

## VI. UTILITAS

### A. Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas merupakan sarana penunjang proses yang diperlukan pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, kukus (*steam*), dan listrik. Penyediaan utilitas dapat dilakukan secara langsung dimana utilitas diproduksi di dalam pabrik tersebut, atau secara tidak langsung yang diperoleh dari pembelian ke perusahaan-perusahaan yang menjualnya.

Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik *Vinyl Chloride Monomer* antara lain:

#### 1. Unit penyediaan air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut :

##### a. Air untuk penyediaan umum dan sanitasi

Air untuk keperluan umum adalah air yang dibutuhkan untuk sarana dalam pemenuhan kebutuhan pegawai seperti untuk mandi, cuci, kakus (MCK) dan untuk kebutuhan kantor lainnya, serta kebutuhan rumah tangga. Air sanitasi diperlukan untuk pencucian atau pembersihan peralatan pabrik, utilitas, laboratorium dan lainnya.

Beberapa persyaratan untuk air sanitasi adalah sebagai berikut :

1. Syarat fisis; di bawah suhu kamar, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau, tingkat kekeruhan  $< 1 \text{ mg SiO}_2/\text{Liter}$ .
2. Syarat kimia; tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air, logam-logam berat lainnya yang beracun.
3. Syarat biologis (bakteriologis); tidak mengandung kuman/bakteri terutama bakteri patogen.

Air yang diperlukan untuk keperluan umum ini adalah sebesar :

**Tabel 6.1. Air untuk Keperluan Umum**

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Air untuk karyawan & kantor = 10 L/orang/hari Jadi untuk 143 orang diperlukan air sejumlah	1,43	m <sup>3</sup> /hari
2	Air untuk perumahan karyawan : a. Mess pabrik : 15 rumah b. Mess dihuni 4 orang : 100 L/hari.mess Total untuk mess : 12.000 L/hari	12	m <sup>3</sup> /hari
3	Air Untuk Laboratorium dan bengkel diperkirakan sejumlah	9,3	m <sup>3</sup> /hari
4	Air Untuk Kebersihan dan Pertamanan	5	m <sup>3</sup> /hari
		27,7	m <sup>3</sup> /hari
		1,154	m <sup>3</sup> /jam
5	Air Untuk Pembersihan alat: <i>Backwash membran:</i>	483,43	kg/jam
	<i>Backwash dan Pembilasan cation exchanger:</i>	392,049	kg/jam
	<i>Backwash dan pembilasan anion exchanger:</i>	392,049	kg/jam
		935,6	kg/jam
		3,31	m <sup>3</sup> /jam
	<b>Jumlah kebutuhan</b>	<b>2,43</b>	<b>m<sup>3</sup>/jam</b>
	<b>Total</b>	<b>2.421,4</b>	<b>Kg/jam</b>

b. Air pendingin

Air pendingin yang digunakan adalah air laut yang diperoleh dari Laut Selat Sunda yang letaknya cukup dekat dengan pabrik. Air pendingin merupakan air yang diperlukan untuk proses-proses pertukaran/perpindahan panas dalam *heat exchanger* dengan tujuan untuk memindahkan panas suatu zat di dalam aliran ke dalam air.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyediaan air pendingin adalah:

- Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya *scale* (kerak) pada sistem perpipaan.
- Mikroorganisme seperti bakteri, plankton yang tinggal dalam air sungai, berkembang dan tumbuh, sehingga menyebabkan *fouling* alat *heat exchanger*.
- Besi, yang dapat menimbulkan korosi
- Minyak, yang merupakan penyebab terganggunya *film corrosion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient*, dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan.

