

## **BAB IV**

### **UNIT PENDUKUNG PROSES**

Unit pendukung proses atau unit utilitas merupakan unit penunjang dari suatu proses utama pabrik, utilitas ini sangat penting dalam pelaksanaan operasi dan proses (Bachtiar&Muwaffaq, 2021). Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik ammonium sulfat adalah:

#### 1. Unit Penyediaan Air

Unit ini berfungsi menyediakan kebutuhan air pabrik dari pengadaan, pengolahan, sampai siap digunakan untuk air proses, air pendingin, air *hydrant*, air umpan boiler, dan air sanitasi.

#### 2. Unit Penyediaan *Steam*

Unit ini berfungsi menyediakan kebutuhan *steam* sebagai fluida pemanas pada *heat exchanger* dan *air heater*.

#### 3. Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit ini berfungsi menyediakan udara tekan yang dipakai dalam peralatan sistem.

#### 4. Unit Penyediaan Listrik

Unit ini berfungsi menyediakan kebutuhan listrik pabrik untuk tenaga penggerak peralatan proses, peralatan utilitas, penerangan, dan peralatan elektronik. Listrik di pabrik ini akan disuplai oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan generator berbahan bakar solar. Apabila suplai listrik dari PLN dan generator utama terjadi gangguan, maka disediakan generator cadangan.

#### 5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan boiler dan generator.

#### 6. Unit Pengolahan Limbah

Unit ini berfungsi mengolah limbah pabrik yang berupa padat, cair, maupun gas.

#### 7. Laboratorium

Laboratorium berfungsi untuk melakukan analisis terhadap bahan baku, produk, serta limbah. Selain itu, laboratorium juga digunakan untuk pengendalian mutu (*quality control*) agar produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

### **4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air**

Kebutuhan air bagi suatu industri diperlukan sebagai bahan penunjang kegiatan langsung maupun tidak langsung. Menurut Setiadi (2016), penggunaan air di industri digunakan untuk sistem pembangkit uap (*boiler*), sistem pendingin, sistem pemroses (air proses), sistem pemadam

kebakaran, dan air minum. Air yang dibutuhkan disuplai dari 2 sumber air, yaitu Sungai Brantas (*Water Intake* Gunungsari) dan Sungai Bengawan Solo (*Water Intake* Babat). Sumber air tersebut akan diproses terlebih dahulu karena air yang diperoleh masih tergolong *hard water* yang memerlukan pengolahan lebih lanjut guna memenuhi spesifikasi kualitas air yang dipersyaratkan dalam proses produksi. Adapun spesifikasi dari masing-masing sumber air yaitu:

1. *Water Intake* Gunungsari

- Jenis : *hard water*
- pH : 7,5 – 8,5
- Total *hardness* : 220 ppm sebagai CaCO<sub>3</sub>
- Kapasitas : 800 m<sup>3</sup>/jam

(PT Petrokimia Gresik, 2021)

2. *Water Intake* Babat

- Jenis : *hard water*
- pH : 7,5 – 8,5
- Total *hardness* : 220 ppm sebagai CaCO<sub>3</sub>
- Kapasitas : ± 2800 m<sup>3</sup>/jam

(PT Petrokimia Gresik, 2021)

Persyaratan kualitas air yang dapat digunakan dalam industri berbeda-beda tergantung kepada tujuan penggunaan air tersebut. Air yang berasal dari alam pada umumnya belum memenuhi persyaratan yang diperlukan sehingga harus menjalani proses pengolahan lebih dahulu. Pada pabrik amonium sulfat, terdapat tiga jenis kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang operasional pabrik. Setiap jenis air memiliki persyaratan kualitas (baku mutu) yang berada sesuai dengan penggunaannya. Adapun kebutuhan air tersebut beserta standar baku mutu dan proses pengolahannya dijelaskan sebagai berikut.

- **Air Umpan Boiler**

Air umpan boiler memerlukan kualitas yang sesuai dengan standar yang ditetapkan untuk mencegah terjadinya korosi, pembentukan kerak, dan penurunan efisiensi operasi boiler. Berdasarkan tekanan operasi boiler sebesar 690 psig, baku mutu air umpan yang digunakan mengacu pada standar *American Society of Engineers* (ASME) untuk rentang tekanan 601-750 psig. Persyaratan kualitas air umpan boiler tersebut disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Spesifikasi Air Umpan Boiler

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Syarat Baku Mutu</b>
<i>Iron</i>	ppm Fe	0,025
<i>Copper</i>	ppm Cu	0,020
Total <i>hardness</i>	ppm CaCO <sub>3</sub>	0,200
<i>Silica</i>	ppm SiO <sub>2</sub>	30
Total alkalinitas	ppm CaCO <sub>3</sub>	400
Konduktivitas	$\mu s/cm$	4000

Air baku yang akan digunakan sebagai air umpan boiler diolah melalui beberapa tahapan pengolahan untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi, kesadahan, dan mineral terlarut yang berpotensi merusak alat. Tahapan tersebut meliputi proses sedimentasi, klasifikasi, dan demineralisasi sehingga diperoleh air dengan kualitas yang memenuhi baku mutu air umpan boiler.

➤ Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu proses yang bertujuan memisahkan/mengendapkan zat-zat padat atau suspensi non-koloidal dalam air. Pengendapan dapat dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Cara yang sederhana adalah dengan membiarkan padatan mengendap dengan sendirinya. Setelah partikel-partikel mengendap, maka air yang jernih dapat dipisahkan dari padatan yang semula tersuspensi di dalamnya.

➤ Klarifikasi

Proses klarifikasi bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, baik yang kasar, halus atau bersifat koloid. Proses ini mencakup koagulasi, flokulasi dan sedimentasi yang masing-masing merupakan langkah-langkah tersendiri dengan persyaratan tertentu yang harus dipenuhi untuk memperoleh hasil yang dikehendaki.

➤ Aerasi

Aerasi adalah proses mekanis pencampuran air dengan udara. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut

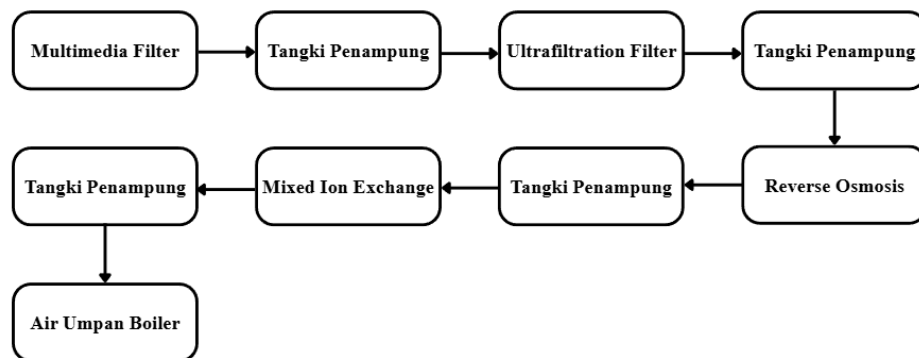
- Membantu dalam pemisahan logam-logam yang tak diinginkan seperti besi (Fe) dan mangan (Mn).

- Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air terutama yang bersifat korosif. Contoh gas seperti ini adalah CO<sub>2</sub> yang dapat menurunkan pH air sehingga membantu proses korosi pada logam.
- Menghilangkan bau, rasa dan warna yang disebabkan oleh mikroorganismenya. Penurunan kualitas air tersebut disebabkan oleh bahan organik yang mengalami dekomposisi, sisa-sisa atau bahan-bahan hasil metabolisme mikroba.

➤ *Demineralized Water Unit*

Unit demineralisasi berfungsi untuk mengubah air jernih hasil pengolahan tahap sebelumnya (*raw clarified water*) menjadi air bebas mineral atau air terdemineralisasi (*demineralized water*) yang memiliki kandungan mineral sangat rendah. Air demineralisasi ini selanjutnya digunakan sebagai air umpan untuk *boiler feed water*. Penggunaan air demineralisasi sangat penting karena dapat mencegah pembentukan kerak (*scaling*) pada peralatan produksi.

Proses demineralisasi air secara umum meliputi tahapan *raw clarified water* dari multi media filter dialirkan ke unit ultrafiltrasi, kemudian disaring pada unit *reverse osmosis*. Air hasil *osmosis* balik selanjutnya melewati *deaeration tower* untuk menghilangkan gas terlarut, dan akhirnya dialirkan ke *mixed bed ion exchanger* untuk tahap pertukaran ion final, sehingga menghasilkan air bebas mineral yang siap digunakan.



