 65% dari tangki penampungan (T-01) ke Reaktor (R-01)

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 34,03 gpm

Head : 3,41 m

Efisiensi pompa : 80 %

Power motor : 0,75 Hp

Harga : US \$ 596,8235

26). Pompa (P-09)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku asam phospat 65% dari tangki penampungan (T-01) ke Reaktor (R-01)

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 5,51 gpm



Head	: 4,31 m
Efisiensi pompa	: 80 %
Power motor	: 0,33 Hp
Harga	: US \$ 200,1795

27). Screw Conveyor (SC-01)

Fungsi : Mengalirkan hasil pemisahan dari Evaporator ke RD
sebanyak 5555.656 kg/jam

Jenis : Helical flight screw conveyor

Bahan konstruksi : Carbon stell SA 283 Grade C

Dimensi

- Diameter flight : 9 in
- Diameter pipa : 2,5 in
- Diameter shaft : 2 in
- Kecepatan putar : 40 rpm
- Panjang : 3 m
- Kapasitas : 12.250,22 lb/jam
- Power : 1,5 Hp
- Jumlah : 1 buah
- Harga : \$ 1718,9786

28). Belt Conveyor (BC-01)

Fungsi : Mengangkut hasil produk dari RD ke BE-01
sebanyak 5050.6051 kg/jam



Jenis	: Continuous Closed Belt Conveyor
Jumlah belt conveyer	: 1 buah
Panjang belt conveyer	: 3,62 m
Lebar belt conveyer	: 0,3556 m
Motor penggerak	: 0,0833 Hp
Harga	: US \$ 1814,4970

29). Bucket Elevator (BE-01)

Fungsi	: Mengangkut hasil produk dari BC-01 ke Silo sebanyak 5050.6051 kg/jam
Jenis	: Spaced bucket centrifugal discharge elevator
Jumlah belt conveyer	: 1 buah
Ukuran bucket	: 6x4x4 1/4in
Jarak antar bucket	: 12 in
Kecepatan bucket	: 225 rpm
Kecepatan putar poros	: 43 rpm
Diameter poros atas	: 1,9375 in
Diameter poros bawah	: 1,6875 in
Lebar belt	: 7 in
Diameter pulley atas	: 20 in
Diameter pulley bawah	: 14 in
Motor penggerak	: 0,75 Hp
Harga	: US \$ 135,5322



3.2.2 Spesifikasi Alat Utilitas

1). Bak Pengendap Awal

Fungsi : Menampung dan menyediakan air untuk diolah sebanyak 28032,88 kg/jam dengan waktu tinggal selama 1 jam.

Jenis : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang
Panjang : 11,5999 m
Lebar : 5,7999 m
Tinggi : 2,5 m
Volume : 168,197 m³
Jumlah : 1
Harga : US \$ 17.893,32

2). Tangki Floakulator

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa disperse koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, dengan waktu tinggal selama 1 jam.

Jenis : Bak silinder tegak
Diameter : 3,4994 m
Tinggi : 3,4994 m
Volume : 33,6394 m³
Power pengaduk : 0,75 Hp
Jumlah : 1
Harga : US \$ 24.426,77879



3). Clarifier

Fungsi : Menampung sementara air yang mengalami fluktuasi dan memisahkan flok dari air sebanyak 28.032,88 kg/jam.

Jenis : Bak silinder tegak dengan tutup kerucut

Diameter : 3,4994 m

Tinggi : 4,6659 m

Volume : 33,6394 m³

Waktu tinggal : 1 jam

Jumlah : 1

Harga : US \$ 16.647,88684

4). Bak saringan pasir

Fungsi : Menyaring koloid-koloid yang lolos dari clarifier.

