VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

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, *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 *Linear Low Density Polyethylene* 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 mg SiO_2/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 :

- Air untuk kantor

  Kebutuhan air untuk karyawan = 40 liter/org/hr

  Air untuk kebutuhan karyawan = 170 org x 40 liter/org/hari

  = 6800 liter/hari = 6,8 m^3/hari

  = 282,1 kg/jam

- Air untuk perumahan dan sanitasi

  Jumlah rumah = 60 rumah

  Setiap rumah dihuni oleh = 4 orang

  Kebutuhan air = 250 liter/orang/hari

  Total kebutuhan air = 60 × 4 × 250

  = 60000 liter/hari = 60 m^3/hari

  = 2489,2 kg/jam

- Air untuk laboratorium

  Air untuk keperluan ini diperkirakan = 2,5 m^3/hari = 103,7 kg/jam

- Air untuk pertamanan dan kebersihan

  Air untuk keperluan ini diperkirakan = 10 m^3/hari = 414,87kg/jam

- Air untuk pemadam kebakaran

  Air untuk keperluan ini diperkirakan = 48 m^3/hari = 1991,4 kg/jam

Sehingga total kebutuhan air untuk keperluan umum sebesar

Air keperluan umum = 5281,3 kg/jam

b. Air pendingin

Air pendingin yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari Sungai Sekampung 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 corossion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient*, dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan.

Kualitas standar air pendingin yaitu :

- Ca *hardness* sebagai $CaCO_3$: < 150 ppm
- Mg *hardness* sebagai $MgCO_3$: < 100 ppm
- Silika sebagai SiO_2 : < 200 ppm
- Turbiditas : < 10
- Cl^- dan SO_4^{2-} : < 1000 ppm
- pH : 6 – 8
- Ca^{2+} : max. 300 ppm
- Silika : max. 150 ppm
- TDS : max 2500 ppm

Total air pendingin yang diperlukan sebesar 113337,6 kg/jam.

Peralatan yang menggunakan air pendingin tersebut dapat dilihat pada Tabel. 6.1 berikut :

Tabel 6.1. Peralatan yang Membutuhkan Air Pendingin

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Heat Exchanger 02 (Cooler)	23.986,3
Pelleter	89.351,3
Total	**113.337,6**
Make-up 20 %	22.667,5

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan dari suhu 44°C menjadi 30°C, untuk dapat digunakan lagi sebagai air untuk proses pendinginan pada alat pertukaran panas dari alat yang membutuhkan pendinginan.

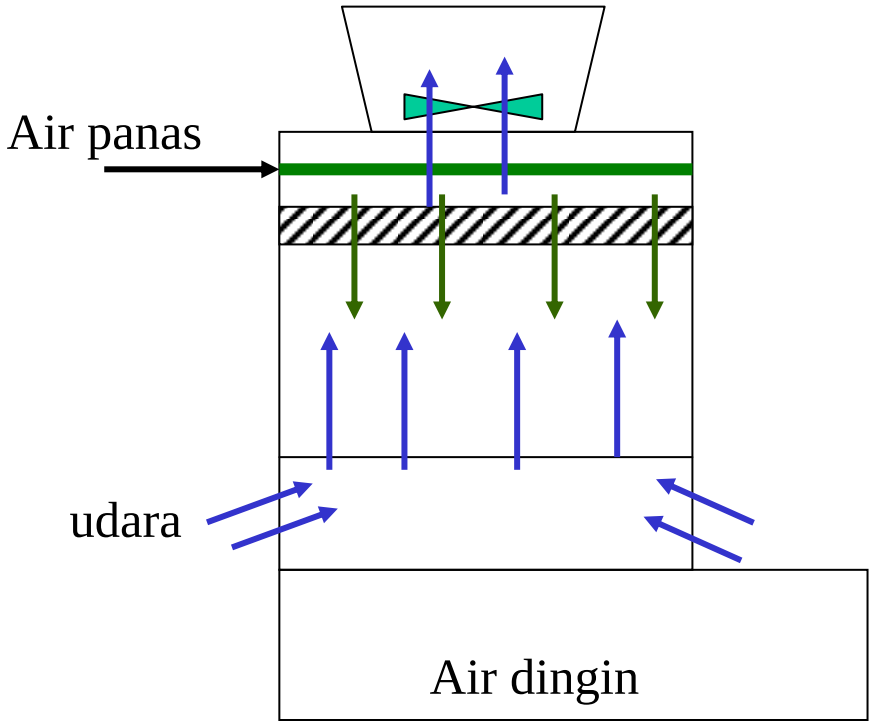
Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi di dalam *cooling tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air *make* up yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang. Maka *water make up* untuk *cooling tower* sebesar 22.667,5 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.