Kualitas standar air pendingin yaitu :

- *Ca hardness* sebagai  $\text{CaCO}_3$  : < 150 ppm
- *Mg hardness* sebagai  $\text{MgCO}_3$ : < 100 ppm
- Silika sebagai  $\text{SiO}_2$  : < 200 ppm
- Turbiditas : < 10

- $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  : < 1000 ppm
- pH : 6 – 8
- $\text{Ca}^{2+}$  : max. 300 ppm
- Silika : max. 150 ppm
- TDS : max 2500 ppm

Total air pendingin yang diperlukan sebesar 456.227,7 kg/jam.

Peralatan yang menggunakan air pendingin tersebut dapat dilihat pada berikut :

**Tabel 6.2. Peralatan yang Membutuhkan Air Pendingin**

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Cooler 202	207.300,31	kg/jam
2	Cooler 303	79.610,46	kg/jam
3	Condensor 301	24.467,09	kg/jam
4	Condenser 303	76.310,24	kg/jam
5	Condenser 202	68.515,20	kg/jam
<b>Jumlah Kebutuhan</b>		<b>456.227,7</b>	<b>kg/jam</b>
<b>Recovery 90%</b>		<b>410.604,93</b>	<b>kg/jam</b>
<b>Make up 10%</b>		<b>150.343,48</b>	<b>kg/jam</b>

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan dari suhu 50°C menjadi 30°C, untuk dapat digunakan lagi sebagai air untuk proses pendinginan pada alat pertukaran panas dari alat yang membutuhkan pendinginan.

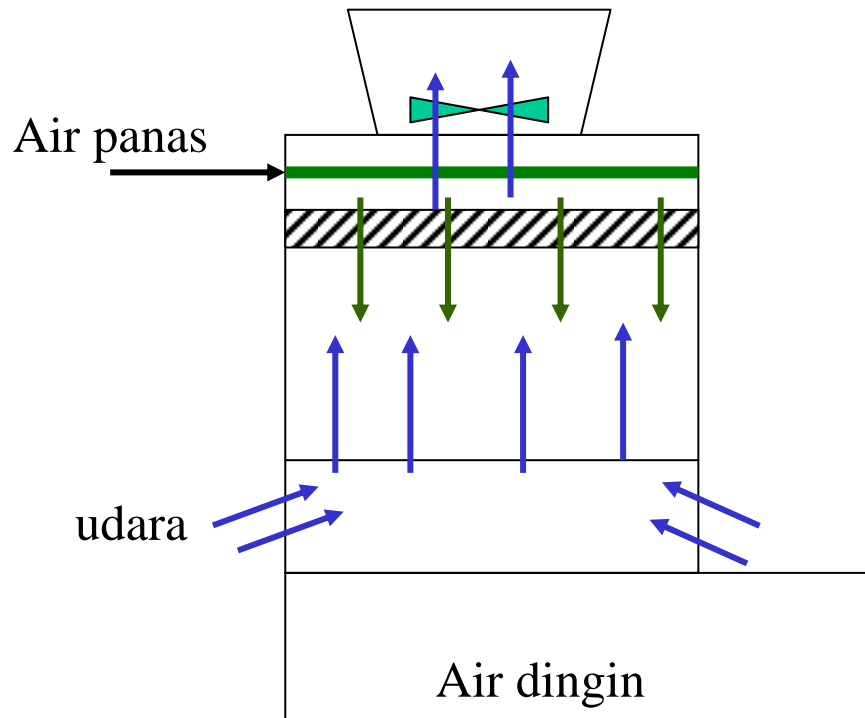
Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi di dalam *cooling tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air *make up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang. Maka *water make up* untuk *cooling tower* sebesar 150.343,48 kg/jam.

Sistem air pendingin terutama terdiri dari *cooling tower* dan basin, pompa air pendingin untuk peralatan proses, sistem injeksi bahan kimia, dan *induce draft fan*. Sistem injeksi bahan kimia disediakan untuk mengolah air pendingin untuk mencegah korosi, mencegah terbentuknya kerak dan pembentukan lumpur diperalatan proses, karena akan menghambat atau menurunkan kapasitas perpindahan panas.