Debit : 123,4250 gpm

Tinggi : 1,2854 m

Volume : 3,6848 m³

Panjang : 1,6931 m

Lebar : 1,6931 m

Ukuran pasir rata-rata : 28 mesh

Tinggi lapisan pasir : 1,0712 m

Jumlah : 1

Harga : US \$ 392





5). Bak Penampung air bersih

Fungsi	: Menampung air bersih yang keluar dari bak saringan pasir sebanyak 28.032,88 kg/jam.
Jenis	: Bak empat persegi panjang beton bertulang
Tinggi	: 2,5 m
Volume	: 168.1972 m ³
Panjang	: 11,5999 m
Lebar	: 5,7999 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 47.276.83

6). Bak Penampung air kantor dan rumah tangga

Fungsi	: Menampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga.
Jenis	: Bak empat persegi panjang beton bertulang
Tinggi	: 2,5 m
Volume	: 57,3 m ³
Panjang	: 6,7705 m
Lebar	: 3,3853 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 6.095,74



7). Bak Penampung air pendingin

Fungsi : Menampung air untuk keperluan proses yang membutuhkan air pendingin sebanyak 19.592,865 kg/jam.

Jenis : Bak empat persegi panjang beton bertulang

Tinggi : 2,5 m

Volume : 47,0229 m³

Panjang : 6,1334 m

Lebar : 3,0667 m

Jumlah : 1

Harga : US \$ 5.002,43

8). Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air pendingin yang telah dipakai dalam proses pabrik sebanyak 17.407,542 kg/jam.

Jenis : Cooling tower induced draft.

Tinggi : 4,0633 m

Ground area : 8,0142 m²

Panjang : 2,8309 m

Lebar : 2,8309 m

Jumlah : 1

Harga : US \$ 23.755,24



9). Blower Cooling Tower

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan.

Kebutuhan udara : 10.488,533 ft³/jam

Power pompa : 21,4069 Hp

Power motor : 25 Hp

Jumlah : 1

Harga : US \$ 571,7008

10). Kation exchanger

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg.

Jenis : silinder tegak

Tinggi : 1,905 m

Volume : 0,4967 m³

Diameter : 0,5763m

Tebal : 0,0035 m

Jumlah : 1

Harga : US \$ 1.011,06

11). Anion exchanger

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion-anion seperti Cl, SO₄ dan NO₃.

Jenis : silinder tegak

Tinggi : 1,905 m



Volume	: 0,4967 m ³
Diameter	: 0,5763 m
Tebal	: 0,0035 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 1.011,06

12). Tangki Deaerator

Fungsi	: Membebaskan gas CO ₂ dan O ₂ dari air yang telah dilunakkan dalam anion dan kation exchanger dengan larutan Na ₂ SO ₃ dan larutan N ₂ H ₄ .
Jenis	: Bak silinder tegak
Tinggi	: 1,4299 m
Volume	: 2,2949 m ³
Diameter	: 1,4299 m
Jenis pengaduk	: Marine propeller 3 blade.
Power pengaduk	: 0,05 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 7.071,3033

13). Tangki umpan boiler

Fungsi	: Menampung umpan boiler sebanyak 5.312,2242 kg/jam.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Tinggi	: 2,5324 m
Volume	: 12,7493 m ³



Diameter	: 2,5324 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 3.579,19

14). Tangki Penampung Kondensat

Fungsi	: Menampung kondensat dari alat proses sebelum disirkulasi menuju tangki umpan boiler.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Tinggi	: 2,1824 m
Volume	: 8,1596 m ³
Diameter	: 2,1824 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 2.738,38

15). Tangki Larutan Kaporit

Fungsi	: Membuat larutan desinfektan dari bahan kaporit untuk air yang akan digunakan di kantor dan rumah tangga.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan air	: 3979.1667 kg/jam
Kadar Clorine dalam Kaporit	: 49,6%
Kebutuhan kaporit	: 0,0321 kg/jam
Tinggi	: 0,8906 m
Volume	: 0,5545 m ³