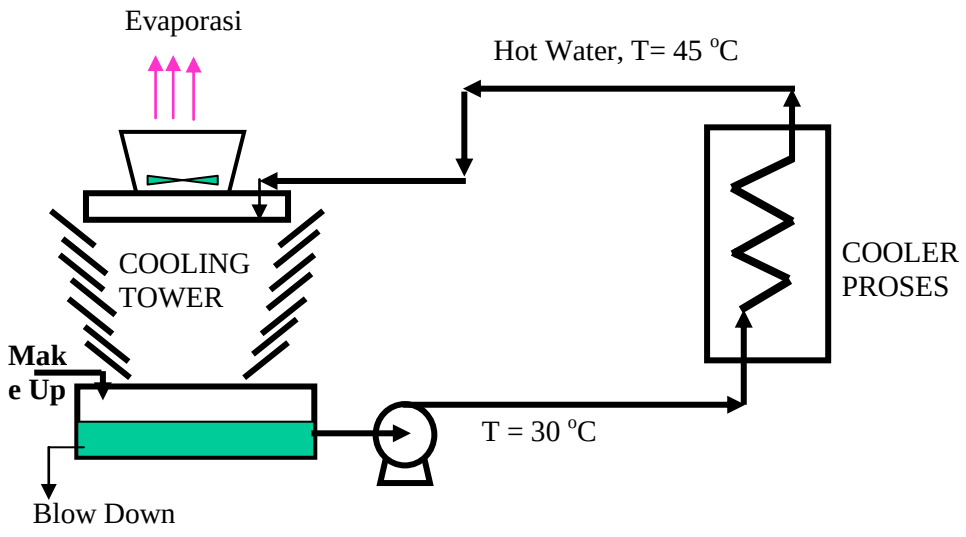
Sistem resirkulasi yang dipergunakan bagi air pendingin ini adalah sistem terbuka. Sistem ini akan memungkinkan berbagai penghematan dalam hal biaya penyediaan utilitas khususnya untuk air pendingin. Udara bebas akan digunakan sebagai pendingin dari air panas yang terbentuk sebagai produk dari proses 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 100 ºC dengan tekanan 101,33 kPa.

Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan steam dapat dilihat pada Tabel 6.2.berikut ini :

Tabel 6.2.Peralatan yang Membutuhkan *Steam*

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Heat Exchanger 01(Heater)	795,5
Product Purge Bin	96,9
Ekstruder	48010,7
Total	**48903,1**

Persyaratan umum air umpan *boiler* adalah :

a. Kandungan silika = 0,01 ppm maksimum

b. Konduktivitas = 1 (μs/cm)

c. O_2 terlarut kurang dari 10 ppm

d. 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_2 melalui proses deaerasi.
- Oksigen dan CO_2 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_2H_4 (hydrazine) dapat

  menghilangkan sisa oksigen

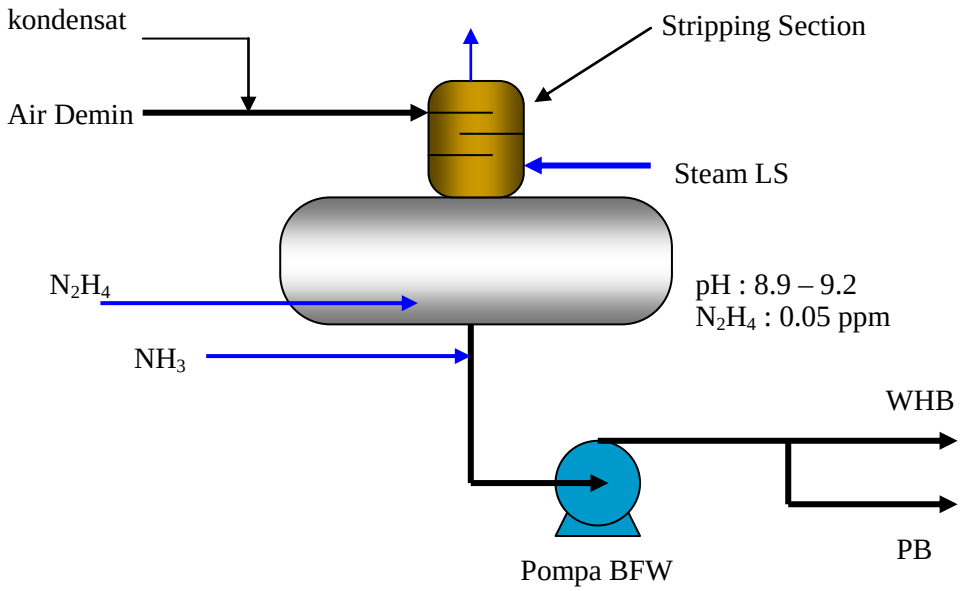
  $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$