Pengolahan air pada *cooling tower* dilakukan dengan menginjeksikan zat kimia, yaitu:

- *Scale inhibitor*, berupa *dispersant* yang berfungsi untuk mencegah pembentukan kerak pada peralatan yang disebabkan oleh senyawa-senyawa terlarut.
- *Corrosion inhibitor*, berupa natrium posfat yang berfungsi untuk mencegah korosi pada peralatan.

Sistem resirkulasi yang dipergunakan bagi air pendingin ini adalah sistem terbuka. Sistem ini akan memungkinkan berbagai penghematan dalam hal biaya penyediaan utilitas khususnya untuk air pendingin. Udara bebas akan digunakan sebagai pendingin dari air panas yang terbentuk sebagai produk dari proses perpindahan panas.

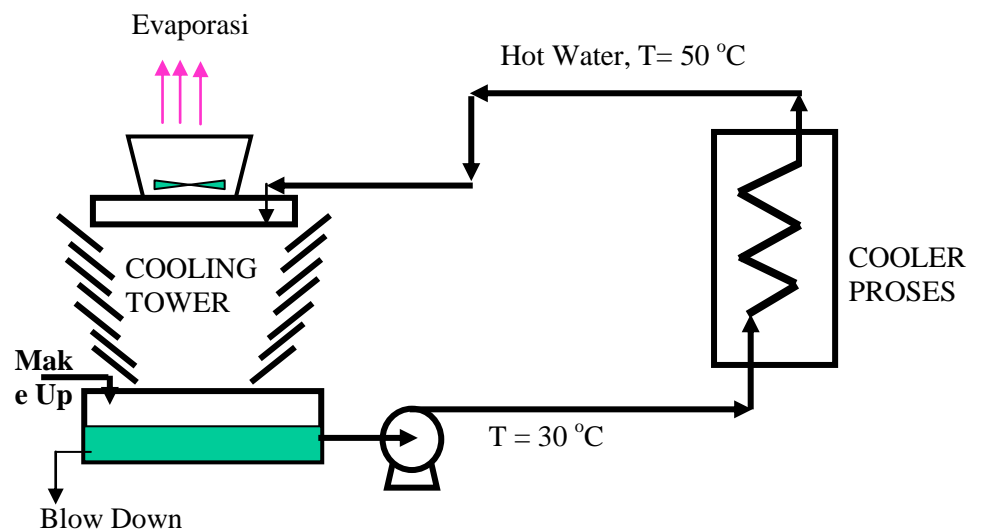


**Gambar 6.1. Cooling Tower**

Proses pendinginan di *cooling tower* :

- *Cooling Water* yang telah menyerap panas proses pabrik dialirkan kembali ke *Cooling Tower* untuk didinginkan.
- Air dialirkan ke bagian atas *Cooling Tower* kemudian dijatuhkan ke bawah dan akan kontak dengan aliran udara yang dihisap oleh *Induce Draft (ID) Fan*.

- Akibat kontak dengan aliran udara terjadi proses pengambilan panas dari air oleh udara dan juga terjadi proses penguapan sebagian air dengan melepas panas laten yang akan mendinginkan air yang jatuh ke bawah.
- Air yang telah menjadi dingin tersebut dapat ditampung di Basin dan dapat dipergunakan kembali sebagai cooling water
- Air dingin dari Basin dikirim kembali untuk mendinginkan proses di pabrik menggunakan pompa sirkulasi Cooling water.
- Pada proses pendinginan di cooling tower sebagian air akan menguap dengan mengambil panas laten, oleh karena itu harus ditambahkan air *make-up* dari *Water Treatment Plant*.



**Gambar 6.2. Diagram Cooling Water System**

c. Air umpan *boiler*

Air ini digunakan sebagai umpan *boiler* yang akan memproduksi *steam*. *Steam* jenuh yang dihasilkan *boiler* merupakan *steam* memiliki suhu 294,59°C dengan tekanan 7.889,7 kPa.

Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan steam dapat dilihat pada berikut ini :

**Tabel 6.3. Peralatan yang Membutuhkan Steam**

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Vaporizer (VAP-101)	4.040,04	kg/jam
2	Reboiler (RB-301)	5.377,74	kg/jam
3	Reboiler (RB-302)	6.440,30	kg/jam
4	Heater (HE-301)	177,73	kg/jam
<b>Jumlah kebutuhan</b>		<b>16.530,39</b>	<b>kg/jam</b>
<b>Make up, 10%</b>		<b>1.653,9</b>	<b>kg/jam</b>

Persyaratan umum air umpan *boiler* adalah :

- Kandungan silika = 0,01 ppm maksimum
- Konduktivitas = 1 (  $\mu\text{s/cm}$  )
- O<sub>2</sub> terlarut kurang dari 10 ppm
- pH : 8,8 – 9,2

Proses pengolahan air umpan *boiler*

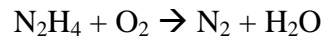
- Air demin sebelum menjadi air umpan *boiler* harus dihilangkan dulu gas-gas terlarutnya terutama oksigen dan CO<sub>2</sub> melalui proses deaerasi.
- Oksigen dan CO<sub>2</sub> dapat menyebabkan korosi pada perpipaan dan *tube-tube boiler*.
- Proses deaerasi dilakukan dalam *daerator* dalam 2 tahap

Mekanis : proses *stripping* dengan steam LS  
dapat menghilangkan Oksigen sampai 0.007 ppm

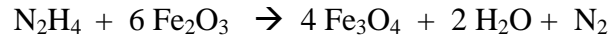
Kimia : reaksi dengan N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (hydrazine) dapat



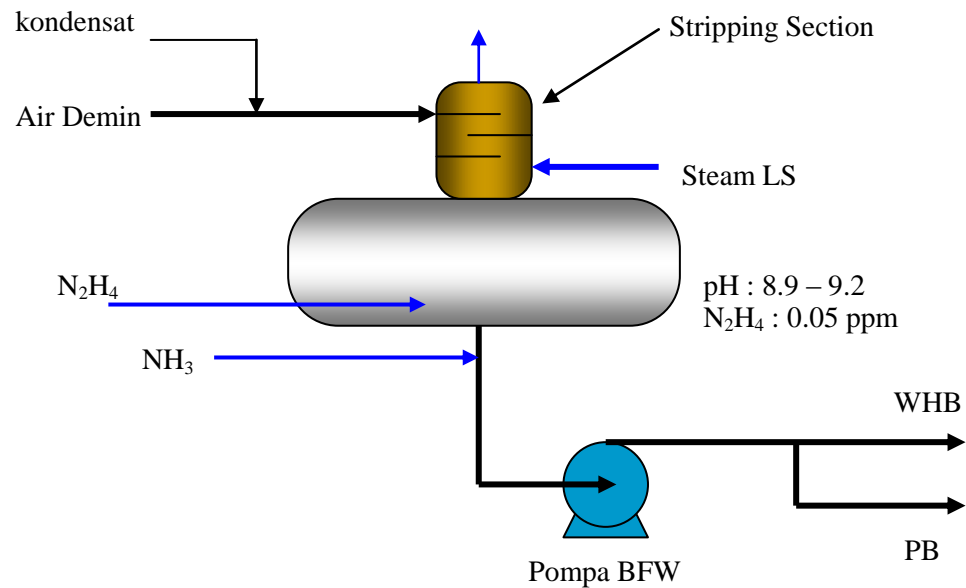
menghilangkan sisa oksigen



$\text{N}_2\text{H}_4$  juga bereaksi dengan besi:



- Proses Deaerasi
  - Air demin + kondensat dihilangkan kandungan  $\text{O}_2$  dan gas-gas terlarut ( $\text{CO}_2$ ) melalui proses *stripping* dengan LS dan reaksi dengan *Hydrazine* ( $\text{N}_2\text{H}_4$ )
  - pH dinaikkan menjadi 9.0 dengan injeksi  $\text{NH}_3$
  - Keluaran *deaerator* disebut *Boiler Feed Water* (BFW)



**Gambar. 6.3. Deaerator**

Secara keseluruhan, total kebutuhan air adalah sebanyak 169.967,63 kg/jam, dengan perincian sebagai berikut :

**Tabel 6.4. Kebutuhan Air Pabrik**

<b>Penggunaan</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
Air keperluan umum	2.421,4
Air untuk pembangkit steam	1.653,9
Air pendingin	150.343,48
Air Proses	15.699,18
<b>Total</b>	<b>169.967,63</b>

Air yang digunakan dalam pabrik ini, seperti air proses, air umpan boiler, air pendingin dan lainnya diperoleh dari air laut. Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan kebutuhan dilakukan pengolahan dengan beberapa tahap. Pengolahan yang dilakukan setelah pemompaan dari sungai adalah penyaringan, desinfektasi, desalinasi, demineralisasi, dan deaerasi.

### **Penyaringan**

Bahan baku air diambil dari air laut. Air laut dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. *Screen* dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air.

Pada *discharge* pompa di injeksikan klorin sejumlah 1,7 ppm. Jumlah ini memenuhi untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah perkembangbiakannya pada proses perkembangbiakannya.

### Desalinasi

Air laut adalah air murni yang didalamnya larut berbagai zat padat dan gas. Zat terlarut meliputi garam organik, gas terlarut dan garam – garam anorganik yang berwujud ion – ion. Pada laut selat sunda, air laut mengandung 3,5% garam. Banyaknya kandungan garam pada air laut mengharuskan adanya proses desalinasi. Desalinasi adalah proses yang menghilangkan kadar garam berlebih dalam air laut untuk mendapatkan air yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari – hari. Metode yang digunakan dalam desalinasi adalah metode *reverse osmosis* yang telah banyak digunakan di berbagai industri. Metode ini menggunakan membran semipermeabel yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan sifat fisiknya. Hasil pemisahan berupa *retentate* atau disebut konsentrat (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan *permeate* (bagian dari campuran yang melewati membran). Proses pemisahan pada membran merupakan perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong berupa perbedaan tekanan.

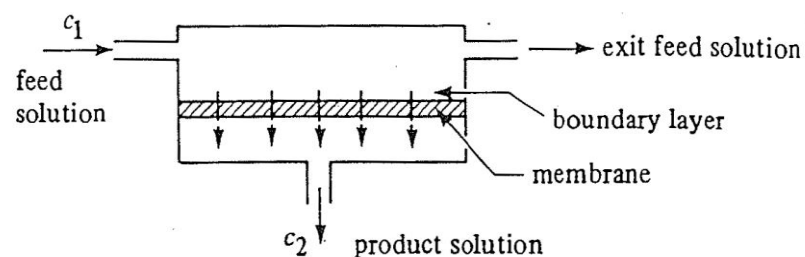


FIGURE 13.9-3. Process flow diagram of experimental reverse-osmosis laboratory unit.

### **Demineralisasi**

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air umpan ketel (*boiler feed water*) untuk membangkitkan steam suhu 294,59°C dengan tekanan 7.889,7 kPa.

Untuk keperluan air umpan boiler, tidak cukup hanya air bersih, oleh karenanya air tersebut masih perlu diperlakukan lebih lanjut yaitu penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut.

Garam terlarut di dalam air berikatan dalam bentuk ion positif (*cation*) dan negatif (*anion*). Ion-ion tersebut dihilangkan dengan cara pertukaran ion di alat Penukar Ion (*Ion Exchanger*).

