

## **VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

### **A. Unit Pendukung Proses (Utilitas)**

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 bersih (*Filtered Water*), air pendingin (*Cooling water*), air demin (*Boiling Feed Water*), kukus (*steam*), udara instrument 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 Trimetiletilen antara lain :

#### **1. Unit pengolahan air (*Water Treatment Unit*)**

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air seperti air untuk kebutuhan umum atau sanitasi, air pendingin, air demin, air proses dan air untuk pemadam kebakaran (*hydrant water*).

##### **a. Air untuk Kebutuhan Umum**

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 :

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

Air yang diperlukan untuk keperluan umum ini adalah sebesar :

- Air untuk kantor

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk karyawan} &= 150 \text{ L/hari/orang} \\ &= 0,15 \text{ m}^3/\text{hari/orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air untuk kebutuhan karyawan} &= 125 \text{ orang} \times 0,15 \text{ m}^3/\text{hari/orang} \\ &= 18,75 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

- Air untuk laboratorium

$$\text{Air untuk keperluan ini diperkirakan} = 0,2 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Air untuk kebersihan dan pertamanan

$$\text{Air untuk keperluan ini diperkirakan} = 0,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Sehingga total kebutuhan air untuk keperluan umum sebesar

$$\begin{aligned} \text{Air keperluan umum} &= 19,45 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,810 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 779,185 \text{ kg/jam.} \end{aligned}$$

kebutuhan air untuk keperluan umum dapat dilihat pada Tabel 6.1 sedangkan perhitungan kebutuhan air dapat dilihat pada lampiran D.

**Tabel 6.1 Kebutuhan Air untuk *General Uses***

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Air kebutuhan karyawan dan kantor	18,75	m <sup>3</sup> /hari
2	Air laboratorium	0,2	m <sup>3</sup> /hari
3	Air pertamanan dan kebersihan	0,5	m <sup>3</sup> /hari
		19,45	m <sup>3</sup> /hari
	Total	0,810	m <sup>3</sup> /jam
		779,185	kg/jam

b. Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan ialah air olahan yang berasal dari sungai Way Katibung dengan debit aliran rata-rata sebesar 216 m<sup>3</sup>/s. Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai pendingin peralatan proses dan 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 untuk keperluan pendinginan sebagai berikut :

1. Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya *scale* (kerak) pada sistem perpipaan.
2. Mikroorganisme seperti bakteri, plankton yang tinggal dalam air sungai, berkembang dan tumbuh, sehingga menyebabkan *fouling* alat *heat exchanger*.
3. Bahan-bahan penyebab korosi dan bahan-bahan penyebab penurunan efisiensi perpindahan panas seperti minyak.

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 3.468,60 kg/jam.

Tabel 6.3 menunjukkan kebutuhan air pendingin untuk kebutuhan di unit proses.

**Tabel 6.2 Kebutuhan Air Untuk Air Pendingin**

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	<i>Condensor</i> (CR-301)	51401,91	kg/jam
	Total	51401,91	kg/jam
	<i>Over Design</i> 10%	56542,10	kg/jam
	<i>Recovery</i> 90%, <i>make up</i> 10%	5654,210	kg/jam

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

Air pendingin yang telah 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. Jumlah *make upwater* untuk *Cooling Tower* sebesar 5654,210 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 pada basin, yaitu :

1. *Corrosion inhibitor*

*Corrosion inhibitor* yaitu berupa natrium fosfat yang berfungsi untuk mencegah korosi pada peralatan.

2. *Scale inhibitor*

*Scale* atau kerak terjadi karena adanya endapan diposit di permukaan metal. Endapan ini digolongkan dalam beberapa jenis antara lain :

- *Mineral Scale* yaitu pengendapan garam-garam kristal misalnya garam-garam Ca, SiO<sub>2</sub>. Garam Ca akan turun kelarutannya seiring dengan menurunnya suhu sehingga bertendensi untuk terjadi pengendapan.
- *Suspended Matter* yaitu partikel-partikel asing yang masuk ke dalam sistem terbawa udara misalnya debu.
- *Corrosion Product* hasil sampingan dari proses korosi yang tidak larut di air.

Adanya kerak/*scale* dalam permukaan pipa akan menyebabkan :

- Mengganggu perpindahan panas (*heat transfer*)
- Menyebabkan penyumbatan pipa

Untuk menghindari terjadinya *Scale* atau kerak maka diinjeksikan *Scale Inhibitor (Dispersant)*. *Scale Inhibitor* berupa *dispersant* yang berfungsi untuk mencegah pembentukan kerak pada peralatan yang disebabkan oleh senyawa-senyawa terlarut.