Diameter	: 0,8906 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 545,56

16). Tangki Desinfektan

Fungsi	: Membunuh bakteri yang dipergunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Tinggi	: 1,8254 m
Volume	: 4,775 m ³
Diameter	: 1,8254 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 1.985,53

17). Tangki Larutan NaCl

Fungsi	: Membuat larutan NaCl jenuh yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan NaCl	: 25,3014 ft ³ /hari.
Tinggi	: 1,0308 m
Volume	: 0,8597 m ³
Diameter	: 1,0308 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 709,77





18). Tangki Larutan NaOH

Fungsi	: Membuat larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi anion exchanger.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan NaOH	: 7,0282 t ³ /hari.
Tinggi	: 0,6726 m
Volume	: 0,2388 m ³
Diameter	: 0,6726 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 329,10

19). Tangki Larutan Na₂SO₄

Fungsi	: Melarutkan Na ₂ SO ₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kebutuhan Na ₂ SO ₄	: 0,0574 kg/jam.
Tinggi	: 1,0809 m
Volume	: 0,9914 m ³
Diameter	: 1,0809 m
Jumlah	: 1
Harga	: US \$ 773,11

20). Tangki Larutan N₂H₄

Fungsi	: Melarutkan N ₂ H ₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses.
--------	---



Jenis : Tangki silinder tegak

Kebutuhan N_2H_4 : 0,0574 kg/jam.

Tinggi : 1,0809 m

Volume : 0,9914 m³

Diameter : 1,0809 m

Jumlah : 1

Harga : US \$ 773,11

21). Boiler

Fungsi : Memproduksi steam jenuh pada suhu 248°F dan tekanan 14.7 Psi.

Jenis : *Fire tube* boiler, tangki silinder tegak.

Kebutuhan steam : 4249,7793 kg/jam.

Tinggi : 3,8888 m

Volume : 46,1662 m³

Diameter : 3,8888 m

Jumlah : 1

Harga : US \$ 58.937,67

22). Pompa (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan air dari sungai ke bak pengendap

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 123,35 gpm

Head : 11,85 m



Efisiensi pompa : 83 %
Power motor : 5 Hp
Harga : US \$ 843,56

23). Pompa (PU-02)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap ke Flokulator
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 123,35 gpm
Head : 10,4 m
Efisiensi pompa : 83 %
Power motor : 5 Hp
Harga : US \$ 843,56

24). Pompa (PU-03)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak Flokulator ke Clarifier
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 123,35 gpm
Head : 10,4 m
Efisiensi pompa : 83 %
Power motor : 5 Hp
Harga : US \$ 843,56

25). Pompa (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan air dari clarifier ke bak saringan pasir



Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 123,35 gpm

Head : 10,45 m

Efisiensi pompa : 83 %

Power motor : 5 Hp

Harga : US \$ 843,56

26). Pompa (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak saringan pasir ke bak penampung air bersih

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 123,35 gpm

Head : 10,48 m

Efisiensi pompa : 83 %

Power motor : 5 Hp

Harga : US \$ 843,56

27). Pompa (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke bak penampung air kantor dan RT

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 17,51 gpm



Head : 10,14 m
Efisiensi pompa : 80 %
Power motor : 1 Hp
Harga : US \$ 261,46

28). Pompa (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih ke bak air pendingin
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 86,22 gpm
Head : 10,73 m
Efisiensi pompa : 82 %
Power motor : 3 Hp
Harga : US \$ 680,45

29). Pompa (PU-08)

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari Cooler-01 ke Cooling Tower
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 144,03 gpm
Head : 11,51 m
Efisiensi pompa : 83 %
Power motor : 5 Hp



Harga : US \$ 925,77

30). Pompa (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari Cooler-02 ke Cooling Tower

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 17,13 gpm

Head : 10,59 m

Efisiensi pompa : 80 %

Power motor : 1 Hp

Harga : US \$ 258,04

31). Pompa (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari condensor-01 ke Cooling tower