Mula-mula air bersih (*Filtered Water*) dialirkan ke *Cation Exchanger* yang diisi resin *cation* yang akan mengikat *cation* dan melepaskan ion  $H^+$ . Selanjutnya air mengalir ke *Anion Exchanger* dimana anion dalam air bertukar dengan ion  $OH^-$  dari resin anion.

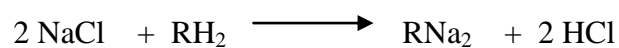
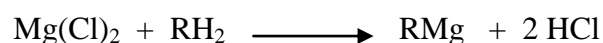
Air keluar dari *Anion Exchanger* hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan di tanki penyimpanan (*Demin Water Storage*).

Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan untuk pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat cation/ anion secara optimal. Untuk itu perlu dilakukan penyegaran/ pengaktifan kembali dengan cara regenerasi.

Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Resin *cation* diregenerasi menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sedangkan resin anion menggunakan larutan  $\text{NaOH}$ .

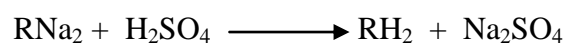
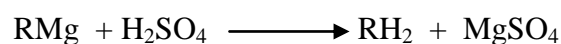
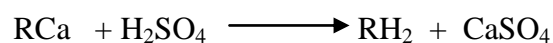
Reaksi yang terjadi di ion *exchanger* :

- *Cation exchanger*

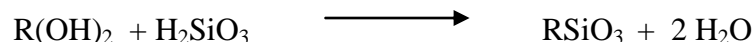
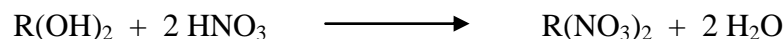


Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4 %.

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :

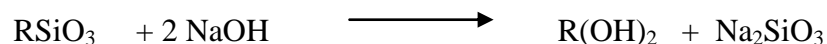
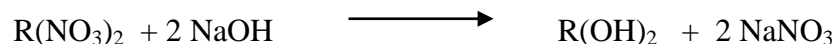
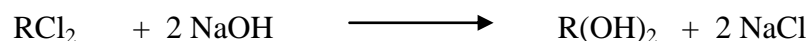
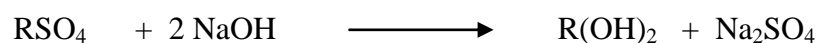


- *Anion exchanger*



Apabila resin sudah jenuh dilakukan dengan pencucian menggunakan larutan NaOH 40 %.

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :



## 2. Penyediaan *Steam*

Sistem penyediaan steam terdiri dari deaerator dan boiler. Proses deaerasi terjadi dalam deaerator berfungsi untuk membebaskan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray*, *sparger* yang berkontak secara *couenter current* dengan steam. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung dalam drum dari deaerator. Deaerator memiliki waktu tinggal 15 menit. Larutan hidrazin diinjeksikan ke dalam deaerator untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air bebas mineral dengan reaksi:



Kandungan oksigen keluar dari deaerator didesain tidak lebih besar dari 0,007 ppm.

Pembentukan steam terjadi di dalam boiler. Untuk pabrik *vinyl chloride monomer* suhu 294,59°C dengan tekanan 7.889,7 kPa. Jenis boiler yang digunakan adalah *fire tube boiler* dengan air umpan boiler melalui *tube* dan terjadi pembentukan steam pada *tube*.

### 3. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik disuplai dari PLTU Suralaya dan generator. Generator tersebut digerakkan oleh turbin uap, dimana menggunakan *steam* yang dihasilkan dari *boiler*. Generator yang digunakan adalah generator bolak balik atas dasar pertimbangan sebagai berikut :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.

Kebutuhan listrik total sebesar 1.027,4 kW

### 4. Sistem Penyediaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair yaitu solar (untuk generator) dan fuel oil (untuk boiler) yang diperoleh dari PERTAMINA atau distribusinya.

