

## **VI. UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM**

### **A. Unit Utilitas**

Seperti halnya dengan pabrik-pabrik kimia lainnya, pada pabrik pembuatan metil klorida dari karbon tetraklorida dan metanol ini juga membutuhkan unit-unit yang mendukung berjalannya proses produksi dengan baik. Penyediaan unit-unit pendukung tersebut menjadi tanggung jawab unit utilitas yang mencakup unit-unit sebagai berikut:

#### **1. Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air**

Kebutuhan air yang disediakan untuk kebutuhan proses produksi di pabrik meliputi:

##### **a. Air untuk Keperluan Umum**

Kebutuhan air ini meliputi kebutuhan laboratorium, kantor, karyawan dll.

Beberapa syarat untuk air sanitasi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Syarat fisis: di bawah suhu kamar, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau, tingkat kekeruhannya sangat kecil.
- 2) Syarat kimia: tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air, logam-logam berat lainnya yang bersifat racun.
- 3) Syarat biologis: tidak mengandung bakteri atau kuman.

**Tabel 6.1 Kebutuhan air untuk keperluan umum**

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Air untuk karyawan & kantor = 150 L/orang/hari Jadi untuk 149 orang diperlukan air sejumlah	15,01	m <sup>3</sup> /hari
2	Air untuk perumahan karyawan : a. Perumahan pabrik : 20 rumah b. Rumah dihuni 5 orang : 150 L/hari.rumah Total untuk perumahan : 15.000 L/hari	15,11	m <sup>3</sup> /hari
3	Air Untuk Laboratorium diperkirakan sejumlah	3,02	m <sup>3</sup> /hari
4	Air Untuk Kebersihan dan Pertamanan	3,02	m <sup>3</sup> /hari
<b>Total kebutuhan air bersih</b>		<b>36,16</b>	<b>m<sup>3</sup>/hari</b>
		<b>1,51</b>	<b>m<sup>3</sup>/jam</b>
		<b>1.495,83</b>	<b>kg/jam</b>

#### b. Air untuk pembangkit *steam*

Air ini digunakan sebagai umpan boiler agar dapat menghasilkan *steam* yang dapat digunakan sebagai pemanas. Hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah:

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

Korosi yang terjadi di dalam ketel disebabkan air pengisi mengandung larutan asam, gas-gas terlarut, seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>.

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

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foam* (busa) pada *boiler*. Karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang 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.

Peralatan yang membutuhkan steam adalah:

**Tabel 6.2 Peralatan yang membutuhkan steam**

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Heater 01 (H-101)	305,310	kg/jam
2	Heater 02 (H-102)	850,551	kg/jam
3	Vaporizer 02 (V-302)	3306,433	kg/jam
4	Stripper (ST-301)	8611,596	kg/jam
5	Heater 03 (H-303)	1651,015	kg/jam
6	Heater 04 (H-304)	931,117	kg/jam
<b>Jumlah kebutuhan</b>		<b>15.656,022</b>	<b>kg/jam</b>
<b>over design</b>		<b>18.787,226</b>	<b>kg/jam</b>
<b>Recovery 90 %, sehingga make-up</b>		<b>1.878,723</b>	<b>m<sup>3</sup>/jam</b>

### c. Air Proses

Air ini digunakan sebagai air yang ditambahkan pada proses misalnya digunakan sebagai *solvent* atau penyerap pada proses absorpsi. Spesifikasi air proses ini sama dengan air yang digunakan sebagai umpan boiler. Peralatan yang membutuhkan air proses:

**Tabel 6.3 Peralatan yang membutuhkan air proses**

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Reaktor 01	6.249,400	kg/jam
2	Absorber Cooler 01 (AB-301)	3309,8191	kg/jam
3	Absorber Cooler 02 (AB-502)	9678,0791	kg/jam
<b>Jumlah kebutuhan</b>		<b>19.237,2982</b>	<b>kg/jam</b>
<b>Over design 20 %</b>		<b>23.083,758</b>	<b>kg/jam</b>

#### d. Air pendingin

**Tabel 6.4 Kebutuhan air untuk *Cooling Water***

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Reaktor 01 (R-201)	165.430,887	kg/jam
2	Reaktor 02 (R-402)	114.472,247	kg/jam
3	<i>Absorber Cooler</i> 01 (AB-301)	268.549,724	kg/jam
4	<i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-501)	822,289	kg/jam
5	<i>Absorber Cooler</i> 02 (AB-502)	42.218,126	kg/jam
<b>Jumlah kebutuhan</b>		<b>591.493,273</b>	<b>kg/jam</b>
<b>Over design 20 %</b>		<b>709.791,928</b>	<b>kg/jam</b>
<b>Recovery 90 %, maka <i>make - up</i></b>		<b>70.979,193</b>	<b>kg/jam</b>