### 3. *Slime Inhibitor*

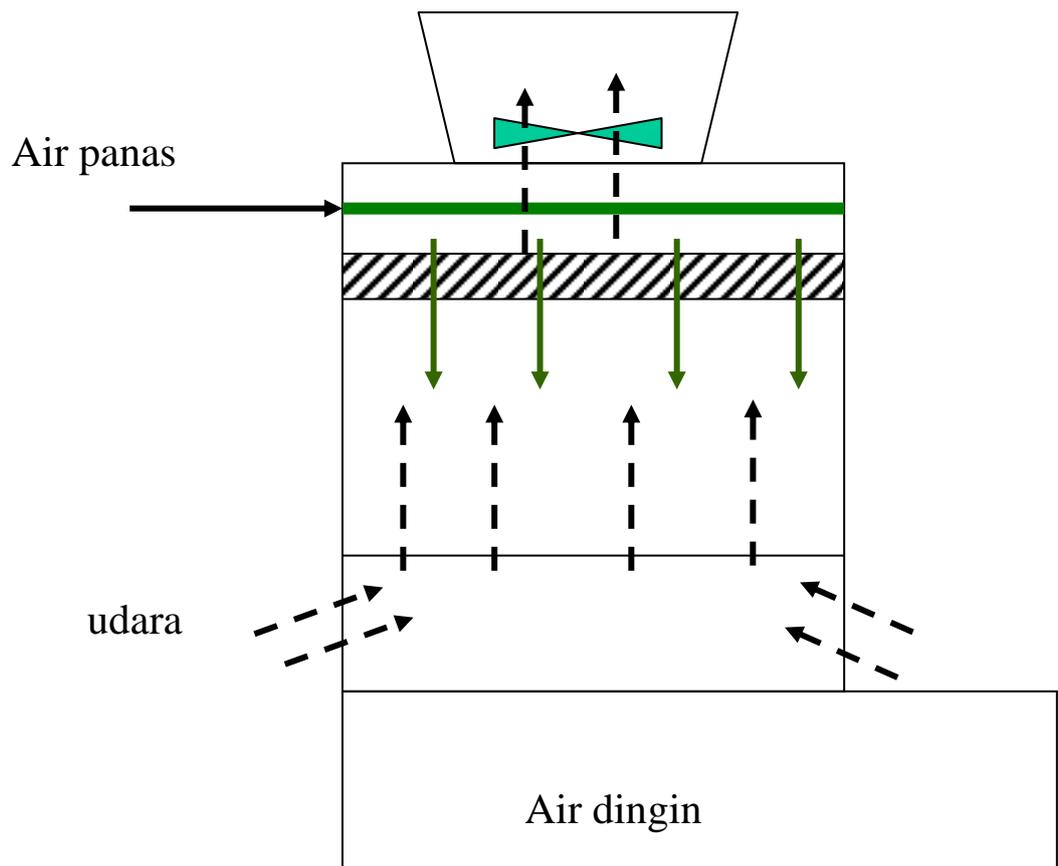
*Slime* atau lendir yang berwarna coklat kehitaman yang menempel di permukaan pipa. *Slime* merupakan penyebab terganggunya *film corrosion inhibitor* dan menurunkan efisiensi *Cooling Water System*. *Slime* disebabkan oleh adanya mikroorganisme seperti bakteri dan plankton yang tinggal, berkembang dan tumbuh dalam air sungai. Untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme tersebut diinjeksikan inhibitor berupa *chlorine* ( $\text{Cl}_2$ ).

### 4. Penetral pH

berupa asam sulfat dengan konsentrasi 4 % v/v. Asam sulfat ini diberikan untuk menetralkan pH air yang berasal dari proses agar sesuai pH air ( $\pm 7$ ) ketika keluar dari *Cooling Tower*.

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.

Sistem air pendingin terdiri dari *cooling tower* yang dilengkapi dengan *Induced Draft fan* untuk membantu penguapan, *cooling water basin*, pompa air pendingin untuk peralatan proses dan sistem injeksi bahan kimia.