  N_2H_4 juga bereaksi dengan besi:

  $N_2H_4 + 6\ Fe_2O_3 \rightarrow 4\ Fe_3O_4 + 2\ H_2O + N_2$

- Proses Deaerasi
  - Air demin + kondensat dihilangkan kandungan O_2 dan gas-gas terlarut (CO_2) melalui proses *stripping* dengan LS dan reaksi dengan *Hydrazine* (N_2H_4)
  - pH dinaikkan menjadi 9.0 dengan injeksi NH_3

– Keluaran *deaerator* disebut *Boiler Feed Water* (BFW)

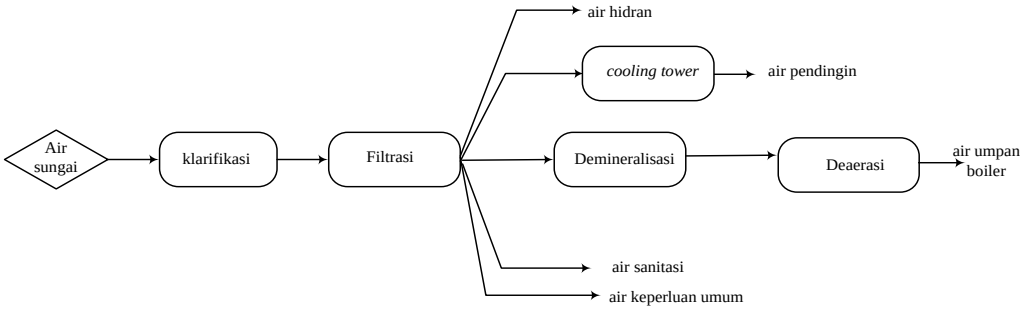


Gambar. 6.3. *Daerator*

Secara keseluruhan, total kebutuhan air adalah sebanyak 14753,08 m^3/hari.

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

Diagram alir pengolahan air adalah sebagai berikut :



Gambar 6.4. Diagram Alir Pengolahan Air

Penjernihan (*Clarification*)

Bahan baku air diambil dari air sungai. Air sungai 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.

Air masuk ke dalam bak sedimentasi untuk mengendapkan dan memisahkan lumpur yang mungkin terbawa, yang dapat menyebabkan gangguan *fouling* di dalam proses penyediaan air bebas mineral. Partikel yang besar dihilangkan dengan penyaringan, tetapi koloidal yang ada dilepas melalui proses klarifikasi dalam penetralan dan penggumpalan (*coagulation*) dan sebelum dikeluarkan dilakukan injeksi larutan alum, soda kaustik, dan klorin. Jumlah aliran bahan kimia yang masuk dikontrol secara otomatis sebanding dengan jumlah air yang masuk.

Semua air alam mengandung bermacam-macam jenis dan jumlah pengotor. Kotoran ini dapat digolongkan sebagai :

a. Padatan yang terlarut

   Zat-zat padat yang terlarut terdiri dari bermacam-macam komposisi mineral-mineral seperti kalsium karbonat, magnesium karbonat, kalsium sulfat, magnesium sulfat, silika, sodium klorida, sodium sulfat dan sejumlah kecil besi, mangan, florida, aluminium, dan lain-lain.

b. Gas-gas yang terlarut

   Gas-gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang, seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen dan CO_2.

c. Zat yang tersuspensi

   Dapat berupa kekeruhan (*turbidity*) yang terjadi dari bahan organik, mikro organik, tanah liat dan endapan lumpur, warna yang disebabkan oleh pembusukan tumbuh-tumbuhan, dan lapisan endapan mineral seperti minyak

Untuk menyempurnakan proses flokulasi dan penjernihan, digunakan bahan kimia koagulasi yaitu :

- Larutan Alum (aluminium sulfat)

  Berupa tepung berwarna putih, dapat larut dalam air, stabil dalam udara, tidak mudah terbakar, tidak dapat larut dalam alkohol dan dapat dengan cepat membentuk gumpalan. Alum berfungsi sebagai bahan penggumpal (*floculant*) untuk menjernihkan air. Pembentukan flok terbaik pada PH 6,5 – 7,5. Jumlah alum yang diinjeksikan sebanyak 0,06% dari air umpan dengan konsentrasi 26% volum.