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

#### e. Air Pemadam Kebakaran (Air Hidran)

Untuk air pemadam kebakaran disediakan = 2000 kg/jam = 2,014 m<sup>3</sup>/jam

Total kebutuhan air dengan *treatment* = *General uses* + *make up Boiler* + Air

Proses + *make up Cooling Water* + Air Hidrant = 62.145,362 kg/jam

Sehingga kebutuhan air total 62.145,362 kg/jam

Air yang digunakan dalam pabrik ini, seperti, air umpan boiler, air pendingin dan air keperluan umum diperoleh dari sungai letaknya dekat dengan pabrik.

Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan kebutuhan dilakukan pengolahan dengan beberapa tahap.

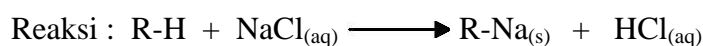
Tahapan proses pengolahan air adalah sebagai berikut:

#### **Demineralisasi**

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini 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*.

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  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  dan  $Al^{3+}$ .



Penukar anion berisi penukar ion basa lemah berupa resin amino polistirena. Resin ini dirancang untuk menghilangkan ion asam dari air atau ion-ion negatif seperti karbonat, bikarbonat, sulfat, sulfit, nitrat, nitrit, silika, dan lain-lain.



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 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan konsentrasi 4 %
2. Soda kaustik ( $\text{NaOH}$ ) dengan konsentrasi 45 % (cairan) dan 98 % (*flake* atau *solid*)

Reaksi yang terjadi pada saat regenerasi adalah :

- Pada penukar kation



- Pada penukar anion



Buangan bekas bahan kimia dari *cation exchanger* dan *anion exchanger* mengalir ke bawah kedalam kolam netralisasi melalui saluran pembuangan. Air bebas mineral yang telah diproduksi selanjutnya akan dialirkan ke tangki penampungan air *demin*.

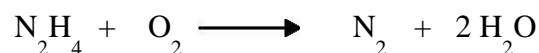
## 2. Unit Penyedia Steam

Digunakan dalam pabrik metil klorida ini adalah *steam saturated* dengan suhu  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $144\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Steam ini dipergunakan untuk menukar panas pada aliran yang perlu dinaikkan suhunya. Sistem penyediaan *steam* terdiri dari deaerator dan boiler (steam generator).

### a. Deaerasi

Proses deaerasi terjadi dalam deaerator yang berfungsi untuk membebaskan 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 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:



### b. *Steam Generation*

Pembentukan *steam* terjadi di dalam boiler (*steam generator*). Pada pabrik metil klorida ini digunakan boiler jenis *fire tube boiler* yang mirip dengan *shell and tube heat exchanger* dengan gas pembakar mengalir melalui tube. *Fire tube boiler* digunakan untuk membangkitkan *steam*.

### 3. Unit Penyedia Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik metil klorida ini dipenuhi oleh PLN dan generator pabrik, hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik yaitu berdasarkan pada pertimbangan:

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

Generator cadangan berkekuatan 500 kW dapat beroperasi selama 3 hari. Generator yang dipakai adalah jenis generator AC tiga fase, karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain :

- Tegangan listrik stabil, daya kerja lebih besar.

- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
- Motor tiga fase harganya relatif lebih murah dan sederhana.

Kebutuhan listrik untuk pabrik direncanakan untuk penerangan seluruh area pabrik, keperluan proses dan keperluan utilitas.

Kebutuhan listrik total sebesar 0,3070 MW dengan *over desain* 10 %, sehingga kebutuhan total = 0,3377 MW

#### **4. Unit Penyedia 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.

#### **5. Unit Refrigerant**

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

Temperatur masuk ammonia (gas) =  $-33,5^{\circ}\text{C}$  ( $P = 12 \text{ atm}$ )