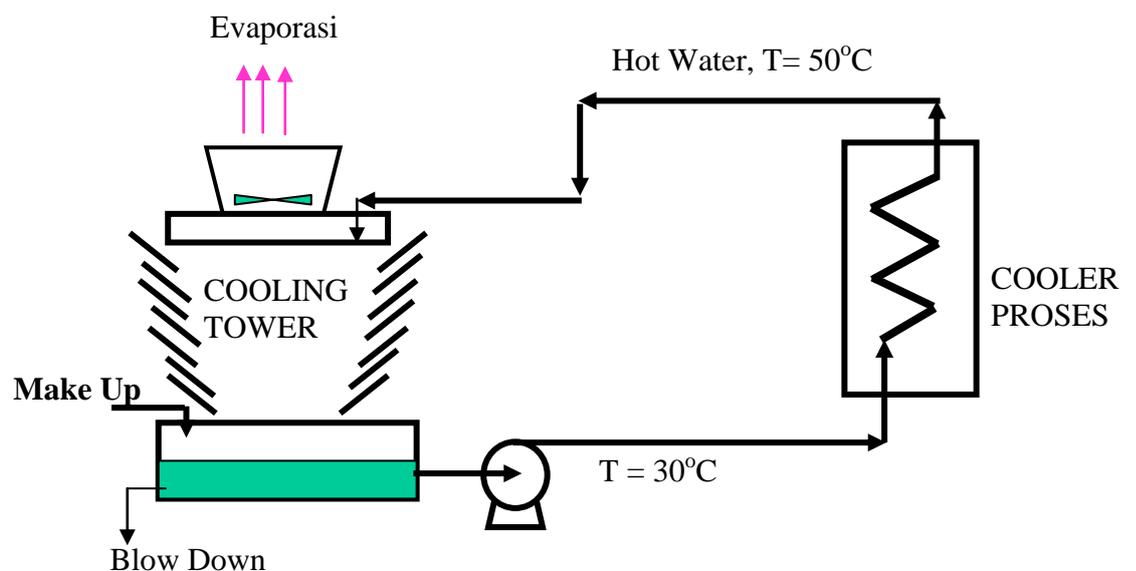


Gambar 6.1 *Cooling Tower*

Proses pendinginan di *cooling tower* :

- Air pendingin (*Cooling Water*) yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*.

- 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 bebas mineral (*Demineralized Water*)

Demineralisasi adalah proses 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 menghasilkan air bebas mineral yang akan digunakan sebagai air proses.

Untuk keperluan air proses tidak cukup hanya air bersih, oleh karenanya air tersebut masih perlu diperlakukan lebih lanjut yaitu penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut untuk mencegah korosi dan deposit yang dapat merusak pipa serta *valve*.

Mula-mula air bersih (*Filtered Water*) dialirkan ke *Cation Exchanger* yang diisi resin *cation* berupa resin asam kuat yang akan mengikat *cation* misalnya kalsium, magnesium, natrium, kalium, besi, mangan dan aluminium yang kemudian melepaskan ion  $H^+$ . Selanjutnya air mengalir ke *Anion Exchanger* dimana anion seperti klorida, karbonat, sulfat, nitrat, silika 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.

Indikator-indikator pelaksanaan regenerasi unit penukar kation/anion yaitu:

- Jumlah air yang melewati unit penukar ion mencapai  $\pm 2200 \text{ m}^3$
- Kadar silika dari aliran keluar penukar anion  $\geq 0.05 \text{ ppm}$

Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Regenerasi dibagi menjadi 3 tahap operasi yaitu :

#### 1) *Backwashing*

*Backwashing* dilakukan dengan membalikan arah aliran dari bawah ke atas dengan demin ke *exchanger*. Tujuannya untuk menghilangkan zat suspensi yang terakumulasi dan partikel-partikel resin halus yang terpecah.

#### 2) Regenerasi dengan zat kimia

Resin *cation* diregenerasi menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sedangkan resin anion menggunakan larutan  $\text{NaOH}$ .

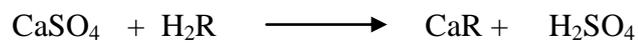
#### 3) Pembilasan lambat (*slow rinse*) dan pembilasan cepat (*fast rinse*)

Setelah regenerasi dengan bahan kimia kemudian dilakukan *slow rinse* atau *displacement*. Air dialirkan melalui atas dengan laju yang lambat dan waktu yang lebih singkat dibandingkan *fast rinse* untuk *displacing* asam sulfat yang

tersisa. Operasi terakhir adalah *fast rinse* sebagai pembilasan terakhir untuk membuang sisa asam atau garam (garam sulfat dan natrium) yang ada. Air yang digunakan untuk pembilasan keluar dari bagian bawah *exchanger*.

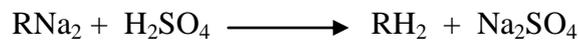
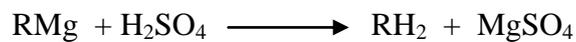
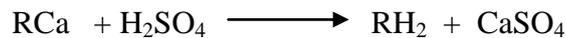
- *Cation exchanger*

Contoh reaksi yang terjadi di kation *exchanger* :



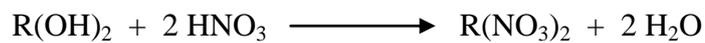
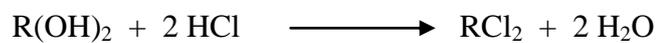
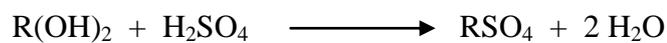
Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4 %.

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :



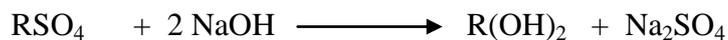
- *Anion exchanger*

Contoh reaksi yang terjadi di anion *exchanger* :



Apabila resin sudah jenuh dilakukan dengan pencucian menggunakan larutan  $\text{NaOH}$  40 %.

Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah :



Air yang sudah mengalami demineralisasi tersebut dialirkan menuju *demineralized water tank*. Level kontrol pada tangki air bebas mineral mengatur *flow* menuju tangki. Apabila air di tangki berlebih maka dikembalikan ke *filtered water tank*.

#### d. Air Proses

Air proses ini dibutuhkan pada unit proses terutama pada proses pelarutan atau pengenceran zat, dalam hal ini pada pengenceran asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 96% menjadi 65% pada MT-101.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air proses adalah :

##### 1) Zat-zat penyebab korosi

Korosi yang terjadi disebabkan karena air mengandung larutan asam, gas-gas terlarut, seperti  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ .

##### 2) Zat-zat penyebab *foaming*

Karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas yang tinggi.

### 3) Zat-zat yang menyebabkan *scale foaming*

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang bisa berupa garam-garam karbonat dan silika.

Kebutuhan air proses dapat dilihat pada Tabel 6.3

**Tabel 6.3 Kebutuhan Air Untuk *Process Water***

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	<i>Mixing Tank</i> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (MT-101)	3,227	kg/jam
	Total	3,23	kg/jam
	<i>Over Design</i> 10%	3,55	kg/jam
	<i>Recovery</i> 90%, <i>make up</i> 10%	0,355	kg/jam

#### e. *Air Hydrant*

Salah satu bagian dari utilitas pabrik ini adalah air pemadam kebakaran. Kebutuhan air untuk seksi 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 rutin dan kontinyu tetapi hanya bersifat insidental hanya saat terjadi kebakaran. Pada 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 pada kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik. Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran sekitar 992,857 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 ini meningkat. Sehingga kebutuhan total air pada pabrik Trimetiletilen sebesar  $121,942 \text{ m}^3/\text{jam}$ .

Air yang digunakan dalam pabrik ini seperti air demin, proses dan 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 dan demineralisasi. Pengolahan air tersebut dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia (Bahan Kuliah Utilitas dan Penggerak Mula, 2010).

Tujuan pengolahan air secara fisika antara lain :

- Memisahkan padatan yang besar (*Coarse Solid*)
- Memisahkan padatan yang tersuspensi dan terapung
- Memisahkan lemak

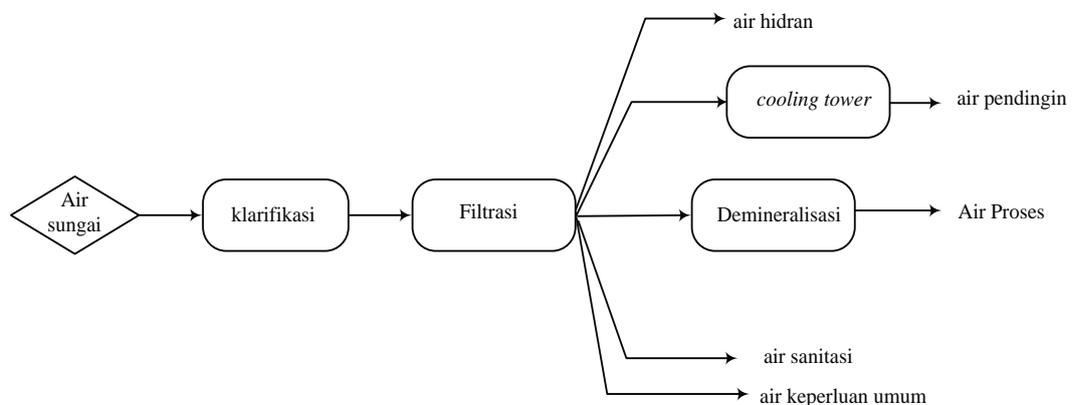
Tujuan pengolahan secara kimia antara lain :

- Pengendapan zat-zat terlarut dengan memakai koagulan. Koagulan merupakan zat-zat kimia yang mampu menetralkan muatan partikel koloid yang memiliki untuk mengikat partikel-partikel tersebut.

Contohnya seperti Alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), Ferro Sulfat ( $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), Ferric Sulfat ( $\text{Fe}(\text{SO})_4$ ), Sodium Aluminate ( $\text{NaAlO}_2$ ), Amonia Alum, dan Chlorinated Copperas.

- Penghilangan zat-zat racun dan bibit penyakit
- Menghilangkan bau dan rasa

Diagram alir pengolahan air adalah sebagai berikut ;



Gambar 6.3. Diagram Alir Pengolahan Air

#### a. Penjernihan (*Clarification*)

Bahan baku air diambil dari badan 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 tangki 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, kaustik dan klorin. Jumlah aliran bahan kimia yang masuk dikontrol secara otomatis sebanding dengan jumlah air yang masuk. Jumlah injeksi bahan kimia tergantung dari mutu air sungai dan keadaan operasi di lapangan. 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<sub>2</sub>.

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.