Gambar 4. 1. Proses Pengolahan *Demin Water*

Proses demineralisasi air dimulai dengan pengumpanan *raw clarified water* ke *multimedia filter* (30-FIL-6401) menggunakan pompa (30-P-9306 A/B). Multimedia filter berbentuk *vessel* dan dilengkapi beberapa lapisan media penyaring yang berfungsi

menghilangkan sebagian besar *organic matter*, *suspended solid*, serta klorin terlarut yang masih terkandung dalam air baku. Air hasil penyaringan kemudian ditampung di *multimedia filter water tank* (30-TK-6411).

Dari *multimedia filter water tank* (30-TK-6411), air dipompa menggunakan *UF feed pump* (30-P-6412 A/B) menuju *ultrafiltration unit* (30-F-6402). Pada unit ini dilakukan penyaringan lanjutan untuk menghilangkan partikel berukuran sangat kecil, termasuk bakteri dan mikroorganisme lainnya yang masih terdapat di dalam air. Air hasil proses ultrafiltrasi selanjutnya ditampung di *UF filtered water tank* (30-TK-6401).

Air dari *UF filtered water tank* (30-TK-6401) kemudian dialirkan menuju *reverse osmosis package* (30-FIL-6404) menggunakan *reverse osmosis feed pump* (30-P-6401 A/B). Pada unit *reverse osmosis*, air dilewatkan melalui membran semipermeabel yang berfungsi mengurangi kandungan ion-ion terlarut, garam mineral, serta zat-zat terlarut lainnya yang masih tersisa setelah proses penyaringan sebelumnya. Air hasil proses ini kemudian dialirkan ke *back wash tank* (30-TK-6410) yang digunakan sebagai sumber air untuk proses *backwash* pada unit filtrasi.

Selanjutnya air diumpankan ke *deaeration tank* (30-B-6401) yang dilengkapi *deaeration blower* (30-C-6401). Pada tahap ini dilakukan penghilangan gas-gas terlarut, terutama oksigen dan karbon dioksida, yang dapat menyebabkan korosi pada peralatan dan jaringan perpipaan *sistem boiler*. Air hasil deaerasi kemudian ditampung di *deaeration water tank* (30-TK-6402).

Dari *deaeration water tank* (30-TK-6402), air dipompa menggunakan *deaeration water pump* (30-P-6404 A/B) menuju *mixed bed ion exchanger* (30-E-6401 A/B). Unit ini berisi campuran resin kation dan resin anion yang berfungsi menghilangkan sisa ion-ion terlarut yang belum tereliminasi pada proses sebelumnya. Melalui proses pertukaran ion, kandungan mineral dan garam terlarut dalam air dapat direduksi hingga mencapai tingkat kemurnian yang sesuai untuk kebutuhan utilitas.

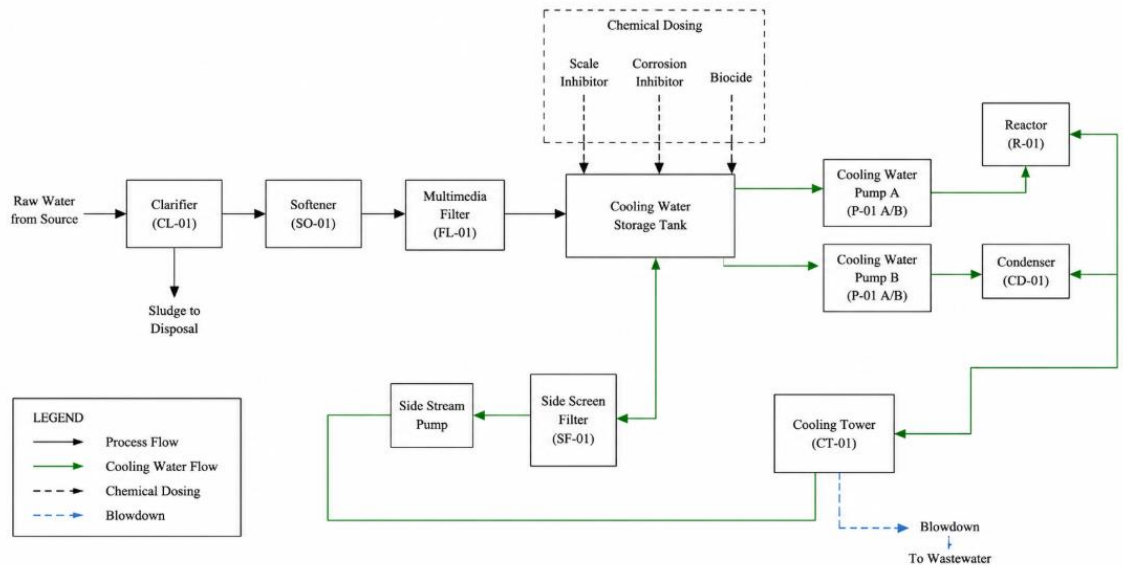
Air hasil pengolahan dari *mixed bed ion exchanger* (30-E-6401 A/B) merupakan air demineralisasi dengan tingkat kemurnian tinggi yang selanjutnya ditampung di dalam *demineralized water tank* (TK-6403 A/B). Air demineralisasi tersebut kemudian digunakan sebagai air umpan boiler maupun kebutuhan utilitas lain yang memerlukan kualitas air dengan kandungan mineral yang sangat rendah.

- **Air Pendingin (*Cooling Water*)**

Berdasarkan standar kualitas air pendingin *Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association Standard* (JRA-GL02:1994), kualitas *cooling water* harus dikendalikan pada rentang tertentu untuk mencegah terjadinya korosi, pembentukan kerak (*scaling*), dan penurunan efisiensi perpindahan panas pada sistem pendingin. Selain itu, kandungan padatan terlarut dan zat-zat korosif harus dijaga serendah mungkin agar tidak menimbulkan pengendapan maupun kerusakan pada peralatan seperti cooling tower, *heat exchanger*, pompa, dan jaringan perpipaan. Standar baku mutu *cooling water* menurut JRA-GL02:1994 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Air Pendingin

Parameter	Satuan	Syarat Baku Mutu
pH		6,5 – 8,2
Konduktivitas	mS/m	≤ 80
Ion Klorida, Cl <sup>-</sup>	mg/L	≤ 200
Ion Sulfat, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	≤ 200
M-Alkalinity (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	≤ 100
Total <i>Hardness</i> (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	≤ 200
<i>Calcium Hardness</i>	mg/L	≤ 150
Silika Terionisasi, SiO <sub>2</sub>	mg/L	≤ 50
Besi, Fe	mg/L	≤ 1,0
Tembaga, Cu	mg/L	≤ 0,3
Amonium, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	≤ 1,0
Klorin Residu	mg/L	≤ 0,3
Karbon Dioksida Bebas, CO <sub>2</sub>	mg/L	≤ 4,0



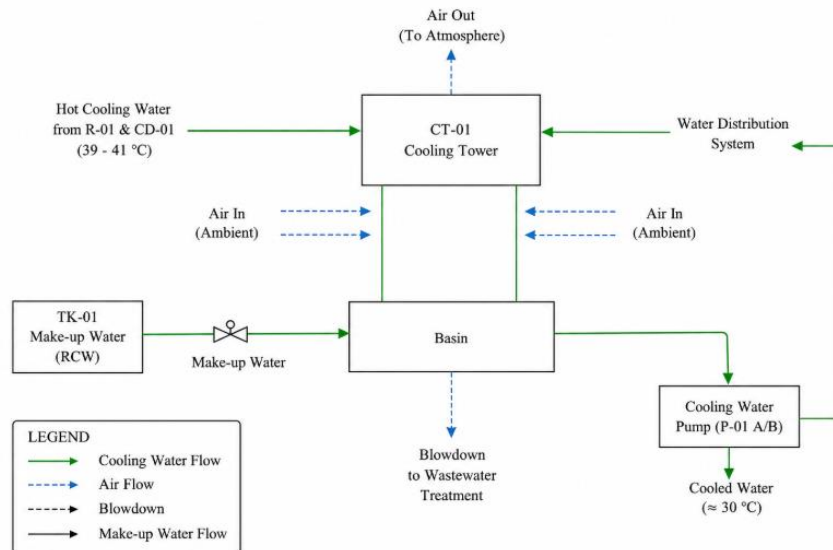
Gambar 4. 2. Proses Pengolahan *Cooling Water*

Proses penyediaan *cooling water* diawali dengan pengumpanan air baku (*raw water*) ke unit *clarifier* (CL-01). Pada unit ini dilakukan proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi, lumpur, serta sebagian bahan organik yang terkandung dalam air. Padatan yang terpisah dikeluarkan sebagai *sludge* untuk selanjutnya ditangani pada unit pengolahan limbah. Air hasil klarifikasi kemudian dialirkan menuju *Softener* (SO-01) untuk menurunkan kandungan ion penyebab kesadahan, terutama ion kalsium dan magnesium. Pengurangan kesadahan bertujuan untuk meminimalkan potensi pembentukan kerak (*scaling*) pada sistem pendingin.

