

BAB VI. UTILITAS

A. Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit lainnya atau sarana penunjang proses untuk menjalankan suatu pabrik dengan baik dari tahap awal sampai produk akhir. 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 dengan membeli ke perusahaan-perusahaan yang menjualnya.

Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik *Dicalcium Phosphate Dihydrate* 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 memenuhi 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 serta 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

<http://4funjava.blogspot.com/2010/04/proses-pengolahan-air.html>

16 Januari 2013, Pukul 16.47 WIB).

Air yang diperlukan untuk keperluan umum ini adalah sebesar :

- Air untuk kantor

Kebutuhan air untuk karyawan = 60 L/org/hari

(SK MenKes No.405 Tahun 2002)

Air untuk kebutuhan karyawan = 147 org x 60 L/org.hari

= 8,82 m³/hari

- Air untuk laboratorium

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 1,0 m³/hari

- Air untuk kebersihan dan pertamanan

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 1,0 m³/hari

- Air untuk perumahan

Kebutuhan air = 150 L/org.hari

(Hierarchy of water requirement)

$$\begin{aligned}\text{Air untuk perumahan} &= 20 \text{ rumah} \times 2 \text{ org} \times 150 \text{ L/rumah} \\ &= 6 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Sehingga total kebutuhan air untuk keperluan umum sebanyak:

$$\begin{aligned}\text{Air keperluan umum} &= 16,82 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 700,83 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

b. Air pendingin

Air pendingin yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari Sungai Brantas 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 pendingin tersebut.

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

- Air harus bersih, tidak terdapat partikel-partikel kasar seperti batu dan kerikil maupun partikel-partikel halus seperti pasir dan tanah.
- Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya *scale* (kerak) pada sistem perpipaan.
- Mikroorganisme seperti bakteri dan plankton yang tinggal dalam air sungai kemudian tumbuh dan berkembang sehingga dapat menyebabkan *fouling* pada alat *heat exchanger*.
- Besi yang dapat menimbulkan korosi.

- Minyak yang dapat menyebabkan terganggunya *film corrosion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient* dan dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan (<http://4funjava.blogspot.com/2010/04/proses-pengolahan-air.html>.
16 Januari 2013, Pukul 16.47 WIB).

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-} : < 1.000 ppm
- pH : 6,5 – 8
- Ca^{2+} : max. 300 ppm
- Silika : max. 150 ppm
- TDS : max 2.500 ppm

(http://www.batan.go.id/ptrkn/file/Epsilon/Vol_12_03/2.Itjeu.pdf.

16 Januari 2013, Pukul 17.30 WIB)

Total air pendingin yang diperlukan sebanyak 153.557,671 kg/jam.

Peralatan yang menggunakan air pendingin tersebut dapat dilihat pada

Tabel. 6.1 berikut:

Tabel 6.1 Peralatan yang Membutuhkan Air Pendingin

Nama Alat	Kebutuhan Air Pendingin (kg/jam)
<i>Cooler</i> (CO-301)	2.473,566
<i>Condenser</i>	137.124,316
Jumlah kebutuhan	139.597,882
<i>Over design</i> 10 %, kebutuhan air pendingin	153.557,671
<i>Recovery</i> 90%, maka <i>make-up</i> air pendingin proses	15.355,767

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*Cooling Tower*).

Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan dari suhu 45 °C menjadi 30 °C.