Pada proses penjernihan air, telah disebutkan menggunakan koagulan agar dapat meningkatkan proses penggumpalan partikel-partikel tersuspensi, disamping itu pula digunakan bahan kimia yang berfungsi untuk membunuh bakteri, jamur dan mikroorganisme dan bahan kimia yang berfungsi sebagai pengatur pH sehingga dapat mempermudah pembentukan flok.

a. 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. 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  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{OH}^-$  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 gelatin). Pembentukan *floc* terbaik pada PH 6,5 – 7,5. Butiran partikel *floc* ini akan terus bertambah besar dan berat sehingga cenderung akan mengendap ke bawah. Jumlah alum yang diinjeksikan sebanyak 0,06% dari air umpan dengan konsentrasi 26% volum.

b. Soda Kaustik (NaOH)

Diinjeksikan untuk mengatur pH atau memberikan kondisi basa pada air sungai sehingga mempermudah pembentukan *floc* oleh alum karena air sungai cenderung bersifat asam. Jumlah soda abu yang diinjeksikan sebanyak 0,05% dari air umpan dengan konsentrasi 48 % volum.

c. Klorin/Kaporit

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

Air sungai yang telah ditreatment pada unit pengendapan, penggumpalan, selajutnya diolah pada unit filtrasi yaitu pada *Sand Filter*.

## 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. Air yang telah mengalami proses penjernihan, turbiditasnya menjadi 5 ppm atau lebih rendah. 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, *fine sand*, *coarse 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 (*line header outlet*) 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, keperluan air umum dan unit demineralisasi.

### c. Demineralisasi

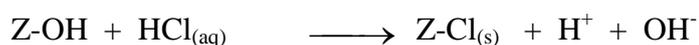
Demineralisasi berfungsi mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*Deionized Water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air *filter* dengan penukar ion (*Ion Exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin yang akan digunakan sebagai air proses.

Unit penyediaan air bebas mineral terdiri dari penukar kation (*Cation Exchanger*) dan penukar anion (*Anion Exchanger*). Pada penukar kation diisi dengan penukar ion asam lemah berupa metilen akrilat. Resin ini dirancang untuk menghilangkan/mengikat ion-ion logam dari air atau ion-ion positif seperti  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^+$  dan  $Al^{3+}$ , dengan reaksi sebagai berikut :



Resin akan melepaskan ion  $H^+$  sehingga air yang dihasilkan akan bersifat asam dengan pH 3,2-3,3. Apabila pH air yang keluar melebihi batas yang dibolehkan, berarti resin yang ada telah jenuh dan perlu diregenerasi. Hal tersebut dilakukan dengan melarutkan asam sulfat sehingga ion  $H^+$  dari asam sulfat akan menggantikan ion logam dalam resin dan selanjutnya resin dapat digunakan. Penyerapan ion positif mutlak dilakukan agar tidak membentuk kerak.

Penukar anion berisi penukar ion basa lemah berupa resin amino polistirena,  $NH(CH_2)OH$ . Resin ini dirancang untuk menghilangkan ion asam dari air atau ion-ion negatif seperti karbonat, bikarbonat, sulfat, sulfit, nitrat, nitrit, silika dan lain-lain dengan reaksi sebagai berikut :



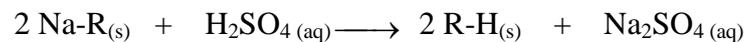
Penukar kation-anion berisi campuran resin kation dan anion untuk pengolahan akhir air. Semua penukar ion dioperasikan dengan aliran air yang kontinyu. Resin yang diisikan ke penukar ion diregenerasi bila kemampuannya menukar ion telah habis dan sebagai batasannya adalah total galon dan konduktivitas air (*high SiO<sub>2</sub>, high conductivity*). Regenerasi terdiri dari tiga langkah yaitu cuci balik (*backwash*), regenerasi awal dengan bahan kimia dan pencucian (*rinse*).

Bahan kimia yang dipakai untuk regenerasi dari penukar ion dan netralisasi air bekas regenerasi adalah :

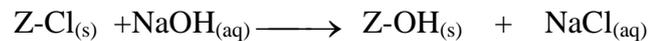
1. Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
2. Soda kaustik ( $\text{NaOH}$ )

Reaksi yang terjadi pada saat regenerasi adalah :

- Pada penukar kation



- Pada penukar anion



Buangan bahan kimia dari *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* mengalir ke bawah ke dalam kolam netralisasi melalui saluran pembuangan. Air bebas mineral yang telah diproduksi selanjutnya akan dialirkan ke tangki penampungan air demin.

## 2. Unit Penyedia Tenaga Listrik

Unit ini bertugas untuk menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, menjalankan infrastruktur dan perlengkapan kantor maupun untuk penerangan. Generator sebagai cadangan bila listrik dari PLTU mengalami gangguan. Kebutuhan listrik untuk pabrik direncanakan untuk penerangan seluruh area pabrik, keperluan proses dan keperluan utilitas.

