

BAB IV

UTILITAS

4.1 Unit Pengadaan dan Pengelola Air

4.1.1. Pengadaan Air

1. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan secara langsung dalam jalannya proses produksi karena mengalami kontak dengan bahan baku maupun produk di dalam reaktor atau peralatan proses, misalnya sebagai pelarut, media pencampur, maupun bahan pendukung reaksi. Pada pabrik fenilamine (anilin), air proses tidak digunakan selama proses produksi berlangsung sehingga unit utilitas tidak perlu menyediakan kebutuhan air proses secara khusus.

Pada industri kimia, apabila dibutuhkan air proses dengan kemurnian tinggi, umumnya dilakukan pengolahan melalui proses demineralisasi untuk menghilangkan ion-ion terlarut di dalam air. Air hasil proses tersebut dikenal sebagai air demineralisasi (demineralized water) atau deionized water. Proses demineralisasi dilakukan menggunakan sistem penukar ion (ion exchange) agar diperoleh air dengan kandungan mineral yang sangat rendah sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak, korosi, maupun gangguan pada peralatan proses.

Tahap pertama dilakukan pada unit Cation Exchanger yang berisi resin penukar kation bersifat asam kuat. Pada unit ini, ion-ion positif yang terkandung di dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} akan diikat oleh resin dan ditukarkan dengan ion H^+ . Selanjutnya air dialirkan menuju unit Anion Exchanger yang mengandung resin penukar anion. Pada tahap ini, ion-ion negatif seperti Cl^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , dan silika akan ditukar dengan ion OH^- . Ion H^+ dan OH^- yang dihasilkan kemudian akan bergabung membentuk H_2O sehingga diperoleh air dengan kandungan mineral yang sangat rendah. Air hasil demineralisasi selanjutnya ditampung di dalam Tangki Penyimpanan Air Demin sebelum digunakan lebih lanjut pada sistem utilitas atau kebutuhan tertentu di pabrik.

2. Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang dialirkan melalui heat exchanger dan condenser dengan tujuan untuk menyerap dan memindahkan panas dari fluida proses. Dalam industri kimia, air pendingin berfungsi sebagai media perpindahan panas untuk menjaga suhu operasi peralatan tetap berada pada kondisi yang aman dan

optimal. Sistem yang digunakan untuk mensirkulasikan air pendingin dikenal sebagai sistem air pendingin (cooling water system). Sistem ini umumnya terdiri atas pompa, jaringan pipa, cooling tower, serta berbagai peralatan penukar panas yang terhubung dalam satu rangkaian sirkulasi. Setelah menyerap panas dari proses, air pendingin dialirkan ke Menara pendingin untuk melepaskan panas ke atmosfer, kemudian disirkulasikan kembali ke unit proses sehingga penggunaannya menjadi lebih efisien dan ekonomis.

Kualitas air pendingin merupakan faktor penting yang menentukan kinerja sistem pendingin. Air yang tidak memenuhi spesifikasi dapat menyebabkan berbagai permasalahan operasional, seperti pembentukan kerak (*scaling*), korosi, pengendapan padatan, dan pertumbuhan mikroorganisme (*biofouling*). Kondisi tersebut dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas, meningkatkan konsumsi energi, serta mempercepat kerusakan peralatan. Oleh karena itu, pengolahan air pendingin harus dilakukan dengan memperhatikan beberapa parameter kualitas utama, yaitu:

- a. **Konduktivitas:** menunjukkan jumlah mineral terlarut (*dissolved minerals*) dalam air. Nilai konduktivitas yang terlalu tinggi mengindikasikan tingginya konsentrasi garam terlarut yang dapat memicu pembentukan kerak dan meningkatkan laju korosi.
- b. **pH:** menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Nilai pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan korosi, sedangkan pH yang terlalu tinggi dapat mempercepat pengendapan mineral.
- c. **Alkalinitas:** berasal dari ion karbonat dan bikarbonat. Parameter ini berperan sebagai penyangga (*buffer*) untuk menjaga kestabilan pH dan memengaruhi kecenderungan pembentukan kerak.
- d. **Kesadahan (*hardness*):** menunjukkan kandungan ion kalsium dan magnesium dalam air. Kesadahan yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya endapan seperti kalsium karbonat pada permukaan perpindahan panas.