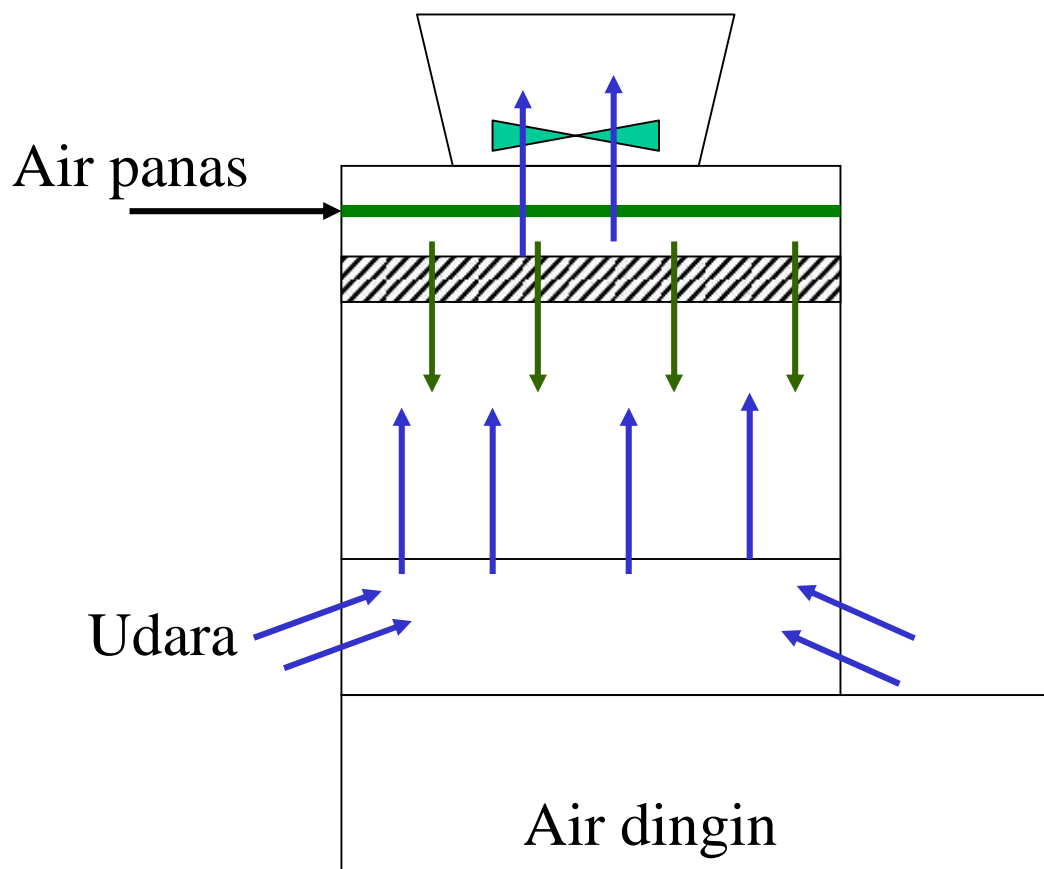
Seluruh air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali di dalam *Cooling Tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi di dalam *Cooling Tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin maka harus ditambahkan air *make up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang.

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 mencegah korosi, mencegah terbentuknya kerak dan pembentukan lumpur di peralatan proses yang akan menghambat atau menurunkan kapasitas perpindahan panas.

Pengolahan air pada *Cooling Tower* dilakukan dengan menginjeksikan zat kimia seperti:

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

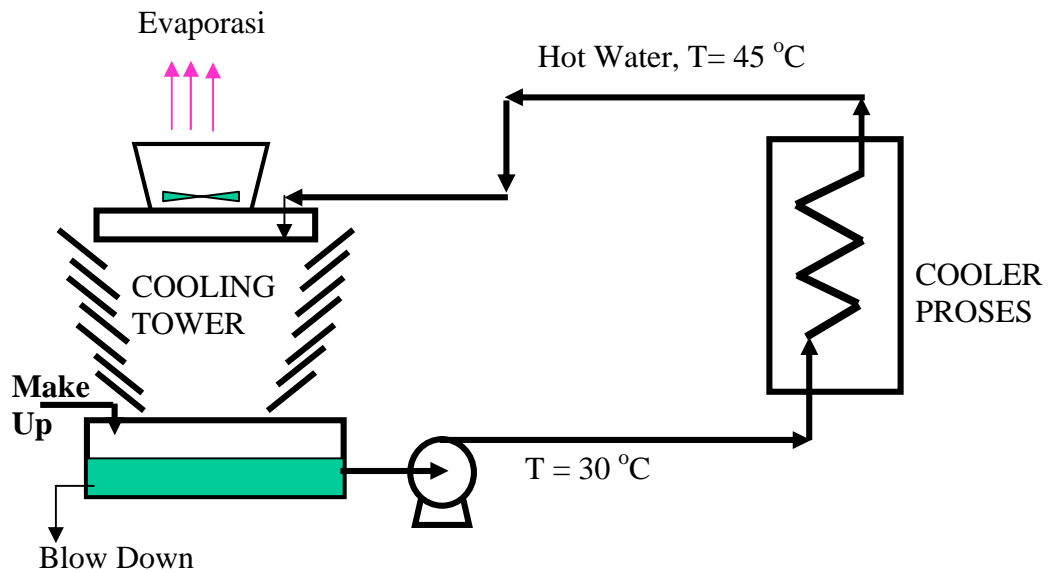
Sistem resirkulasi yang dipergunakan bagi air pendingin ini adalah sistem terbuka. Sistem ini akan memungkinkan berbagai penghematan dalam hal biaya penyediaan utilitas khususnya untuk air pendingin. Udara bebas akan digunakan sebagai pendingin dari air panas yang terbentuk sebagai produk dari proses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



Gambar 6.1 *Cooling Tower*

Proses pendinginan di *Cooling Tower* adalah sebagai berikut:

- *Cooling Water* yang telah menyerap panas di proses pabrik dialirkan kembali ke *Cooling Tower* untuk didinginkan.
- Air dialirkan ke bagian atas *Cooling Tower* kemudian dijatuhkan ke bawah dan akan terjadi kontak dengan aliran udara yang dihisap oleh *Induce Draft (ID) Fan*.
- Akibat kontak dengan aliran udara maka 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 yang memiliki temperatur 120 °C dengan tekanan 198,53 kPa. Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan steam dapat dilihat pada Tabel 6.2 berikut ini :

Tabel 6.2 Peralatan yang Membutuhkan Steam

Nama Alat	Kebutuhan Steam (kg/jam)
Evaporator (EV-301)	31.873,502
Air Heater (AH-301)	89.497,953
Jumlah kebutuhan	121.370,867
Over design 10%, kebutuhan air umpan boiler	133.507,953
Recovery 90%, sehingga make – up	13.350,795

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyediaan air umpan Boiler adalah:

1. Air bebas dari zat-zat yang dapat menyebabkan korosi. Korosi yang terjadi di dalam boiler disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂ dan H₂S yang masuk baik karena aerasi maupun kontak dengan udara.
2. Air bebas dari zat yang dapat menyebabkan pembentukan kerak (*scale*). Pembentukan kerak disebabkan karena kesadahan seperti adanya garam-garam karbonat dan silika serta karena suhu tinggi.
3. Air bebas dari zat yang dapat menyebabkan *foaming*. *Foaming* biasanya dikarenakan adanya zat-zat organik dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar (<http://4funjava.blogspot.com/2010/04/proses-pengolahan-air.html>. 16 Januari 2013, Pukul 16.47 WIB).

Persyaratan umum air umpan *Boiler* adalah :

- a. Kandungan silika = 0,02 mg/l
- b. Konduktivitas = 0,2 (μ s/cm)
- c. O₂ = 0,02 mg/liter
- d. Besi = 0,02 mg/l
- e. pH = 8,8 – 9,2
- f. Minyak = 0,mg/liter

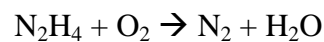
(<http://aplikasiteknikkimia.blogspot.com/2009/04/pengolahan-air-umpan-boiler.html>. 16 Januari 2013, Pukul 16.53 WIB)

Proses pengolahan air umpan *boiler* :