Selanjutnya air diumpankan ke multimedia filter (FIL-01) untuk menghilangkan sisa padatan halus yang masih terbawa dari proses sebelumnya. Tahap filtrasi ini menghasilkan air dengan kualitas yang sesuai untuk digunakan sebagai *makeup water* pada sistem *cooling water*. Air hasil penyaringan kemudian ditampung di dalam *cooling water tank* (TK-01). Pada unit ini dilakukan penambahan bahan kimia berupa *scale inhibitor*, *corrosion inhibitor*, dan *biocide*. Penambahan bahan kimia tersebut bertujuan untuk mencegah pembentukan kerak, menghambat korosi pada peralatan, serta mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme di dalam sistem pendingin.

Dari *cooling water tank* (TK-01), air dipompa menggunakan *cooling water tank* (P-01 A/B) menuju Reaktor (R-01) dan sondensor (CD-01). Di dalam Reaktor dan Kondensor, *cooling water* berfungsi menyerap panas dari fluida proses sehingga temperatur *cooling*

water meningkat. *Cooling water* yang telah menyerap panas kemudian dialirkan menuju *cooling tower* (CT-01). Di dalam *cooling tower* (CT-01), air panas didistribusikan ke bagian atas menara dan disemprotkan melalui sistem distribusi air sehingga membentuk butiran-butiran kecil yang jatuh menuju bak penampungan di dasar menara. Pada saat yang sama, udara luar masuk melalui bagian samping menara dan ditarik ke atas oleh kipas yang terpasang pada puncak *cooling tower*. Kontak langsung antara air dan udara menyebabkan sebagian kecil air mengalami penguapan sehingga panas dilepaskan ke atmosfer dan temperatur air menurun.



Gambar 4. 3. Mekanisme *Cooling Tower*

Air yang telah didinginkan selanjutnya dikembalikan ke *cooling water tank* (TK-01) untuk digunakan kembali sebagai media pendingin. Untuk menjaga kualitas air selama sistem beroperasi, sebagian aliran *cooling water* secara kontinu dialirkan ke *side stream filter* (SSF-01) guna menghilangkan partikel halus, produk korosi, dan material organik yang terakumulasi dalam sistem. Air hasil penyaringan kemudian dikembalikan ke *cooling water tank* (TK-01) sehingga kualitas *cooling water* tetap terjaga dan efisiensi perpindahan panas dapat dipertahankan.

- **Air Sanitasi**

Kualitas air untuk keperluan sanitasi pada pabrik harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023

tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Persyaratan tersebut mencakup parameter mikrobiologi, fisik, dan kimia untuk menjamin air aman digunakan dalam kegiatan sanitasi dan kebutuhan domestik di lingkungan pabrik. Parameter baku mutu tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

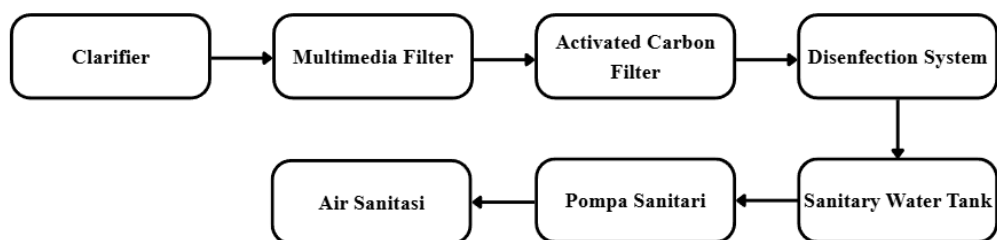
Tabel 4. 3 Spesifikasi Air Sanitasi

No.	Parameter	Satuan	Syarat Baku Mutu
1.	<b>Mikrobiologi</b>		
	Escherichia coli	CFU/100 ml	0
	Total Coliform	CFU/100 ml	0
2.	<b>Fisik</b>		
	Suhu	°C	± 3
	Total Dissolve Solid (TDS)	mg/L	< 300
	Kekeruhan	NTU	< 3
	Warna	TCU	10
	Bau	-	Tidak Berbau
3.	<b>Kimia</b>		
	pH	-	6,5 – 8,5
	Nitrat (sebagai NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) terlarut	mg/L	20
	Nitrit (sebagai NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) terlarut	mg/L	3
	Kromium valensi 6 (Cr <sup>6+</sup> ) terlarut	mg/L	0,01
	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,2
	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1

Proses penyediaan air sanitasi diawali dengan pengumpanan air baku (*raw water*) menuju *clarifier* (CL-01). Pada unit ini dilakukan proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi, lumpur, serta sebagian bahan organik yang terkandung di dalam air. Padatan yang mengendap dipisahkan sebagai lumpur (*sludge*), sedangkan air jernih hasil pengolahan dialirkan ke tahap berikutnya. Air hasil klarifikasi kemudian diumpankan ke multimedia filter (FIL-01) yang berisi lapisan media penyaring seperti antrasit, pasir silika, dan kerikil. Unit ini berfungsi menghilangkan partikel-partikel halus yang masih terbawa dari

proses sebelumnya sehingga kekeruhan air dapat diturunkan dan kualitas air menjadi lebih baik.

Selanjutnya air dialirkan menuju *activated carbon filter* (ACF-01). Pada unit ini, karbon aktif berfungsi menyerap senyawa organik, warna, bau, serta zat-zat terlarut yang dapat memengaruhi kualitas air sanitasi. Selain itu, karbon aktif juga membantu memperbaiki karakteristik fisik air sehingga lebih sesuai untuk kebutuhan *higiene* dan sanitasi. Air hasil penyaringan kemudian diumpankan ke unit *disinfection system* (DIS-01). Pada tahap ini dilakukan proses desinfeksi menggunakan bahan kimia desinfektan atau metode sterilisasi lainnya untuk menghilangkan bakteri, virus, dan mikroorganisme patogen yang masih terdapat di dalam air. Proses desinfeksi bertujuan memastikan kualitas mikrobiologi air memenuhi persyaratan *higiene* dan sanitasi yang berlaku.



Gambar 4. 4. Proses Pengolahan Air Sanitasi

Selanjutnya air ditampung di dalam *sanitary water tank* (TK-01) sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum didistribusikan. Dari tangki tersebut, air dipompa menggunakan *sanitary water pump* (P-01 A/B) menuju berbagai fasilitas sanitasi di area pabrik, seperti toilet, wastafel, *emergency shower*, *eyewash station*, serta kebutuhan kebersihan bangunan dan fasilitas umum lainnya. Melalui rangkaian proses klarifikasi, filtrasi, adsorpsi, dan desinfeksi tersebut, air yang dihasilkan memenuhi persyaratan kualitas air *higiene* dan sanitasi sesuai ketentuan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, sehingga aman digunakan untuk menunjang kegiatan operasional dan kebutuhan domestik di lingkungan pabrik.

#### 4.1.1 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Kebutuhan air untuk steam pada pabrik amonium sulfat, dengan kapasitas 800.000 ton/tahun, dapat diketahui dari persamaan neraca panas pada HE-01, HE-02, AH-03. Kebutuhan steam dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Tabel Kebutuhan *Steam*

<b>Alat</b>	<b>Kebutuhan (Kg/Jam)</b>
<i>Heat exchanger</i> - 01	3231.310726
<i>Heat exchanger</i> - 02	3825.602584
<i>Air heater</i> - 01	15041.5372
<b>Total</b>	22098.45051

#### 4.1.2 Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air untuk mendinginkan pada pabrik amonium sulfat dengan kapasitas 800.000 ton/tahun, antara lain untuk kebutuhan pendingin reaktor (saturator) dan kondensor. Diketahui dari persamaan neraca panas pada reaktor dan kondensor bahwa kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 5 Kebutuhan Air Pendingin

<b>Alat</b>	<b>Kebutuhan (Kg/Jam)</b>
R-01	449017.3112
CD-01	10193.03205
<b>Total</b>	459210.3432

*Cooling water* yang digunakan memiliki suhu 30°C dan suhu keluar 40°C.

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air pendingin} &= 459210.3432 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 11021.04824 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Diperkirakan air hilang sebesar 10% sehingga *make up* air untuk air pendingin:

$$\begin{aligned} \text{Air make up} &= 11021.04824 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Total kebutuhan air pendingin} &= 12123.15306 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

#### 4.1.3 Kebutuhan Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan, laboratorium, perkantoran, dan keperluan lainnya. Penyediaan air sanitasi pada pabrik ini mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, khususnya Pasal 8 mengenai klasifikasi mutu air dan Pasal 9 mengenai baku mutu

air, serta Pasal 13 dan Pasal 14 yang mengatur kewajiban menjaga kualitas air dan larangan pencemaran. Oleh karena itu, air yang digunakan harus memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan agar aman untuk kebutuhan sanitasi. Jumlah air sanitasi yang dibutuhkan pada Pabrik amonium sulfat adalah sebagai berikut:

- **Air sanitasi untuk karyawan**

Kebutuhan air untuk karyawan	=	50 L/orang.hari
Jumlah karyawan	=	148 orang
Kebutuhan air karyawan	=	7400 L/hari
Kebutuhan air karyawan	=	7,4 m <sup>3</sup> /hari

Maka pemakaian air sanitasi untuk karyawan yaitu 6300 L/hari.