- Kebutuhan Penerangan Area dalam Bangunan

**Tabel 6.4 Kebutuhan Penerangan untuk Area dalam Bangunan**

Area Bangunan	Luas		F	U	D	Lumen
	(m <sup>2</sup> )	(ft <sup>2</sup> )				
Pos Keamanan	150	1614,547	20	0,5	0,8	80.727,36
Mushola	250	2.690,91	10	0,55	0,8	61.157,09
Kantin	150	1.614,55	10	0,51	0,8	39.572,24
Kantor	2000	21.527,30	20	0,58	0,8	927.900,74
Klinik	100	1.076,36	20	0,55	0,8	48.925,68
Ruang Kontrol	500	5.381,82	35	0,6	0,8	392.424,69
Laboratorium	200	2.152,73	35	0,6	0,8	156.969,88
Bengkel	200	2.152,73	10	0,53	0,8	50.771,93
GSG	1000	10.763,65	10	0,51	0,8	263.814,92
Gudang	400	4.305,46	5	0,52	0,8	51.748,31
Perpustakaan	100	1.076,36	20	0,51	0,8	52.762,98
<b>Total</b>	<b>5050</b>	<b>54356,43</b>				<b>2.126.775,82</b>

Untuk semua area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu *fluorescent* 40 Watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 40 Watt mempunyai 1960 lumen.

Jumlah listrik area dalam bangunan = 2.126.775,82 Lumen

Sehingga jumlah lampu yang dibutuhkan :

$$\frac{2.126.775,82}{1960} = 1085,09 \text{ buah} = 1085 \text{ buah}$$

$$\text{Daya} = 40 \text{ Watt} \times 1085 = 43403,59 \text{ Watt (43,404 kW)}$$

- Kebutuhan Penerangan Area Luar Bangunan

**Tabel 6.5 Kebutuhan Penerangan untuk Area Luar Bangunan**

Area Non Bangunan	Luas		F	U	D	Lumen
	(m <sup>2</sup> )	(ft <sup>2</sup> )				
Area Parkir	300	3229,095	10	0,49	0,8	82374,9
Proses	5000	53818,24	10	0,59	0,8	1140217,0
Utilitas	2000	21527,3	10	0,59	0,8	456086,8
Area Perluasan	8000	86109,19	0	0	0,8	0,0
Jalan & Taman	2000	21527,3	5	0,49	0,8	274582,9
<b>Total</b>	<b>17300</b>	<b>186211,1</b>				<b>1953261,559</b>

Untuk semua area di luar bangunan direncanakan menggunakan lampu *mercury* 100 watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 100 Watt mempunyai 3000 lumen. Jumlah listrik area di luar bangunan sebesar 1.953.261,6 Lumen

Sehingga jumlah lampu yang dibutuhkan :

$$\frac{1.953.261,6}{3000} = 651 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 100 \text{ Watt} \times 651 \\ &= 65.108,72 \text{ Watt (65,109 kW)} \end{aligned}$$

- Kebutuhan Listrik lainnya

Kebutuhan listrik lainnya (barang elektronik kantor : AC, komputer dll) diperkirakan sebesar 6.510,872 Watt (10% dari kebutuhan penerangan untuk area luar bangunan).

Total Kebutuhan Penerangan

$$= \text{Kebutuhan area bangunan} + \text{Kebutuhan area luar bangunan} + \text{Kebutuhan listrik lain}$$

$$= 43,404 + 65,109 + 6,51 = 115,023 \text{ kW}$$

- Kebutuhan Listrik untuk Proses

**Tabel 6.6 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses**

Nama Alat	Jumlah	Daya / alat	Daya	
			Hp	watt
<i>Mixing Tank</i>	1	0,5	0,5	372,85
<i>Reactor</i>	1	6	6	4474,2
<i>Centrifuge</i>	1	40	40	29828
Pompa Proses 101	2	1	1	745,7
Pompa Proses 102	2	1	1	372,9
Pompa Proses 201	2	3	3	2237,1
Pompa Proses 202	2	0,5	0,5	372,9
Pompa Proses 203	2	2,5	2,5	1864,3
Pompa Proses 301	2	0,5	0,5	372,9
Pompa Proses 302	2	1,5	1,5	1118,6
Pompa Proses 303	2	1,5	1,5	1118,6
<b>Total</b>		<b>58</b>	<b>58</b>	<b>42877,8</b>

- Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

**Tabel 6.7 Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas**

Nama Alat	Daya / alat	Daya	
		Hp	watt
Unit Air & Steam :			
<i>Agglomeration Tank</i>	7,0	7,0	5219,9
<i>Clarifier</i>	0,5	0,5	372,9
Pompa Utilitas 401	13	13	9694,1
Pompa Utilitas 402	8	8	5965,6
Pompa Utilitas 403	8	8	5965,6
Pompa Utilitas 404	8	8	5965,6
Pompa Utilitas 405	8	8	5965,6
Pompa Utilitas 406	1	1	372,9
Pompa Utilitas 407	10	10	7457
Pompa Utilitas 408	6	6	4474,2
Pompa Utilitas 409	10,5	10,5	7803,5
Pompa Utilitas 410	5	5	3728,5
Pompa Utilitas 411	5	5	3728,5
Pompa Utilitas 412	8	8	5965,6
Pompa Utilitas 413	8	8	5965,6
Pompa Utilitas 414	0,5	1	372,9
Pompa Utilitas 415	13	13	9694,1
Unit Udara Tekan :			
Kompresor udara	0,5	0,5	372,9
<b>Total</b>			<b>89084,8</b>

Total Kebutuhan Listrik Pabrik

= Kebutuhan penerangan + Kebutuhan proses + Kebutuhan utilitas

= 115.023,18 Watt + 42.877,75 Watt + 89.084,8 Watt

= 246.985,75 Watt

= 246,986 kW

*Over Design* =20%

Total listrik = 1,2 x 246,986 kW

= 296.382,9 kW

= 0,2964 MW

Jadi total kebutuhan listrik pabrik  $\pm$  0,2964 MW

### 3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan generator.

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair yaitu solar yang diperoleh dari PERTAMINA atau distribusinya.

Pemilihan didasarkan pada pertimbangan bahan bakar cair :

- Mudah didapat
- kesinambungannya terjamin
- Mudah dalam penyimpanannya

Solar industri yang dibutuhkan sebesar 43,923 Liter/jam.

#### 4. Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit ini bertugas menyediakan udara tekan yang dipakai dalam sistem instrumentasi pneumatik. Pada perancangan pabrik Trimetiletilen, unit penyediaan udara tekan digunakan untuk menjalankan instrumentasi dan udara *plant* di peralatan proses, seperti untuk menggerakkan *control valve* serta untuk pembersihan peralatan pabrik. Sumber udara pabrik dan udara instrumen adalah dari udara lingkungan yang diambil menggunakan kompresor dan dikirim menuju alat-alat instrumentasi di unit proses maupun di unit utilitas.

#### B. Pengolahan Limbah

Limbah merupakan materi atau zat sisa hasil pengolahan domestik dan industri. Berdasarkan fisiknya, limbah dibedakan menjadi tiga bagian besar yaitu, limbah cair, limbah padat, limbah gas dan limbah B3, terkadang limbah padat sering disebut dengan limbah cair maupun limbah B3.

Pada pabrik Trimetiletilen ini terdapat limbah industri berupa cairan, yaitu :

##### a. Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik, pencucian dan dapur dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan desinfektan kalsium hipoklorit yang berfungsi untuk membunuh mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit. Sedangkan kotoran yang berasal dari WC dibuang ke tempat pembuangan khusus *septic tank*.

b. Air buangan dari utilitas

Air buangan dari utilitas berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin yang bersifat asam atau basa. Air sisa proses yang berasal dari unit demineralisasi dan air sisa regenerasi dikirim ke kolom netralisasi. Penetralan dilakukan dengan menambahkan asam sulfat atau basa NaOH sampai air tersebut mempunyai pH netral (diharapkan 6,5 – 8). Air yang sudah dinetralkan kemudian dialirkan ke penampungan akhir untuk dibuang.

c. Limbah cair dari proses

Berasal dari unit proses yang terdiri dari asam sulfat, trimetiletilen, metilbuten, 1-penten dan air. Limbah cair tersebut dikirim ke kolom penetralisasi. Penetralan dilakukan dengan menambahkan asam sulfat atau basa NaOH sampai pH netral dan kemudian dialirkan ke penampungan akhir untuk dibuang.

Standar aturan pembuangan limbah cair industri kimia dapat dilihat pada Tabel 6.8

**Tabel 6.8 Syarat-Syarat Kualitas (Mutu) Air Limbah**

No.	Parameter	Satuan	Batas	
			Minimum	Maksimum
1	Arsen	mg/l	0	0,05
2	Barium	mg/l	0	0,05
3	Besi	mg/l	0	1,0
4	Bor	mg/l	0	1,0
5	Krom (6 <sup>+</sup> )	mg/l	0	0,05
6	Krom (3 <sup>+</sup> )	mg/l	0	0,5