- Air demin sebelum menjadi air umpan *boiler* harus dihilangkan dulu gas-gas terlarutnya terutama oksigen dan CO₂ melalui proses deaerasi.
- Oksigen dan CO₂ dapat menyebabkan korosi pada perpipaan dan *tube-tube boiler*.
- Proses deaerasi dilakukan di *deaerator* dalam 2 tahap yaitu:

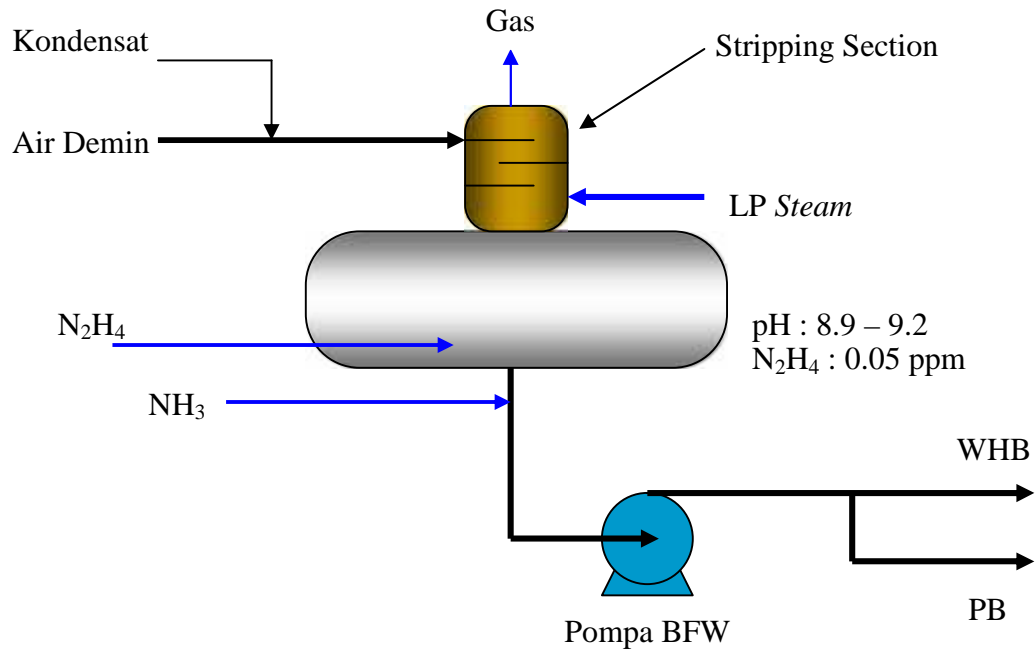
Mekanis : Proses *stripping* dengan LP (*Low Pressure*) *steam* dapat menghilangkan oksigen sampai 0,007 ppm

Kimia : Reaksi dengan N₂H₄ (*hydrazine*) dapat menghilangkan sisa oksigen



- Proses Deaerasi
 - ❖ Air demin + kondensat dihilangkan kandungan O₂ dan gas-gas terlarut (CO₂) melalui proses *stripping* dengan LP *steam* dan reaksi dengan *hydrazine* (N₂H₄)
 - ❖ pH dinaikkan menjadi 9,0 dengan injeksi NH₃ ke aliran air
 - ❖ Keluaran *deaerator* disebut *Boiler Feed Water* (BFW)

(Adang, P. 2001. *Technical Training Proses Pembentukan Steam*)



Gambar 6.3 Daerator

d. Air pemadam kebakaran (*hydrant*)

Salah satu bagian dari utilitas pabrik ini adalah air pemadam kebakaran. Kebutuhan air ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Jadi, penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara kontinyu tetapi hanya bersifat insidental hanya bila terjadi kebakaran. Dalam praktiknya, kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa *hydrant* terutama dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah agar memudahkan menjangkau semua area pabrik. Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran sekitar 15,043 kg/jam yang akan ditampung dalam bak penampung. Fasilitas pemadam kebakaran

seperti *fire hydrant* perlu ditempatkan pada tempat-tempat yang strategis, disamping itu disediakan pula *portable fire fighting equipment* pada setiap ruangan dan tempat-tempat yang mudah dicapai. Dengan adanya fasilitas ini diharapkan keselamatan dan kesehatan kerja pabrik dapat tetap terjaga.