- **Kebutuhan air untuk laboratorium**

Kebutuhan air untuk laboratorium akan direncanakan 20% dari kebutuhan karyawan sehingga kebutuhan air sanitasi untuk laboratorium adalah:

Kebutuhan air karyawan	=	7.4 m <sup>3</sup> /hari
Air sanitasi laboratorium	=	20 % x 7,400 L/hari
Air sanitasi laboratorium	=	1480 L/hari
Air sanitasi laboratorium	=	1,48 m <sup>3</sup> /hari

- **Kebutuhan air untuk hidran dan cadangan air**

Perencanaan kebutuhan air hidran dilakukan berdasarkan metode yang digunakan oleh Rafianza et al. (2024) yang mengacu pada SNI 03-1735-2000 dan NPFA . Luas total bangunan pabrik yang direncanakan adalah 19.770 m<sup>2</sup>.

luas bangunan	=	19770	m <sup>2</sup>
Luas bangunan indoor	=	8770	m <sup>2</sup>
Luas bangunan outdoor	=	11000	m <sup>2</sup>

*Hydrant indoor*

Q	=	400	L/menit
t operasi	=	30	menit
kebutuhan <i>hydrant box</i>	=	8.77	buah

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan } hydrant \text{ box} &= 9 && \text{buah} \\ \text{kebutuhan air } hydrant \\ \text{box} &= 108000 && \text{L} \\ \text{kebutuhan air } hydrant \\ \text{box} &= 108 && \text{m}^3 \end{aligned}$$

#### *Hydrant outdoor*

- Jika luas  $\leq 1000 \text{ m}^2$  dibutuhkan 2 *hydrant pillar*
- Setiap tambahan  $1000 \text{ m}^2$ , tambah 1 *hydrant pillar*

$$\begin{aligned} Q &= 1200 && \text{L/menit} \\ t &= 45 && \text{menit} \\ \text{Jumlah } hydrant \text{ pilar} &= 12 && \text{buah} \\ \text{Kebutuhan } hydrant \text{ pilar} &= 648000 && \text{L} \\ \text{Kebutuhan } hydrant \text{ pilar} &= 648 && \text{m}^3 \\ \\ \text{Kebutuhan total air hidran} &= 756 && \text{m}^3 \end{aligned}$$

## 4.2 Unit Penyediaan Steam

*Steam* digunakan sebagai media pemanas pada *heat exchanger* untuk proses pemanasan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{NH}_3$ , serta pada *air heater* pada *rotary dryer*. Penyediaan *steam* dilakukan melalui *boiler* dengan air umpan yang disuplai dari *boiler feed water*. *Steam* yang digunakan merupakan saturated steam dengan suhu  $150^\circ\text{C}$  dan tekanan 4.7 atm. Kebutuhan *steam* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Perhitungan debit harian

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan air untuk } steam &= 22098.45051 && \text{kg/jam} \\ \text{kebutuhan air untuk } steam &= 22.09845051 && \text{m}^3/\text{jam} \\ \text{kebutuhan air untuk } steam &= 530.3628122 && \text{m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Diasumsikan kehilangan air dalam sistem *steam* (*blowdown*, kebocoran, dll) sebesar 10%,

$$\begin{aligned} \text{Make up water} &= 10\% \times \text{total debit harian} \\ \text{Make up water} &= 53.03628122 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Total kebutuhan umpan air *boiler*

$$\begin{aligned} \text{Total air kebutuhan air boiler} &= \text{debit harian} + \text{make up} \\ \text{Total air kebutuhan air boiler} &= 583.3990934 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan BFW saat *start-up*

$$\begin{aligned} \text{BFW start up} &= \text{debit total} \times 110\% \\ \text{Total air kebutuhan air boiler} &= 641.7390028 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan BFW saat operasi normal (*make-up* air untuk *boiler*)

BFW normal = *steam trap* + *blowdown*

Diasumsikan *steam trap* loss 10% dan *blowdown* 2%

$$\text{BFWnormal} = \text{steam trap} + \text{blowdown}$$

$$\text{BFWnormal} = 70.007 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\% \text{ make up water} = \text{make up water} / \text{air masuk boiler} \times 100 \%$$

$$\% \text{ make up water} = 10.90909091 \%$$

$$\% \text{ kondensat} = 100\% - \% \text{ make up water}$$

$$\% \text{ kondensat} = 89.09090909 \%$$

Perhitungan kapasitas *boiler*

Persamaan yang didapat dari Severn (1964) hal. 139:

$$Q = ms (h-h_f)$$

Dengan :

Q = kapasitas boiler; h = entalpi *steam* pada P dan T tertentu (Btu/lb); ms = massa *steam*; h<sub>f</sub> = entalpi *feed boiler* (Btu/lb).

Kondisi *steam*

Data diperoleh dari Tabel F.1 Hal. 684 (Smith et al., 6<sup>th</sup>, 2001)

$$T = 151 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 424.15 && \text{K} \\
 h &= 2745.4 && \text{kJ/kg} \\
 h &= 1180.24746 && \text{btu/lb} \\
 P &= 4.7 && \text{atm} \\
 P &= 69.07073 && \text{psia}
 \end{aligned}$$

Kondisi *make up*

$$\begin{aligned}
 T &= 30 && ^\circ\text{C} \\
 T &= 303.15 && \text{K} \\
 hf2 &= 125.7 && \text{kJ/kg} \\
 hf2 &= 54.03843 && \text{btu/lb}
 \end{aligned}$$

Kondisi kondensat kembali

$$\begin{aligned}
 T &= 105 && ^\circ\text{C} \\
 T &= 378.15 && \text{K} \\
 hf1 &= 440.15 && \text{kJ/kg} \\
 hf1 &= 189.220485 && \text{btu/lb}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 hf &= (x1 \cdot h \text{ liq } 30^\circ\text{C}) + (x2 \cdot h \text{ liq } 150^\circ\text{C}) \\
 hf &= 405.84 && \text{btu/lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q1 &= m_s \times (h - hf) \\
 Q1 &= 496963.3873 && \text{btu/jam}
 \end{aligned}$$

Menentukan luas perpindahan panas

Menurut Severn (1964) Hal. 140, konversi panas menjadi daya adalah:

*Boiler Saturated Steam*

$$\begin{aligned}
 \text{HP} &= Q / (970.3 \times 34.5) \\
 \text{HP} &= 14.84 && \text{HP}
 \end{aligned}$$

Dari Severn (1964) Hal. 126, ditentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft<sup>2</sup>/HP

$$\text{Total heating surface boiler} = 148.456 \text{ ft}^2$$

Perhitungan kebutuhan bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah minyak residu (*fuel oil grade 2*) atau biasa disebut *marine fuel oil* (MFO). Berdasarkan PT Pertamina, spesifikasi dari MFO yaitu:

Tabel 4. 6 Spesifikasi *Marine Fuel Oil*

<b>Jenis Bahan Bakar</b>	<b>Gross heatin value (Btu/lb)</b>	<b>Net heating value (Btu/lb)</b>	<b>Densitas (lb/ft<sup>3</sup>)</b>
<i>Marine Fuel Oil</i>	18300	17800	61.86610895

Rumus kebutuhan bahan bakar :

$$mf = Q / (f \times \eta)$$

$$vf = mf / \rho$$

Keterangan :

Q = Panas yang dihasilkan *boiler* (Btu/jam)

mf = Massa bahan bakar (lb/jam)

f = *Heating value* bahan bakar (Btu/jam)

η = Efisiensi *boiler* (80%)

vf = Laju alir volumetrik

$$mf = 34.899 \text{ lb/jam}$$

$$vf = 0.0159 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan kebutuhan bahan bakar saat *start up*

Pada tahap *start up boiler* digunakan bahan bakar *Industrial Diesel Oil* (IDO) atau *Marine Diesel Fuel* (MDF) untuk mempermudah proses penyalaan awal *burner*. Penggunaan IDO

dilakukan hingga nyala api stabil dan tekanan operasi *boiler* tercapai, kemudian bahan bakar dialihkan ke minyak residu (*fuel oil grade 2*). Berdasarkan PT Pertamina, spesifikasi IDO sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Spesifikasi *Industrial Diesel Oil*