7	Kadmium	mg/l	0	0,01
8	Kobalt	mg/l	0	1,0
9	Mangan	mg/l	0	0,5
10	Nikel	mg/l	0	0,1
11	Perak	mg/l	0	0,05
12	Raksa	mg/l	0	0,005
13	Selesium	mg/l	0	0,01
14	Seng	mg/l	0	1,0
15	Tembaga	mg/l	0	1,0
16	Timbal	mg/l	0	0,05
17	Amonia	mg/l	0,01	0,5
18	Klorida	mg/l	25	600
19	Klor Bebas	mg/l	0	0
20	Flourida	mg/l	0	1,5
21	Kesadahan	<sup>0</sup> D	5	0
22	Nitrat dan Nitrit	mg/l	0	10
23	Sulfat	mg/l	50	400
24	Sulfida	mg/l	0	0
25	Uranyl	mg/l	0	5
26	Ekstrak Karbon	mg/l	0,01	0,5
	Kloroform			
27	Herbisida	mg/l	0	0,1
28	Minyak dan Lemak	mg/l	0	-
29	Fenol	mg/l	0	0,002
30	Pestisida			
	a. Aldrin	mg/l	0	0,017
	b. Klordane	mg/l	0	0,003
	c. DDT	mg/l	0	0,042
	d. Dieldrin	mg/l	0	0,017
	e. Endriana	mg/l	0	0,001
	f. Heptaklor	mg/l	0	0,018
	g. Heptaklor Eposit	mg/l	0	0,018

	h. Lindane	mg/l	0	0,056
	i. Metoksi Klor	mg/l	0	0,035
	j. Organopospat	mg/l	0	0,1
	k. Karbonat	mg/l	0	0,1
	l. Toxophene	mg/l	0	0,5
31	Sianida	mg/l	0	0,1
32	Gross Beta	mg/l	100	1000
33	Radium 226	mg/l	1	3
34	Strontium -90	mg/l	2	10

(Sumber : NOMOR : 173/Men.Kes/Per/VIII/1977 et. al. Sugiharto, 1977)

Proses pengolahan limbah, terutama limbah cair, dapat diolah menggunakan tiga macam proses yaitu, secara fisika, kimia dan biologis. Pada pabrik Trimetiletilen, digunakan pengolahan limbah secara fisik dan kimia, dengan pertimbangan limbah yang dihasilkan tidak terlalu berbahaya.

- Pengolahan secara Fisik

Tujuan : Memisahkan bahan-bahan yang berukuran besar dan terapung

Tahapan pengolahannya antara lain :

- a. Penyaringan

Cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar

- b. Flotasi

Digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung (minyak, lemak) agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya

c. Filtrasi

Menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya

d. Adsorpsi

Menyisihkan kemungkinan adanya senyawa aromatik (fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya

• Pengolahan secara Kimia

Tujuan : Menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap seperti koloid

Tahapan pengolahannya berupa penambahan koagulan dan flokulan.

Pada pengolahan limbah, terdapat kolam ekualisasi, dimana kolam tersebut berfungsi sebagai pengatur laju alir limbah agar pengolahan limbah dapat berjalan dengan baik.

### **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, baik udara maupun limbah cair.

Laboratorium berada di bawah bagian produksi yang mempunyai tugas pokok antara lain :

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku (apakah sudah memenuhi persyaratan yang diijinkan atau tidak) dan pengendali kualitas produk (apakah sudah memenuhi spesifikasi atau belum).
2. Sebagai pengendali terhadap proses produksi dengan melakukan analisa 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 analisa khusus, yaitu analisa 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 analisa laboratorium.
- Melakukan analisa bahan buangan penyebab polusi.
- Melakukan penelitian/percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

b. Kelompok Shift

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisa-analisa 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 :

- Laboratorium Fisik
- Laboratorium Analitik
- Laboratorium Penelitian dan Pengembangan
- Laboratorium Analisa Air

### **C.1. 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
- Kandungan air

### **C.2. Laboratorium Analitik**

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat-sifat kimianya. Analisa yang dilakukan antara lain :

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

### C.3. 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.

### C.4. Laboratorium Analisa Air

Pada laboratorium analisa air ini yang dianalisa 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 analisa air adalah:

- a. pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman / kebasaaan
- b. Spektrometer, untuk menentukan konsentrasasi suatu senyawa terlarut dalam air dengan syarat larutan harus berwarna
- c. *Spectroscopy*, untuk menentukan kadar sulfat
- d. Peralatan *gravimetric*, untuk mengetahui jumlah kandungan padatan dalam air

- e. Peralatan titrasi , untuk mengetahui kandungan klorida, kalsium dan alkalinitas
- f. *Conductivity meter* , untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air

Air terdemineralisasi yang dihasilkan unit terdemineralizer juga diuji oleh departemen ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat ( $\text{SiO}_2$ ).

### **C.5. Alat Analisa**

Alat analisa yang digunakan :

- *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*, untuk menganalisa logam berat dan hidrokarbon.
- *Water Content Tester*, untuk menganalisa 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 Trimetiletilen 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 6.9.

**Tabel 6.9 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 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 dua cara, yaitu sistem pengendali elektronik. Variabel-variabel yang dikendalikan berupa temperatur, tekanan, laju alir dan level cairan. Pengendalian variabel utama proses tercantum pada Tabel 6.10.

**Tabel 6.10 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>

---