e. Air keperluan proses

Tabel 6.3 Peralatan yang Menggunakan Air Proses

Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
<i>Mixing Tank I</i> (MT-101)	16.421,971
<i>Mixing Tank II</i> (MT-102)	17.172,206
Granulator (GT-301)	2.377,603
<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-301)	3.612,842
Total	39.584,622
Over design 10%	43.543,084

Secara keseluruhan, total kebutuhan air adalah sebanyak 331.223,809 kg/jam, dengan perincian sebagai berikut :

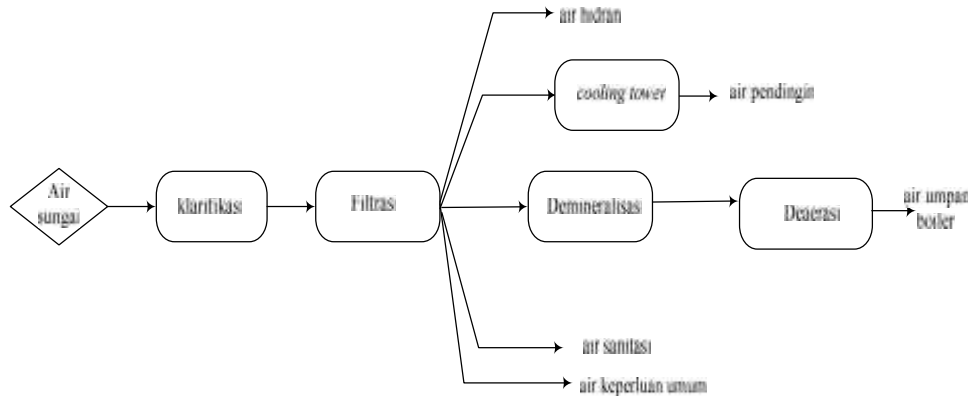
Tabel 6.4 Kebutuhan Air Pabrik

Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
Keperluan Umum	700,830
Keperluan Proses	43.543,084
Pembangkit <i>Steam</i>	133.507,953
Air Pendingin	153.557,671
<i>Air Hydrant</i>	15,043
Total	331.223,809

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 baku mutu yang ada maka 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

a. Penjernihan (*Clarification*) (<http://fisika-utility.blogspot.com/>. 16

Januari 2013, Pukul 19.47 WIB)

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*). Sebelum dikeluarkan dilakukan injeksi larutan alum, soda kaustik dan kaporit. 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 berikut:

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 CO₂.

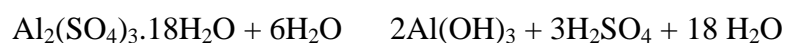
c. Zat yang tersuspensi

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 atau $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

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 untuk membentuk gumpalan dari partikel yang tersuspensi dalam air. Bila alum dikontakkan dengan air maka akan terbentuk aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) dan asam sulfat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gumpalan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berupa koloid akan mengendap bersama kotoran lain yang terikut ke dalam air dan H_2SO_4 yang akan mengakibatkan air bersifat asam. Pembentukan flok terbaik pada pH 6,5 – 7,5. Jumlah alum yang diinjeksikan sebanyak 0,06 % dari air umpan dengan konsentrasi 26 % volume.

- Soda kaustik (NaOH)

Soda kaustik berfungsi untuk menetralkan air akibat penambahan alum. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Jumlah soda abu yang diinjeksikan sebanyak 0,05% dari air umpan dengan konsentrasi 40% volume.