<b>Jenis Bahan Bakar</b>	<b>Gross heatin value (Btu/lb)</b>	<b>Net heating value (Btu/lb)</b>	<b>Densitas (lb/ft<sup>3</sup>)</b>
<i>Marine Fuel Oil</i>	19800	18300	53.063

Rumus kebutuhan bahan bakar :

$$mf = Q / (f \times \eta)$$

$$vf = mf / \rho$$

Keterangan :

Q = Panas yang dihasilkan *boiler* (Btu/jam)

mf = Massa bahan bakar (lb/jam)

f = *Heating value* bahan bakar (Btu/jam)

$\eta$  = Efisiensi *boiler* (80%)

vf = Laju alir volumetrik

$$mf = 33.94 \quad \text{lb/jam}$$

$$vf = 0.018 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$

Spesifikasi *boiler*

Tipe : *Fire tube boiler*

Jumlah : 1 buah

*Heat surface* : 182.475568 ft<sup>2</sup>

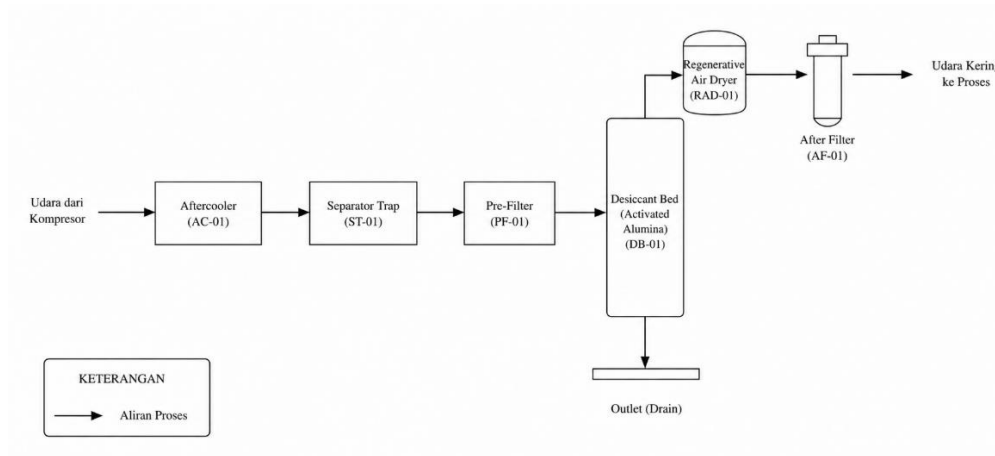
Tekanan : 4.7 atm

Temperatur : 151 °C

Bahan bakar : *Industrial Diesel Oil* dan *Marine Fuel Oil*

### 4.3 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan yang digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi di area proses dihasilkan dari kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa. Udara tekan yang dihasilkan harus bersifat kering, bebas minyak dan tidak mengandung impuritas.



Gambar 4. 5 Proses Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan berfungsi untuk menyediakan udara bertekanan yang digunakan sebagai media penggerak peralatan pneumatik dan mendukung berbagai kebutuhan operasional di area produksi. Udara tekan yang dihasilkan terdiri atas dua jenis, yaitu *plant air* (udara proses) dan *instrument air* (udara instrumen). Udara dari lingkungan terlebih dahulu dihisap dan dikompresi menggunakan kompresor hingga mencapai tekanan yang diperlukan. Udara yang akan digunakan sebagai udara proses selanjutnya dialirkan langsung menuju tangki penampungan (air receiver) sebelum didistribusikan ke berbagai unit produksi yang tidak memerlukan udara dengan tingkat kekeringan tinggi.

Sementara itu, udara yang akan digunakan sebagai udara instrumen terlebih dahulu melewati unit pengering udara (air dryer) untuk menghilangkan kandungan uap air yang masih terdapat dalam aliran udara. Setelah proses pengeringan, udara dialirkan melalui sistem filtrasi untuk menghilangkan partikel-partikel pengotor sehingga diperoleh udara yang bersih dan kering sesuai kebutuhan peralatan instrumentasi pneumatik. Udara instrumen yang telah memenuhi spesifikasi kemudian ditampung dalam tangki penyimpanan sebelum didistribusikan ke pengguna.

Baik udara proses maupun udara instrumen yang telah ditampung selanjutnya disalurkan ke berbagai unit produksi. Udara proses digunakan untuk kebutuhan operasional umum yang tidak mensyaratkan udara kering, sedangkan udara instrumen digunakan untuk pengoperasian peralatan

kontrol dan instrumentasi pneumatik yang memerlukan udara bersih, kering, dan bebas kontaminan.

#### 4.4 Unit Penyediaan Listrik

Pada perancangan pabrik amonium sulfat kebutuhan tenaga listrik suatu industri dapat diperoleh dari:

- Suplai dari Pembangkit Listrik Negara (PLN)
- Pembangkit tenaga listrik sendiri (*generator set*)

Generator yang digunakan adalah generator arus bolak balik dengan pertimbangan:

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

Generator AC yang digunakan jenis generator 3 phase yang mempunyai keuntungan:

- Tegangan listrik stabil
- Daya kerja lebih besar
- Kawat penghantar yang digunakan sedikit
- Motor 3 *phase* harganya relatif lebih murah dan sederhana

##### 4.4.1 Kebutuhan Tenaga Listrik

###### A. Listrik Untuk Keperluan Proses dan Keperluan Pengolahan Air

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses dan keperluan pengolahan air dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

###### 1. Keperluan Proses

Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

<b>Nama Alat</b>	<b>HP</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Total HP</b>
<i>Air compresor</i>	100	1	100
<i>Belt conveyor cake</i>	10	1	10
<i>Belt conveyor storage - 02</i>	10	1	10
<i>Belt conveyor storage - 03</i>	10	1	10
<i>Bucket elevator tailing</i>	10	1	10

<i>Bucket elevator produk</i>	15	1	15
<i>Centrifuge</i>	250	3	750
<i>Exhaust fan</i>	40	1	40
Pompa amonia	5	1	5
Pompa asam sulfat	4.6	1	4.6
<i>Rotary dryer</i>	27.2	1	27.2
<i>Roller crusher</i>	75	11	825
<i>Screw conveyor</i>	10	1	10
<i>Screw conveyor produk</i>	10	1	10
<i>Agitator mother liquor tank</i>	20	1	20
<i>Vibrating screen</i>	15	1	15
<b>TOTAL</b>			<b>1861.8</b>

## 2. Keperluan Utilitas

Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

<b>Nama Alat</b>	<b>HP</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Total HP</b>
Pompa <i>raw water</i>	5	2	10
Pompa air pendingin	4	1	4
Pompa <i>deaerator</i>	3	1	3
Pompa air sanitasi	3	2	6
Pompa pengolahan limbah	5	1	5
Pompa <i>boiler</i>	5	2	10
Boiler	18.2	1	18.2
Pompa air lunak	2	1	2
Pompa kondensat	3	2	6
<b>TOTAL</b>			<b>64.2</b>

### 3. Kebutuhan Pengolahan Limbah

- Kebutuhan untuk pengolahan limbah sanitasi

Tabel 4. 10 Kebutuhan untuk pengolahan limbah sanitasi

<b>Kebutuhan untuk Pengolahan Limbah Sanitasi</b>	<b>HP</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Total HP</b>
<i>Agitator equalization tank</i>	10	1	10
<i>Agitator netralisasi</i>	15	1	15
<i>Collection transfer pump</i>	1	1	1
<i>Aeration blower</i>	7.5	1	7.5
<i>Return actived sludge pump</i>	1	1	1
<i>Effluent pump</i>	1	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>35.5</b>

- Kebutuhan untuk pengolahan limbah minyak

Tabel 4. 11 Kebutuhan untuk pengolahan limbah minyak

<b>Nama Alat</b>	<b>HP</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Total HP</b>
<i>Equalization Mixer</i>	10	1	10
<i>Feed Pump ke DAF</i>	1	1	1
<i>Recycle Pump DAF</i>	5	1	5
<i>Air Compressor DAF</i>	3	1	3
<i>Effluent Pump</i>	1	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>20</b>

- Kebutuhan untuk pengolahan limbah lanboratorium

Tabel 4. 12 Kebutuhan Untuk Pengolahan Limbah Laboratorium

<b>Nama Alat</b>	<b>HP</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Total HP</b>
<i>Transfer Pump</i>	0.5	1	0.5
<i>Equalization Mixer</i>	0.5	1	0.5
<i>Neutralization Mixer</i>	0.5	1	0.5
<i>Chemical Dosing Pump</i>	0.25	1	0.25

<b>Nama Alat</b>	<b>HP</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Total HP</b>
<i>Effluent Pump</i>	0.5	1	0.5
<b>TOTAL</b>			<b>2.25</b>