Pemilihan didasarkan pada pertimbangan bahan bakar cair:

- mudah didapat
- tersedia secara kontinyu
- mudah dalam penyimpanannya

kebutuhan bahan bakar :

Solar = 6,333 liter/jam

Fuel oil = 123.411,8 liter/jam

## 5. Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit penyediaan udara tekan digunakan untuk menjalankan instrumentasi seperti untuk menggerakkan *control valve* serta untuk pembersihan peralatan pabrik. Udara instrumen bersumber dari udara di lingkungan pabrik, hanya saja udara tersebut harus dinaikkan tekanannya dengan menggunakan *compressor*. Untuk memenuhi kebutuhan digunakan *compressor* dan didistribusikan melalui pipa-pipa.

## B. Pengolahan Limbah

Beberapa limbah yang dihasilkan dari pabrik *Vinyl Chloride Monomer* sebagai berikut:

### a. Air buangan sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik, pencucian, dan dapur dapat langsung dibuang ke pembuangan umum,



sedangkan kotoran yang berasal dari toilet dibuang ke tempat pembuangan khusus *septic tank*.

b. Air buangan dari peralatan proses

Air buangan ini mengandung bahan organik yang mungkin disebabkan oleh:

- Kebocoran dari suatu peralatan.
- Kebocoran karena tumpah pada saat pengisian.
- Pencucian atau perbaikan peralatan.

Air buangan yang mengandung bahan organik dilakukan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Larutan organik di bagian atas dialirkan ke tungku pembakaran, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, yang kemudian dapat dibuang ke pembuangan umum.

### **C. Laboratorium**

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium maka proses produksi akan selalu dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Disamping itu juga berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan.

Laboratorium mempunyai tugas pokok antara lain :

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku dan pengendali kualitas produk.
2. Sebagai pengendali terhadap proses produksi dengan melakukan analisis terhadap pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
3. Sebagai pengendali terhadap mutu air proses, air pendingin, air umpan *Boiler*, *Steam*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium melaksanakan tugas selama 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

a. Kelompok Non-*Shift*

Kelompok ini bertugas melakukan analisis khusus, yaitu Analisis yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan *reagen* kimia yang diperlukan oleh laboratorium. Dalam membantu kelancaran kinerja kelompok *shift*, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas-tugas antara lain :

- Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.
- Melakukan Analisis bahan buangan penyebab polusi.
- Melakukan penelitian/percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

b. Kelompok *Shift*

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisis-analisis rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya, kelompok ini

menggunakan sistem bergilir yaitu kerja *shift* selama 24 jam dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam.

Dalam pelaksanaan tugasnya, seksi laboratorium dikelompokkan menjadi :

a. Laboratorium Fisika

Bagian ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk. Pengamatan yang dilakukan antara lain : *spesifik gravity*, viskositas kinematik dan kandungan air

b. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat-sifat kimianya.

Analisis yang dilakukan antara lain :

- Kadar impurities pada bahan baku
- Kandungan logam berat
- Kandungan metal

c. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya :

- Diversifikasi produk
- Pemeliharaan lingkungan (pembersihan air buangan).

Disamping mengadakan penelitian rutin, laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non-rutin, misalnya saja penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasanya dilakukan penelitian, guna mendapatkan alternatif lain tentang penggunaan bahan baku.

d. Laboratorium Analisis Air

Pada laboratorium Analisis air ini yang di analisis antara lain :

1. Bahan baku air
2. Air demineralisasi
3. Air pendingin
4. Air umpan *boiler*

Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, kadar minyak, sulfat, silika dan konduktivitas air.