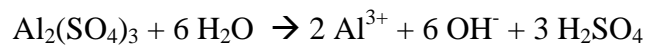
- Kaporit

Tujuan utama penambahan kaporit adalah untuk mematikan mikroorganisme dalam air. Di samping itu juga untuk mencegah tumbuhnya lumut pada dinding *Clarifier* yang akan mengganggu

proses selanjutnya. Jumlah kaporit yang diinjeksikan sebanyak 1,2 % dari umpan dengan konsentrasi 30 % volume.

Proses terjadinya koagulasi, flokulasi dan penjernihan adalah sebagai berikut :

- 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:



- 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 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 *coagulant* 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/Flocculator*.

- 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*.

b. Penyaringan (*Filtration*)

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 menyerap CO_2 terlarut dalam air dan zat-zat organik sebelum masuk ke tahap demineralisasi. 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 (sekitar 0,5 bar) (www.viront.com. 16 Januari 2013, Pukul 21.05 WIB) 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 kaporit. Dari tangki air *filter*, air didistribusikan ke menara pendingin, perumahan dan unit demineralisasi.

c. Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah untuk membebaskan air dari unsur-unsur silika, sulfat, klorida dan karbonat dengan menggunakan resin. 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*.

Untuk keperluan air umpan boiler, tidak cukup hanya air bersih sehingga masih perlu diperlakukan lebih lanjut dengan cara 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*).

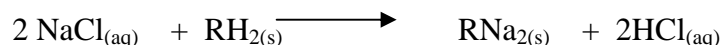
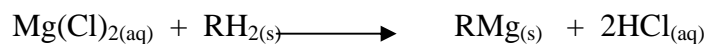
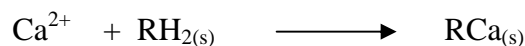
Mula-mula air bersih (*Filtered Water*) dialirkan ke *Cation Exchanger* yang diisi resin *cation* yang akan mengikat *cation* dan melepaskan ion H^+ . Selanjutnya air mengalir ke *Anion Exchanger* dimana anion dalam air bertukar dengan ion OH^- dari resin anion. Pada *Anion Exchanger* dihasilkan H_2O sehingga air demin selalu bersifat netral.

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

Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan untuk pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat kation/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 $NaOH$.

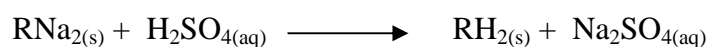
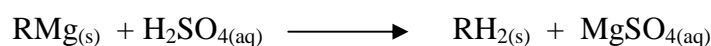
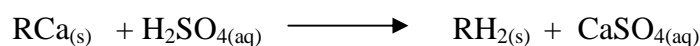
Reaksi yang terjadi di ion *exchanger* :

- *Cation exchanger*

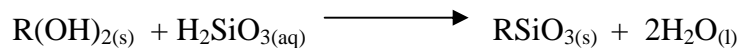
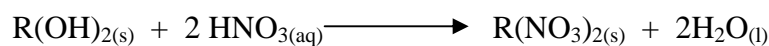
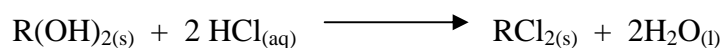
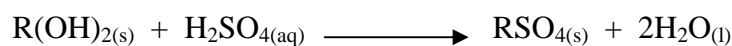


Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 4 %.

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :

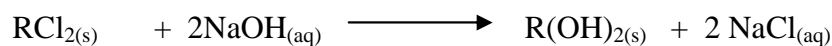
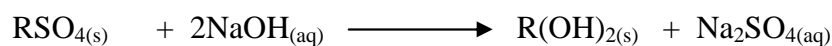


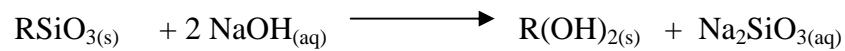
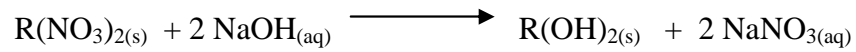
- *Anion exchanger*



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

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :

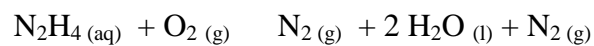




2. Unit Penyediaan *Steam*

Sistem penyediaan steam terdiri dari deaerator dan boiler. Proses dearasi terjadi di dalam deaerator yang berfungsi untuk menghasilkan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray, sparger* yang berkontak secara *counter current* dengan steam. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung di dalam drum dari deaerator.