- Soda kaustik (NaOH)

  Diinjeksikan untuk mengatur pH atau memberikan kondisi basa pada air sungai sehingga mempermudah pembentukan flok oleh alum karena air sungai cenderung bersifat asam. Jumlah soda abu yang diinjeksikan sebanyak 0,05% dari air umpan dengan konsentrasi 40% volum.

- Klorin

  Berfungsi untuk membunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme. Jumlah kaporit yang diinjeksikan sebanyak 1,2 % dari umpan dengan konsentrasi 30 % volum.

  Reaksi yang terjadi :

  $Al_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2\ Al(OH)_3 + 3\ CaSO_4 + 6\ CO_2$

  $Al_2(SO_4)_3 + 3\ Na_2CO_3 + 3\ H_2O \longrightarrow 2\ Al(OH)_3 + 3\ Na_2SO_4 + 3\ CO_2$

Proses koagulasi , flokulasi, dan penjernihan :

- Zat-zat pengotor dalam bentuk senyawa suspensi koloidal tersusun dari ion-ion bermuatan negatif yang saling tolak-menolak.
- Aluminium Sulfat dalam air akan larut membentuk ion Al^{3+} dan OH^- serta menghasilkan asam sulfat sebagai berikut:

  $Al_2(SO_4)_3 + 6\ H_2O \rightarrow 2\ Al^{3+} + 6\ OH^- + 3\ H_2SO_4$
- Ketika ion yang bermuatan positif dalam koagulan (Alum, Al^{3+}) bertemu / kontak dengan ion negatif tersebut pada kondisi pH tertentu maka akan terbentuk *floc* (butiran gelatin).
- Butiran partikel *floc* ini akan terus bertambah besar dan berat sehingga cenderung akan mengendap ke bawah.

- Pada proses pembentukan *floc*, pH cenderung turun (asam) karena terbentuk juga H_2SO_4. Untuk mengontrol pH, diinjeksikan NaOH.
- Untuk menjamin koagulasi yang efisien pada dosis bahan kimia yang minimal maka *koagulant* harus dicampur secara cepat dengan air. Proses pencampuran bahan kimia ini dilakukan di *Premix Tank / Flocculator*.
- Tahap selanjutnya adalah menjaga pembentukan *floc* (flokulasi) dan mengendapkan partikel *floc* sambil memperhatikan pembentukan lapisan lumpur (*sludge blanket*) dengan pengadukan pelan, sehingga air yang jernih akan terpisah dari endapan *floc*. Proses ini terjadi di *Clarifier / Floctreator*.
- Lapisan lumpur juga berfungsi menahan *floc* yang baru terbentuk, oleh karena itu harus dijaga tetap ada.
- Untuk menjaga supaya lumpur merata dan tidak terlalu padat dilakukan pengadukan lambat.
- Level lapisan lumpur dijaga dengan melakukan *blowdown*

Penyaringan (*Filtratio*n)

Air yang dipersiapkan sebagai bahan baku untuk proses pertukaran ion (*ion exchanger*) harus disaring untuk mencegah *fouling* di penukar ion yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa. Sejumlah kotoran yang terbawa dikoagulasikan pada proses penjernihan. Bahan akan dihilangkan termasuk bahan organik, warna dan bakteri. Selama operasi dari *filter*, kotoran yang masih terbawa pada air setelah mengalami proses penjernihan akan terlepas oleh *filter* dan terkumpul pada permukaan *bed*.

Penyaringan ini menggunakan media pasir atau *sand filter* berbentuk silinder vertikal yang terdiri dari antrasit, *coarse sand, fine sand,* dan *activated carbon*. *Activated carbon* digunakan untuk menghilangkan klorin, bau dan warna. Bila *sand filter* ini telah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi, dengan cara cuci aliran balik (*backwash)* dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi, hal ini dilakukan untuk melepaskan kotoran (*suspended matters*) dari permukaan *filter* dan untuk memperluas bidang penyaringan. Setelah di-*backwash* dan *filter* dioperasikan kembali, air hasil saringan untuk beberapa menit pertama dikirim ke pembuangan, hal ini dilakukan untuk membersihkan sistem dari benda-benda padat yang masih terbawa dan setelah itu dibuang.