## B. Listrik Untuk Penerangan dan AC

Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan konsep *Luminous Efficacy*, yaitu tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Lumen} = \text{Area} \times \text{lux}$$

Dengan :

Area : luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m<sup>2</sup>)

lux : luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m<sup>2</sup>)

Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar menurut SNI 03-6197-2000 yang disajikan pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4. 13 Luas Daerah Ruang *Indoor*

<b>No.</b>	<b>Bangunan</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Lux (lumen/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Lumen</b>
1	Pos keamanan	120	150	18.000
2	Kantor	4.500	350	1.575.000
3	Masjid	600	200	120.000
4	Kantin & koperasi	300	200	60.000
5	Poliklinik	150	250	37.500
6	Ruang kontrol	500	300	150.000
7	Laboratorium	500	500	250.000
8	Gudang	1.200	100	120.000
9	Bengkel	900	200	180.000
Total ruangan <i>indoor</i>		<b>8.770</b>		<b>2.510.500</b>

Tabel 4. 14 Total Ruang *Outdoor*

No.	Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )	Lux (Lumen/m <sup>2</sup> )	Lumen
1	Area parkir	2.500	60	150.000
2	Area utilitas	5.000	100	500.000
3	Area pengolahan limbah	1.500	100	150.000
4	Unit Proses	15.900	100	20.000
5	Taman & jalan	20.000	60	1.200.000
6	Area perluasan pabrik	15.000	60	900.000
Total ruang <i>outdoor</i>		<b>59.900</b>		<b>4.490.000</b>

Jumlah lumen yang dibutuhkan:

Untuk penerangan dalam ruangan = 2.510.500 lumen

Untuk penerangan luar ruangan = 4.490.000 lumen

Lampu yang digunakan untuk area *indoor* adalah lampu LED Philips 12 W dengan lumen *output* sebesar 1.055 lumen.

Jumlah lampu *indoor* dihitung dengan persamaan:

Jumlah lampu *indoor* =  $2.510.500 / 1.055$

Jumlah lampu *indoor* = 2380 buah

Area *outdoor* menggunakan lampu LED Philips 20 W dengan lumen *output* sebesar 2.100 lumen.

Jumlah lampu *outdoor* =  $4.490.000 / 2.100$

Jumlah lampu *outdoor* = 2.139 buah

Total kebutuhan daya listrik untuk penerangan:

P =  $(12 \times 2380) + (20 \times 2139)$

P = 71,4 kW

*Air conditioner* direncanakan menggunakan AC *inverter*. Sebuah AC 1 PK memerlukan daya listrik sebesar 520 watt. Luas area yang memerlukan AC adalah 6.000 m<sup>2</sup>. Sebuah AC diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan seluas 7 x 7 meter. Sehingga dibuthkan AC sejumlah 122 buah.

Kebutuhan listrik untuk 65 AC adalah:

$$122 \times 520 \text{ Watt} = 63.440 \text{ watt}$$

$$122 \times 520 \text{ Watt} = 64,44 \text{ kW}$$

Total kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

$$\text{Kebutuhan listrik total} = (71,9 + 64,44)$$

$$\text{Kebutuhan listrik total} = 136,34 \text{ kW}$$

#### C. Listrik Untuk Laboratorium dan Instrumen

Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi 20 kW

$$\text{Kebutuhan listrik total} = 1479.28 + 136,34 \text{ kW} + 20 \text{ kW}$$

$$\text{Kebutuhan listrik total} = 1635.62 \text{ kW}$$

Dengan faktor keamanan 20%, maka:

$$\text{Kebutuhan listrik total} = 1,2 \times 1635.62 \text{ kW}$$

$$\text{Kebutuhan listrik total} = 1962.75 \text{ kW}$$

#### 4.4.2 Generator

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik digunakan untuk mengoperasikan peralatan proses, utilitas, instrumentasi, penerangan, serta fasilitas penunjang lainnya. Pasokan listrik utama diperoleh dari PT PLN (Persero). Untuk menjamin kontinuitas operasi apabila terjadi gangguan atau pemadaman listrik dari PLN, disediakan satu unit diesel *generator set* (genset) sebagai sumber listrik cadangan.

Berdasarkan kebutuhan energi listrik tahunan sebesar 13.829.900,04 kWh/tahun dengan waktu operasi pabrik selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari, maka kebutuhan listrik rata-rata pabrik adalah

$$\text{Beban listrik rata rata} = 1746.1995 \text{ kW}$$

$$\text{Beban listrik rata rata} = 1.7461995 \text{ MW}$$

Untuk mengantisipasi kenaikan beban dan menjaga keandalan operasi, digunakan faktor keamanan sebesar 15%, sehingga kapasitas generator :

$$\text{Kapasitas generator} = 2.008129425 \text{ MW}$$

Generator dirating dalam satuan kVA. Dengan faktor daya (*power factor*) sebesar 0,8, maka kapasitas generator adalah:

$$S = P/\cos\phi$$

$$S = 2510.161781 \text{ kVA}$$

Sehingga dipilih diesel generator set dengan kapasitas 2.500 kVA.

Generator menggunakan bahan bakar *high speed diesel* (HSD) atau solar dengan efisiensi sebesar 40%. Energi bahan bakar yang diperlukan adalah:

$$Q = \text{daya generator/ efisiensi generator}$$

$$Q = 5000 \text{ kW}$$

$$Q = 17060000 \text{ BTU/jam}$$

Spesifikasi bahan bakar yang digunakan yaitu

Tabel 4. 15 Spesifikasi *High Speed Diesel*

<b>Jenis Bahan Bakar</b>	<b>Gross Heating Value (Btu/lb)</b>	<b>Net Heating Value (Btu/lb)</b>	<b>Densitas (lb/ft<sup>3</sup>)</b>
HSD	19200	18800	52.4394864

Kebutuhan bahan bakar yang digunakan yaitu :

$$\text{Massa HSD} = Q/HV$$

$$\text{Massa HSD} = 907.4468085 \text{ lb/jam}$$

$$v \text{ HSD} = 17.30464714 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Spesifikasi Generator

Tipe : AC generator

Kapasitas	:	2.000 kW
Kapasitas semu	:	2.500 kVA
Tegangan	:	220/380 volt
Fase	:	3
Jumlah	:	1 buah
Jenis	:	<i>Standby</i>
Bahan bakar	:	<i>high speed diesel (HSD)</i>

#### 4.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar berfungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler dan diesel *generator set*. Bahan bakar yang digunakan meliputi *marine fuel oil (MFO)* untuk *boiler*, *industrial diesel oil (IDO)* untuk *start-up boiler*, dan *high speed diesel (HSD)* untuk diesel *generator set*. Bahan bakar diperoleh dari PT Pertamina atau distributor resmi yang menjamin kontinuitas pasokan.

Diesel generator set digunakan sebagai sumber listrik cadangan apabila terjadi gangguan pasokan listrik dari PT PLN (Persero). Berdasarkan perhitungan, kebutuhan bahan bakar generator berupa HSD adalah sebesar 907,45 lb/jam atau 411,60 kg/jam (0,49 m<sup>3</sup>/jam).

Boiler menggunakan MFO sebagai bahan bakar utama dengan kebutuhan sebesar 41,72 lb/jam atau 18,92 kg/jam (0,022 m<sup>3</sup>/jam). Pada saat *start-up*, boiler menggunakan IDO dengan kebutuhan sebesar 40,61 lb/jam atau 18,42 kg/jam (0,022 m<sup>3</sup>/jam), kemudian dialihkan ke MFO setelah kondisi operasi tercapai. Ringkasan kebutuhan bahan bakar disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 16 Kebutuhan Bahan Bakar

Peralatan	Jenis Bahan Bakar	Kebutuhan Massa (kg/jam)	Kebutuhan Volume (m <sup>3</sup> /jam)
<i>Diesel generator set</i>	<i>High speed diesel (HSD)</i>	411,60	0,490
<i>Boiler (operasi normal)</i>	<i>Marine fuel oil (MFO)</i>	18,92	0,022

<i>Boiler (Start-up)</i>	<i>Industrial diesel oil</i> (IDO)	18,42	0,022
--------------------------	---------------------------------------	-------	-------

#### 4.6 Unit Pengolahan Limbah

Baku mutu air limbah domestik pada Pabrik Amonium Sulfat mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Standar Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Air Limbah Domestik. Parameter baku mutu limbah ditunjukkan pada Tabel X.