Deaerator memiliki waktu tinggal 15 menit. Larutan *hydrazin* (N_2H_4) diinjeksikan ke dalam deaerator untuk mengikat gas O_2 yang terdapat pada air bebas mineral sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



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

Pembentukan steam *terjadi* di dalam boiler. Untuk pabrik *dicalcium phosphate dihydrate* dibutuhkan steam dengan temperatur 120 °C. Jenis boiler yang digunakan adalah *water tube boiler* dengan air umpan boiler melalui *tube* dan terjadi pembentukan steam pada *tube*. Sementara pembakaran terjadi dalam kotak *chamber* terbuka (Adang, P. 2001. *Technical Training Proses Pembentukan Steam*)

3. Unit penyedia *Refrigerant*

Refrigerant yang digunakan adalah ammonia sebagai pendingin pada Reaktor. Ammonia yang telah digunakan diolah dalam sistem refrigerasi ammonia pada unit utilitas. Sistem refrigerasi ini berfungsi untuk mensirkulasikan ammonia pendingin pada alat proses dengan kondisi operasi sebagai berikut:

T operasi = 30 °C

Tekanan operasi = 1 atm

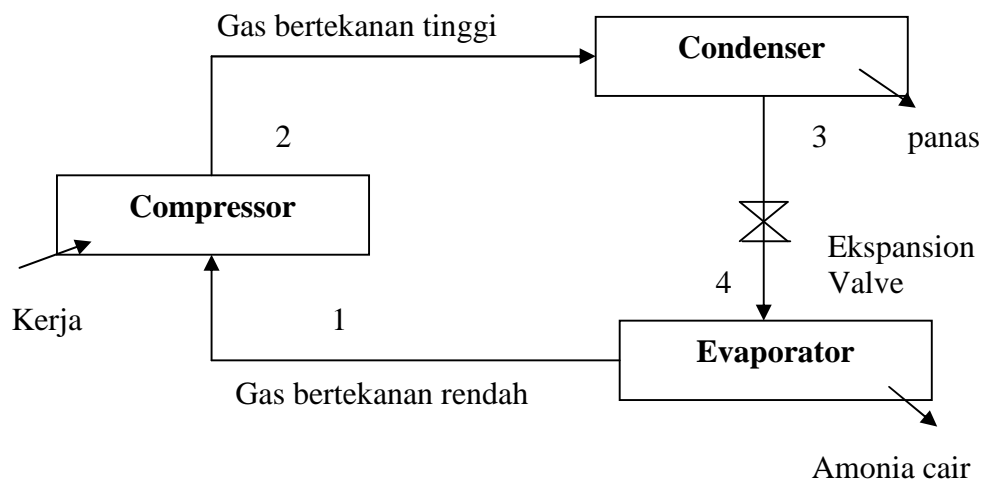
Temperatur masuk ammonia (cair) = -33,15 °C

Temperatur keluar ammonia (gas) = -33,15 °C

Ammonia bersirkulasi menggunakan konsep *liquifaction*. *Liquifaction* adalah perubahan zat dari wujud gas ke bentuk cairan. Karena perubahan wujud zat sebanding dengan perbedaan jumlah energi dari molekul yang membentuk zat tersebut, maka energi panas harus diserap atau dilepas oleh zat tersebut sehingga dapat merubah keadaan wujud zat tersebut. Dengan demikian, perubahan zat dari padat ke cair atau dari cair ke gas memerlukan penambahan panas. Jika gas mengalami kompresi, panas akan terlepas dan berubah fasa menjadi cair, sehingga pendinginan ekstrem tidak mutlak diperlukan untuk pencairan gas. Pendinginan semacam ini ditemukan oleh Thomas Andrew pada tahun 1969. Disebutkan bahwa setiap gas mempunyai temperatur kritis dan apabila pencairan dilakukan di atas temperatur kritis maka gas tersebut tidak dapat dicairkan dan tidak berpengaruh berapapun tekanan diberikan.