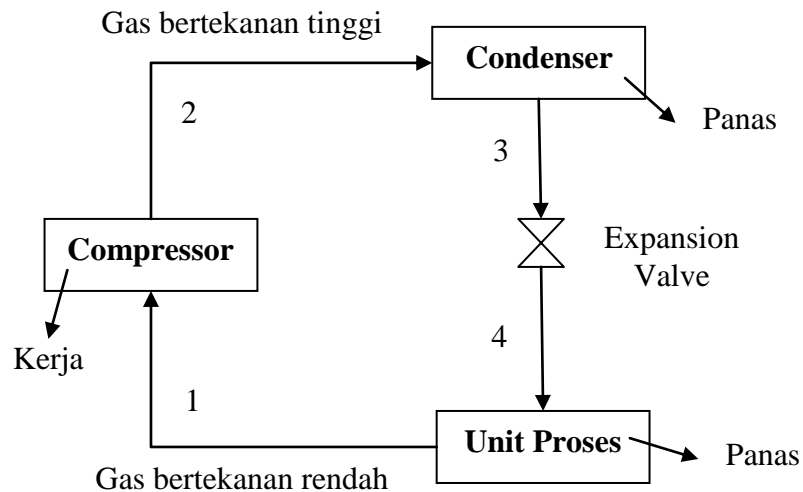
Temperatur keluar ammonia (cair) =  $-33,5^{\circ}\text{C}$



Ammonia cair masuk berwujud cair dan keluar dengan fase gas. 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 diatas 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/daur yang paling banyak digunakan dalam daur refrigerasi. Proses-proses yang membentuk daur kompresi uap adalah :



Gambar 6.1 Siklus Refrigerasi

Keterangan :

- 1-2 Kompresi adiabatik dan reversibel, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor
- 2-3 Pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrigeran
- 3-4 Ekspansi irreversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan Cooler.
- 4-1 Penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh

Ammonia yang digunakan sebagai refrigerant mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- $T = -33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $H_v$  ammonia pada  $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C} = 1.417,4980\text{ kJ/kg}$
- $H_f$  ammonia pada  $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C} = 47,9006\text{ kJ/kg}$
- $\lambda$  (panas laten)  $= 1.369,5973\text{ kJ/kg}$

Dan dari perhitungan neraca panas telah diketahui kebutuhan ammonia *refrigerant* pada masing-masing alat yang membutuhkan pendingin, seperti pada tabel berikut.

**Tabel 6.5 Kebutuhan Ammonia**

No	Alat	Kebutuhan Amonia (kg/jam)
1.	CH-501	826,174
<b>Total</b>		<b>826,174</b>

## 6. Unit Penyedia Bahan Bakar

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

Pemilihan didasarkan pada pertimbangan bahan bakar cair:

- mudah didapat
- tersedia secara kontinyu
- mudah dalam penyimpanannya

## 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. 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 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*.

#### 1. 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 diantaranya sebagai berikut :

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

#### 2. 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 :

**a. Laboratorium Fisika**

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

**b. Laboratorium Analitik**

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

Analisa 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 Analisa Air

Pada laboratorium Analisis air ini yang di analisa 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 :

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

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

umpan *boiler* yang dianalisis antara lain kadar hidrazin, amonia dan ion fosfat.

#### e. Alat Analisa

Alat Analisa yang digunakan :

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

### C. Instrumentasi dan Pengendalian Proses

Sumber udara pabrik dan udara instrumen adalah dari udara proses yang dihasilkan oleh kompresor dan dikirim ke penerima udara. Udara dari sekeliling mengalir melalui *filter* udara dan selanjutnya dikompresi oleh kompresor udara yang digerakkan oleh penggerak motor. Udara bertekanan selanjutnya didinginkan oleh *after Cooler* dan kemudian mengalir melewati pemisah air dan selanjutnya dialirkan ke penerima udara.

Sumber udara instrumen berasal dari kompresor udara proses Udara pabrik didefinisikan sebagai udara kering (*dew point* rendah) yang dipakai terbatas untuk pengoperasian instrumentasi. Udara pabrik dari penerima udara dialirkan ke instrumen oleh kompresor dimana kandungan air diturunkan oleh bahan pengering hingga memenuhi *dew point* menjadi udara instrumen dan dikirim ke pemakai melewati *instrument air heater*.

Udara instrumen adalah udara kering (*dew point* rendah) yang dipergunakan terbatas untuk pengoperasian instrumentasi. Unit udara tekan diperlukan untuk menggerakkan instrumen-instrumen pengendalian proses yang ada dalam

pabrik metil klorida. Kebutuhan udara tekan diasumsikan sebesar  $\pm 20,08$  m<sup>3</sup>/jam.

#### **D. Pengolahan Limbah**

Pada pabrik metil klorida 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. Penetralkan 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.