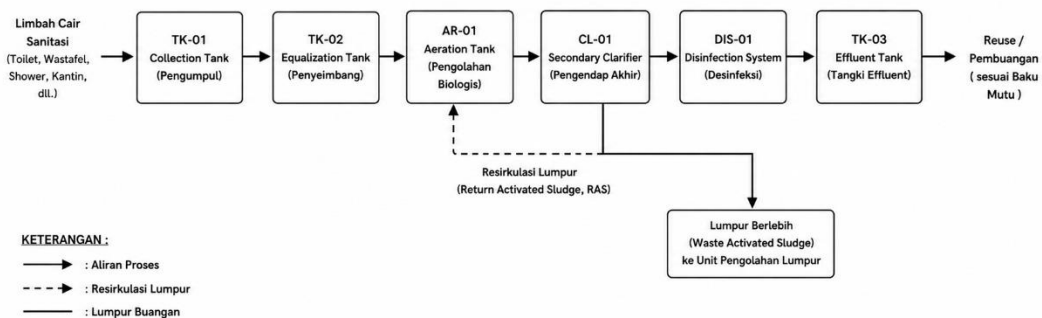
Tabel 4. 17. Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH		6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Amoniak (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	10
Deterjen Total (MBAS)	mg/L	5
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Fecal Coliform	MPN/100 mL	1.000

Limbah cair pabrik amonium sulfat dapat berupa:

##### 4.6.1 Unit Pengolahan Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi berasal dari toilet di sekitar kawasan pabrik dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi.



Gambar 4. 6. Proses Pengolahan Limbah Sanitasi

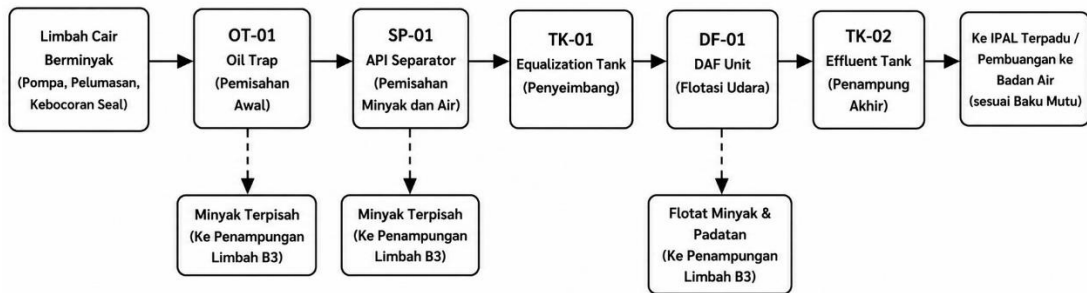
Proses pengolahan limbah cair sanitasi diawali dengan pengumpulan limbah yang berasal dari toilet, wastafel, shower, kantin, serta fasilitas sanitasi lainnya ke dalam *collection tank* (TK-01). Tangki ini berfungsi sebagai penampung awal sebelum limbah dialirkan menuju unit pengolahan berikutnya. Limbah cair kemudian diumpankan ke Equalization Tank (TK-02) untuk menyeragamkan karakteristik limbah, baik dari segi debit, konsentrasi pencemar, maupun pH. Proses ekualisasi bertujuan mengurangi fluktuasi beban pencemar sehingga unit pengolahan berikutnya dapat beroperasi lebih stabil dan efisien.

Selanjutnya limbah dialirkan menuju *aeration tank* (AR-01). Pada unit ini dilakukan pengolahan biologis menggunakan mikroorganisme aerob yang memanfaatkan senyawa organik sebagai sumber nutrisi. Udara disuplai ke dalam tangki melalui sistem aerasi untuk mempertahankan kondisi aerobik sehingga proses biodegradasi berlangsung secara optimal. Melalui proses ini, kandungan bahan organik yang dinyatakan sebagai BOD dan COD dapat dikurangi secara signifikan. Campuran limbah dan biomassa hasil proses aerasi kemudian dialirkan ke *secondary clarifier* (CL-01). Pada unit ini terjadi pemisahan antara air olahan dan lumpur biologis melalui proses sedimentasi. Lumpur yang mengendap di dasar clarifier sebagian dikembalikan ke unit aerasi untuk mempertahankan populasi mikroorganisme, sedangkan kelebihan dikeluarkan sebagai lumpur buangan untuk penanganan lebih lanjut.

Air limpasan dari *secondary clarifier* selanjutnya diumpankan ke unit *disinfection system* (DIS-01). Pada tahap ini dilakukan proses desinfeksi menggunakan bahan kimia desinfektan atau metode sterilisasi lainnya untuk menghilangkan bakteri dan mikroorganisme patogen yang masih tersisa di dalam air hasil pengolahan. Air hasil desinfeksi kemudian ditampung di dalam *effluent tank* (TK-03) sebagai penampung akhir sebelum dimanfaatkan kembali atau dibuang ke lingkungan. Air olahan yang dihasilkan telah mengalami penurunan kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, serta mikroorganisme sehingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan untuk pembuangan limbah cair domestik sesuai peraturan yang berlaku.

#### **4.6.2 Unit Pengolahan Air Berminyak dari Pompa**

Air berminyak berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat-alat proses lain. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenisnya.



Gambar 4. 7. Proses Pengolahan Limbah Minyak Peralatan

Limbah cair berminyak yang berasal dari kebocoran pompa, kegiatan pelumasan peralatan, dan area maintenance terlebih dahulu dialirkan menuju Oil Trap (OT-01) untuk memisahkan minyak bebas yang mengapung di permukaan air. Minyak yang terpisah dikumpulkan dan ditangani sebagai limbah B3. Air limbah selanjutnya diumpungkan ke API separator (SP-01) untuk memisahkan sisa minyak berdasarkan perbedaan densitas antara minyak dan air. Minyak yang terpisah kembali dikumpulkan sebagai limbah B3, sedangkan air limbah dialirkan ke tahap berikutnya.

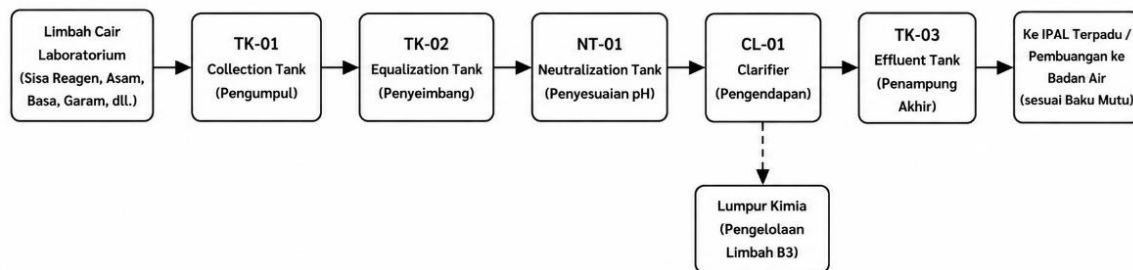
Selanjutnya limbah masuk ke Equalization Tank (TK-01) untuk menyeragamkan debit dan konsentrasi pencemar sehingga proses pengolahan dapat berlangsung lebih stabil. Dari tangki ini, limbah dipompa menuju DAF Unit (DF-01) (*dissolved air flotation*), di mana gelembung udara halus digunakan untuk mengangkat minyak dan padatan tersuspensi ke permukaan sehingga dapat dipisahkan dari air.

Air hasil pengolahan kemudian ditampung di dalam *effluent tank* (TK-02) sebelum dialirkan ke unit IPAL terpadu atau dibuang ke badan air penerima sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Melalui rangkaian proses tersebut, kandungan minyak dan lemak (*oil and grease*), hidrokarbon, serta padatan tersuspensi dapat dikurangi secara signifikan.

#### 4.6.3 Unit Pengolahan Air Buangan Laboratorium dan Limbah Cair Proses

Air buangan laboratorium dan limbah cair proses dilakukan pengolahan dengan perlakuan yang sama karena mempunyai karakteristik yang sama yaitu mengandung bahan-bahan kimia yang harus dipisahkan dengan proses kimia. Limbah cair pabrik amonium sulfat memiliki karakteristik antara lain:

- pH
- COD (*Chemical Oxygen Demand*)
- BOD (*Biological Oxygen Demand*)
- Logam berat



Gambar 4. 8. Pengolahan Limbah Laboratorium

Limbah cair laboratorium yang berasal dari sisa reagen, larutan asam, basa, garam, serta kegiatan analisis laboratorium terlebih dahulu dikumpulkan di dalam *collection tank* (TK-01). Tangki ini berfungsi sebagai penampung awal sebelum limbah dialirkan ke unit pengolahan berikutnya. Selanjutnya limbah diumpungkan ke *equalization tank* (TK-02) untuk menyeragamkan debit, konsentrasi pencemar, dan karakteristik limbah. Proses ini bertujuan menjaga kestabilan operasi unit pengolahan selanjutnya serta mengurangi fluktuasi kualitas limbah yang masuk.