Ketika gas tersebut dikompresi, molekul-molekul gas saling tarik-menarik sehingga kalor pun terlepas. Pada proses kompresi, kecepatan molekul-molekul gas dan jarak antara molekul tersebut semakin dekat sampai akhirnya gas tersebut mengalami perubahan wujud menjadi cairan (Wikipedia, 2006).

Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan sistem yang paling sering digunakan dalam daur refrigerasi. Proses-proses yang membentuk sistem kompresi uap adalah :



Gambar 6.5 Diagram Ammonia Refrigerant System

Keterangan :

1-2 Proses Kompresi: Gas *refrigerant* bertekanan dan temperatur rendah dinaikkan tekanannya sehingga temperaturnya pun menjadi naik. Entalpi *refrigerant* akan mengalami kenaikan akibat energi yang ditambahkan oleh kompresor kepada *refrigerant*.

2-3 Proses Kondensasi: Terjadi perubahan wujud *refrigerant* dari gas menjadi cair tanpa merubah temperaturnya karena uap *refrigerant* memberikan panasnya (kalor laten pengembunan) ke pendingin melalui dinding kondensor.

3-4 Proses Ekspansi: *Refrigerant* dalam bentuk cair diturunkan tekanannya sehingga temperatur saturasinya berada di bawah temperatur alat. Tujuannya agar *refrigerant* cair mudah menguap di evaporator.

4-1 Proses Evaporasi: *Refrigerant* yang bertemperatur rendah menyerap kalor. Terjadi perubahan wujud *refrigerant* dari cair menjadi gas.

4. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi oleh generator yang digerakkan oleh turbin uap, dimana digunakan *steam* yang dihasilkan dari *boiler*. Hal ini bertujuan agar tidak diperlukan aliran listrik dari PLN. Selain itu, hal ini membuat keefisienan energi pabrik menjadi lebih baik. 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 904,96 kW atau 0,905 MW (Terlampir di lampiran D).

5. Unit 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 yang diperoleh dari PERTAMINA. Pemilihan didasarkan pada pertimbangan bahan bakar cair adalah sebagai berikut:

- Mudah didapat
- Tersedia secara kontinyu
- Mudah dalam penyimpanannya

Kebutuhan bahan bakar :

Solar = 405,278 liter/jam (Terlampir di lampiran D)

6. Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit penyediaan udara tekan digunakan untuk menjalankan instrumentasi dan udara *plant* di peralatan proses, seperti untuk menggerakkan *control valve* serta untuk pembersihan peralatan pabrik. Udara instrumen mempunyai sumber yang sama dengan udara pabrik yaitu 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. 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. 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 untuk menyediakan *reagen* kimia yang diperlukan oleh laboratorium serta melakukan analisis khusus, yaitu analisis yang sifatnya tidak rutin.

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 impuritis pada bahan baku
- Kandungan logam berat

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 biasa dilakukan, untuk 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.
- Spektrofotometer, untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa terlarut dalam air dengan syarat larutan harus berwarna.
- *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 demineralisasi 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 *hydrazin*, ammonia 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*.

C. 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 *dicalcium phosphate dihydrate* ini menggunakan *Distributed Control System* (DCS). Sistem ini mempergunakan komputer mikroprocessor 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.
2. <i>Supervisory Control System</i>	- Mengkoordinasikan kegiatan satu atau lebih DCS - 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 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>