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 269,92 gpm

Head : 10,74 m

Efisiensi pompa : 84 %

Power motor : 7,5 Hp

Harga : US \$ 1.349,49



32). Pompa (PU-11)

Fungsi	: Mengalirkan air pendingin dari cooling tower ke bak penampung air pendingin
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 86,22 gpm
Head	: 10,63 m
Efisiensi pompa	: 82 %
Power motor	: 3 Hp
Harga	: US \$ 680,45

33). Pompa (PU-12)

Fungsi	: Mengalirkan air pendingin dari bak penampung air pendingin ke Cooler 01
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 144,03 gpm
Head	: 11,51 m
Efisiensi pompa	: 83 %
Power motor	: 5 Hp
Harga	: US \$ 925,77

34). Pompa (PU-13)

Fungsi	: Mengalirkan air pendingin dari bak penampung air pendingin ke Cooler-02
--------	---



Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 17,13 gpm

Head : 10,59 m

Efisiensi pompa : 80 %

Power motor : 1 Hp

Harga : US \$ 258,04

35). Pompa (PU-14)

Fungsi : Mengalirkan air pendingin dari bak penampung air pendingin ke Condenser 01

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 269,92 gpm

Head : 10,74 m

Efisiensi pompa : 84 %

Power motor : 7,5 Hp

Harga : US \$ 1.349,49

36). Pompa (PU-15)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampungan air bersih ke kation exchanger

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 8,42 gpm

Ragaya Abd. R. Balafiq (03521085)

Riza Dwi Putri Nuzanti (03521095)



Head : 10,72 m
Efisiensi pompa : 80 %
Power motor : 0,5 Hp
Harga : US \$ 168,51

37). Pompa (PU-16)

Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 8,42 gpm
Head : 10,72 m
Efisiensi pompa : 80 %
Power motor : 0,5 Hp
Harga : US \$ 168,51

38). Pompa (PU-17)

Fungsi : Mengalirkan air dari anion exchanger ke Tangki deaerator
Jenis : Pompa sentrifugal
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 8,42 gpm
Head : 10,72 m
Efisiensi pompa : 80 %
Power motor : 0,5 Hp
Harga : US \$ 168,51



39). Pompa (PU-18)

Fungsi	: Mengalirkan air tangki deaerator ke umpan boiler
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 8,42 gpm
Head	: 10,72 m
Efisiensi pompa	: 80 %
Power motor	: 0,5 Hp
Harga	: US \$ 168,51

40). Pompa (PU-19)

Fungsi	: Mengalirkan air dari penampung kondensat ke penampung umpan boiler
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 18,7 gpm
Head	: 10,16 m
Efisiensi pompa	: 80 %
Power motor	: 1 Hp
Harga	: US \$ 271,98

41). Pompa (PU-20)

Fungsi	: Mengalirkan air dari penampung umpan boiler ke boiler
Jenis	: Pompa sentrifugal
Jumlah	: 1 buah



Kapasitas	: 23,38 gpm
Head	: 10,23 m
Efisiensi pompa	: 80 %
Power motor	: 1,5 Hp
Harga	: US \$ 310,98

3.3 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud dengan factor eksternal adalah factor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedang factor internal adalah kemampuan pabrik.

3.3.1 Faktor Eksternal (Kemampuan pasar)

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan :

- 1) Kemungkinan pertama yaitu bila kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- 2) Kemungkinan kedua yaitu bila kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Bila yang terjadi adalah kemungkinan kedua maka ada tiga alternatif yang dapat diambil yaitu :



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

3.3.2 Faktor Internal (Kemampuan pabrik)

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain, yaitu material/bahan baku, manusia, dan mesin peralatan.

1) Material (bahan baku)

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

2) Manusia (tenaga kerja)

Jika tenaga kerja kurang terampil maka akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu diperlukan pelatihan pada karyawan agar keterampilan meningkat.

3) Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.