Dari *equalization tank*, limbah dialirkan menuju *neutralization tank* (NT-01) untuk menyesuaikan pH limbah agar berada pada rentang yang aman. Pada unit ini dapat ditambahkan larutan asam atau basa sesuai kebutuhan sehingga pH limbah menjadi netral dan memenuhi persyaratan pengolahan lanjutan. Limbah yang telah dinetralkan kemudian dialirkan ke *clarifier* (CL-01) untuk memisahkan padatan tersuspensi dan endapan kimia yang terbentuk selama proses netralisasi. Padatan yang mengendap di dasar *clarifier* dikeluarkan sebagai lumpur kimia dan selanjutnya dikelola sebagai limbah B3 sesuai peraturan yang berlaku.

Air hasil pengendapan kemudian ditampung di dalam *effluent tank* (TK-03) sebagai penampung akhir sebelum dialirkan ke unit IPAL terpadu atau dibuang ke badan air penerima setelah memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Melalui rangkaian proses tersebut, karakteristik limbah laboratorium dapat distabilkan, pH dapat dikendalikan, serta kandungan padatan tersuspensi dapat dikurangi sehingga aman untuk pengolahan lebih lanjut.

## 4.7 Laboratorium

Laboratorium mempunyai peranan penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Selain itu, dalam menjaga dan mengendalikan pencemaran lingkungan. Laboratorium juga digunakan untuk penelitian mutu bahan baku sehingga dihasilkan spesifikasi mutu produk yang diinginkan. Tugas laboratorium antara lain dapat diringkas sebagai berikut :

1. Memeriksa bahan baku dan bahan pembantu proses
2. Meneliti, menganalisa produk yang akan dipasarkan
3. Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi
4. Memeriksa bahan pencemaran yang dapat menyebabkan polusi lingkungan

### 4.7.1 Program Kerja Laboratorium

Dalam upaya pengendalian mutu produk pabrik amonium sulfat ini mengoptimalkan aktivitas laboratorium untuk pengujian mutu. Secara garis besar, program kerja laboratorium dalam melakukan analisa dapat dilihat dalam Tabel 4.17 :

Tabel 4. 18 Analisa Laboratorium

No	Analisa	Analisa meliputi :
1	Bahan baku	Sifat fisis : densitas dan viskositas Sifat kimia : kadar air dalam amonia dan asam sulfat
2	Produk	Sifat fisis : bulk density, kemurnia, ukuran produk amonium sulfat Sifat kimia : kadar air, nitrogen, dan asam sulfat dalam amonium sulfat, <i>gas chromatography</i>
	Proses	
	Keluaran reaktor	Kadar asam bebas pada <i>mother liquor</i> , ukuran kristal keluar reaktor
3	Keluaran <i>cyclone</i>	Gas H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> yang keluar harus sesuai dengan batas gas polutan yang dizinkan
	Keluaran MLT	Keluaran (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> adalah 98 bagian per 100 bagian air (jenuh)

Sedangkan analisis untuk unit utilitas meliputi:

- Air lunak proses kapur dan air proses penjernihan yang dianalisis meliputi pH, SiO<sub>2</sub>, Ca sebagai CaCO<sub>3</sub>, sulfur sebagai SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, klor sebagai Cl<sub>2</sub>, dan zat padat terlarut.
- *Boiler feed water* yang dianalisis meliputi pH, kesadahan, jumlah O<sub>2</sub> terlarut, kadar Fe, kadar CaCO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, dan SiO<sub>2</sub>.
- Air minum yang dihasilkan meliputi analisis pH, klor sisa, dan kekeruhan.

#### 4.7.2 Metode Analisa

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium dapat dibagi menjadi 3 poin, yaitu:

##### 1. Laboratorium pengamatan

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika. Semua stream yang berasal dari proses produksi maupun tangki, serta mengeluarkan “*Certificate of Quality*” untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan.

##### 2. Laboratorium analisa

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku, bahan penunjang, produk intermediate, produk akhir, dan analisa air.

##### 3. Laboratorium penelitian dan pengembangan

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait dalam proses untuk meningkatkan hasil akhir.

#### 4.7.3 Alat-Alat Utama Laboratorium

Alat – alat utama yang digunakan pada laboratorium untuk analisa adalah sebagai berikut :

- Oven
- Buret
- Spektrofotometer

Alat ini untuk mengetahui besar absorbs atau optimal *density* suatu larutan yang bila dibandingkan dengan larutan standart maka kadar zat akan diketahui

- Neraca analitik

- *Hydrometer* atau *Spesific Gravity*
- Termometer 0-100 C
- *Gas Chromatography*
- *Atomic Absorption Spektrofotometer*

Berfungsi mengukur absorbs suatu zat melalui emisi nyala atom yang dipecah oleh cairan yang dibakar AAS dapat memakai dua sistem pembakar yaitu pembakar konsumsi total dan pembakar premix. AAS juga dilengkapi dengan *graphite furnace atomizer* untuk kadar yang lebih kecil (ppb).

- Orsat

### **Prosedur Analisa**

- Uji pH air (ASTM D-1293)

pH air diukur secara elektrometri menggunakan pH meter, yang prinsipnya terdiri dari gabungan elektrode gelas *hydrogen* sebagai baku primer.

- Uji Kesadahan (ASTM D-1126)

Ion Ca dan Mg dalam air ditetapkan dengan penambahan EDTA (*disodium ethylen diamine tetraacetat*).

- Uji Amoniak (ASTM D-1426)

Ion amonium dalam suasana basa akan bereaksi dengan  $K_2HgI_4$  dari larutan Nessler membentuk senyawa kompleks yang berwarna kuning sampai coklat. Warna yang terbentuk diukur intensitasnya dengan spektrophotometer pada panjang gelombang 460 nm.

- Uji Total *Phosphate* Air Boiler (ASTM D-515 –66T)

*Ortho phosphat* dengan *ammonium molybdate* dalam suasana asam membentuk *phospho molybdate*, kemudian direduksi dengan *amino naphthol sulfonic acid* menjadi kompleks yang berwarna biru *molybdate*. Warna yang terbentuk diukur intensitasnya dengan spektrophotometer pada panjang gelombang 650 nm.

- Uji Klorida Metode Titrasi (ASTM D-515)

Sampel air yang mengandung ion klorida diatur pH nya sampai pH 8.3 dititrasi dengan  $AgNO_3$  memakai indikator  $K_2CrO_4$ . Titik Akhir ditunjukkan dengan warna merah bata dari  $AgCrO_4$ .

- Uji *Chlorine* Metode Titrasi (ASTM part 23, 1967, D 516 NR Methoda)

*Chlor* dalam air dapat membebaskan  $I_2$  dari larutan KI,  $I_2$  dititrasi dengan  $Na_2S_2O_3$  dengan indikator Amilum.

- Uji Total Solid, Total Dissolved Solid, dan Total Suspended Solid

Penetapan zat-zat sisa selama penguapan pada suhu 103-105°C. Total solid contoh diuapkan pada suhu 103-105°C kemudian ditimbang hingga konstan dan untuk *dissolved solid* contoh disaring terlebih dahulu dengan filter 0.45 mikron lalu filtrat diuapkan sedang *suspended solid* adalah zat yang tertahan pada filter.

- Uji Kalium dan Natrium (ASTM D-4192-93 dan ASTM D-4191-93)

Contoh langsung dibaca dengan menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) dengan panjang gelombang 589.6 untuk Na dan 766.5 untuk K.

- Uji Dissolved Oxygen (ppb) Metode Chemet's Komparator (ASTM D-5543-94)

Oksigen terlarut mereduksi *Rhodazine D* yang berwarna kuning muda menjadi merah muda dan warna yang terjadi dibandingkan dengan komparator DO Chemet's.

- Uji Nitrat ( $NO_3$ ) (ASTM D-992-65)

Ion Sulfate dalam suasana asam dengan *barium chlorida* dan glyserin membentuk suspensi yang berwarna putih. Kekerusuhan yang terjadi diukur intensitasnya dengan spektrophotometer pada panjang gelombang 425 nm.

- Uji Sulfat (ASTM D-516 Vol. 11.01)

Ion sulfat dalam suasana asam dengan *barium chlorida* dan glyserin membentuk suspensi yang berwarna putih. Kekerusuhan yang terjadi diukur intensitasnya dengan spektrophotometer pada panjang gelombang 425 nm.

- Uji *Stability Index* dan *Saturity Index* (Langelir Indeks, Engineering Data Book, tenth edition, 1957)

Stabilty Index adalah angka yang dapat menunjukkan apakah air bersifat korosif atau dapat menimbulkan kerak. Dan untuk memperoleh *Stability Index* (SI) dan *Saturation Index* (SaI) diperlukan data analisa antara lain Total Solid, Suhu, Calsium Hardness, alkali dan pH air.