Backwash filter secara otomatis terjadi bila hilang tekan tinggi (*high pressure drop*) tercapai atau waktu operasi (*duration time*) tercapai. Larutan kaustik diinjeksikan melalui pipa dari *sand filter* untuk mengatur pH dari produk air *filter* yang masuk ke tangki penyimpanan air *filter* .

Untuk mencegah tumbuhnya mikroorganisme yang ada dalam air *filter* dilakukan injeksi klorin. Dari tangki air *filter*, air didistribusikan ke menara pendingin, perumahan, dan unit demineralisasi.

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 tekanan 101,33 kPa dan temperatur 100 ^{o}C.

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 H_2SO_4, sedangkan resin anion menggunakan larutan NaOH.

Reaksi yang terjadi di ion *exchanger* :

- *Cation exchanger*

$$Ca^{2+} + RH_2 \longrightarrow RCa$$

$$Mg(Cl)_2 + RH_2 \longrightarrow RMg + 2\ HCl$$

$$2\ NaCl + RH_2 \longrightarrow RNa_2 + 2\ HCl$$

Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 4 %.

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :

$$RCa + H_2SO_4 \longrightarrow RH_2 + CaSO_4$$

$$RMg + H_2SO_4 \longrightarrow RH_2 + MgSO_4$$

$$RNa_2 + H_2SO_4 \longrightarrow RH_2 + Na_2SO_4$$

- *Anion exchanger*

$R(OH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow RSO_4 + 2\ H_2O$

$R(OH)_2 + 2\ HCl \longrightarrow RCl_2 + 2\ H_2O$

$R(OH)_2 + 2\ HNO_3 \longrightarrow R(NO_3)_2 + 2\ H_2O$

$R(OH)_2 + H_2SiO_3 \longrightarrow RSiO_3 + 2\ H_2O$

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

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :

$RSO_4 + 2\ NaOH \longrightarrow R(OH)_2 + Na_2SO_4$

$RCl_2 + 2\ NaOH \longrightarrow R(OH)_2 + 2\ NaCl$

$R(NO_3)_2 + 2\ NaOH \longrightarrow R(OH)_2 + 2\ NaNO_3$

$RSiO_3 + 2\ NaOH \longrightarrow R(OH)_2 + Na_2SiO_3$

2. Penyediaan *Steam*

Sistem penyedian 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:

$N_2H_4 + O_2 \longrightarrow N_2 + 2\ H_2O$

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

Pembentukan steam terjadi di dalam boiler. Untuk pabrik Linear Low Density Polyethylene dibutuhkan steam dengan 101,33 kpa dan temperatur 100 ^{o}C. Jenis boiler yang digunakan adalah *water tube boiler* dengan air umpan boiler melalui *tube* dan terjadi pembentuan steam pada *tube*. Sementara pembakaran terjadi dalam kotak *chamber* terbuka. *Water tube boiler* digunakan untuk membangkitkan steam dengan tekanan maksimal 45 bar dan temperatur 400 ^{o}C.

3. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik disuplai dari 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 695,79 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) 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 = 290,49 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 pabrik *Linear Low Density Polyethylene* 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. Limbah larutan asam sulfat

Larutan asam sulfat ini merupakan limbah yang dihasilkan dari unit proses vaporizer. Limbah ini dimanfaatkan di unit pengolahan air.

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 grafity*, 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 impuritis 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 konsenterasi 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 (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 *spesific 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 6.3.

Tabel 6.3.Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.

Tingkatan	Fungsi
1. *Regulatory and Sequential Control*	Memantau, mengendalikan, dan mengatur berbagai aktuator dan perangkat lapangan yang berhubungan langsung dengan proses.
2. *Supervisory Control System*	- Mengkoordinasikan kegiatan satu atau lebih DCS - Menyediakan plantwide summary dan *plantwide process overview*.
3. Sistem informasi yang dibutuhkan oleh *Local Plant Management*	Pengaturan operasi hari ke hari, seperti penjadwalan produk, pemantauan operasi, laboratorium jaminan kualitas, akumulasi data produksi – biaya, dan *tracking shipment.*
4. *Management Information System*	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 6.4.

Tabel 6.4. Pengendalian Variabel Utama Proses.

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