Alat- alat yang digunakan dalam laboratorium Analisis air adalah :

- pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman / kebasaan.
- Spektrometer, untuk menentukan konsentersasi suatu senyawa terlarut dalam air dengan syarat larutan harus berwarna.
- *Spectroscopy*, untuk menentukan kadar sulfat.
- *Gravimetric*, untuk mengetahui jumlah kandungan padatan dalam air.
- Peralatan titrasi , untuk mengetahui kandungan klorida, kasadahan dan alkalinitas.
- *Conductivity meter* , untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Air terdeminerasasi yang dihasilkan unit terdemineralizer juga diuji oleh departemen ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat ( $\text{SiO}_2$ ). Sedangkan parameter air umpan *boiler* yang dianalisis antara lain kadar hidrazin, amonia dan ion fosfat.

e. Alat Analisis

Alat Analisis yang digunakan :

- *Water Content Tester*, untuk menganalisis kadar air dalam produk.
- *Viskometer Bath*, untuk mengukur viskositas produk keluar reaktor.
- *Hydrometer*, untuk mengukur *specific gravity*.

#### D. Instrumentasi dan Pengendalian Proses

Dalam pengoperasian dan pengendalian alat-alat proses, diperlukan sistem instrumentasi yang dapat mengukur, mengindikasikan, dan mencatat variabel-variabel proses. Variabel proses itu antara lain temperatur, tekanan, laju alir, dan ketinggian. Pengendalian alat-alat proses dipusatkan di ruang kendali, walaupun dapat pula dilakukan langsung di lapangan. Pengendalian terhadap kualitas bahan baku dan produk dilakukan di laboratorium pabrik.

Sistem pengendalian di pabrik *caprolactam* ini menggunakan *Distributed Control System (DCS)*. Sistem ini mempergunakan komputer mikroprosesor yang membagi aplikasi besar menjadi sub-sub yang lebih kecil. Data yang diperoleh dari elemen-elemen sensor diolah dan disimpan. Pengendalian dilakukan dalam *Programmable Logic Controller* dengan cara mengubah data-data tersebut menjadi sinyal elektrik untuk pembukaan atau penutupan *valve-valve*. Untuk melakukan perhitungan matematis yang rumit dan kompleks dibutuhkan *Supervisor Control System (SCS)*.

Beberapa kemampuan yang dimiliki oleh SCS adalah :

1. Kalkulasi termodinamik.
2. Prediksi sifat/komposisi produk dan kontrol.

3. Menyimpan data dalam jangka waktu yang panjang.

Model hierarki pengendalian meliputi empat tingkat kebutuhan informasi dan sistem pengendalian. *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) dicapai dengan pengkoordinasian dan penggunaan secara efektif aliran informasi melalui seluruh tingkatan.

Keempat tingkatan ini diperlihatkan pada Tabel 6.5.

**Tabel 6.5. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.**

Tingkatan	Fungsi
1. <i>Regulatory and Sequential Control</i>	Memantau, mengendalikan, dan mengatur berbagai aktuator dan perangkat lapangan yang berhubungan langsung dengan proses. - Mengkoordinasikan kegiatan satu atau lebih DCS
2. <i>Supervisory Control System</i>	- Menyediakan plantwide summary dan <i>plantwide process overview</i> .
3. Sistem informasi yang dibutuhkan oleh <i>Local Plant Management</i>	Pengaturan operasi hari ke hari, seperti penjadwalan produk, pemantauan operasi, laboratorium jaminan kualitas, akumulasi data produksi – biaya, dan <i>tracking shipment</i> .
4. <i>Management Information System</i>	Mengkoordinasikan informasi keuangan, penjualan, dan pengembangan produk pada tingkat perusahaan.

Pengendalian terhadap variabel proses dilakukan dengan sistem pengendali elektronik. Variabel-variabel yang dikendalikan berupa temperatur, tekanan, laju alir dan level cairan.

Pengendalian variabel utama proses tercantum pada Tabel 6.6.

**Tabel 6.6. Pengendalian Variabel Utama Proses.**

No.	Variabel	Alat Ukur
1.	Temperatur	Termokopel
2.	Tekanan	<i>Pressure gauge</i>
3.	Laju Alir	<i>Orificemeter, venturimeter, vortexcoriolismeter</i>
4.	Level cairan	<i>Float level device</i>