Penggunaan air pendingin yang memenuhi persyaratan kualitas sangat penting untuk menjaga keandalan dan efisiensi operasi pabrik. Air pendingin yang baik harus memiliki kesadahan rendah, pH yang terkendali, kandungan mineral terlarut yang tidak berlebihan, serta bebas dari zat-zat yang dapat menyebabkan korosi maupun pertumbuhan biologis. Oleh karena itu, air pendingin harus memenuhi sejumlah

persyaratan tertentu agar sistem dapat beroperasi secara optimal, mengurangi biaya pemeliharaan, dan memperpanjang umur pakai peralatan industri.

Tabel 4.1 Syarat Air Pending (ASME Water Quality Standard, 2016)

Parameter	Air Pendingin	
	Circulating Water	Make Up Water
pH (25°C)	6.5 – 8.2	6.0 – 8.0
Konduktivitas Elektrik (mS/m)	<80	<30
Klorin (mg/l)	<200	<50
Sulfat (Cfu/ml)	<200	<50
Alkali (mg/l)	<100	<50
Total Hardness (mg/l)	<200	<70
Silica (mg/ml)	<150	<50
Ca ²⁺ (mg/ml)	<40	<50

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media untuk menyerap dan membuang panas pada peralatan penukar panas. Dalam penggunaannya, air pendingin harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu tidak bersifat korosif sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada peralatan, tidak menimbulkan fouling akibat adanya kotoran atau kontaminan yang terbawa dalam aliran air, seperti mikroorganisme dan senyawa organik, serta memiliki kondisi yang jernih dan bersih. Selain itu, air pendingin harus bebas dari partikel kasar, seperti plastik dan sampah, maupun partikel halus, seperti lumut, serta tidak mengandung senyawa kimia yang dapat mengganggu jalannya proses maupun merusak peralatan. Pada pabrik pembuatan anilin, air pendingin digunakan sebagai media pendingin pada beberapa peralatan penukar panas, terutama kondensor dan cooler. Total kebutuhan air pendingin yang digunakan dalam proses disajikan pada Tabel 4.2. Untuk menjamin ketersediaan air pendingin selama proses operasi berlangsung, jumlah air yang disediakan dirancang sebesar 120% dari total kebutuhan air pendingin

Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode	Kebutuhan Air
Kondensor	CD -01	232,030,372.1
Kondensor Menara destilasi 1	CD-02	54,774.66425
Kondensor Menara Destilasi 2	CD-03	95,795.08770
Cooler Menara Destilasi 1	CO-01	7,878.642000
Cooler Menara Destilasi 2	CO-01	25,281.98483
Total		232,214,102.4
Jumlah kebutuhan air pendingin = 232,214,102.43 kg/jam		
= 278,656,922.92 kg/jam		

$$= 5573138.458 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$

3. Air Umpan Boiler

Boiler Feed Water (BFW) merupakan air yang digunakan sebagai air umpan pada sistem boiler untuk menghasilkan uap air (*steam*) yang diperlukan dalam berbagai proses industri. Uap yang dihasilkan pada boiler berupa air murni dalam fase gas (H_2O), sedangkan zat-zat terlarut seperti ion mineral tidak ikut menguap dan tetap tertinggal di dalam fase cair. Akibatnya, konsentrasi ion-ion terlarut di dalam air boiler akan terus meningkat seiring waktu. Jika kondisi ini tidak dikendalikan, dapat terjadi pembentukan kerak pada permukaan pipa dan peralatan boiler yang dapat menurunkan efisiensi operasi. Oleh karena itu, pengendalian konsentrasi zat terlarut dilakukan melalui proses *blowdown*, yaitu pembuangan sebagian air boiler secara kontinu atau berkala. Tujuan utama *blowdown* adalah menjaga kadar zat terlarut agar tetap berada dalam batas yang diizinkan sehingga kualitas air boiler tetap terkontrol dan kinerja boiler dapat dipertahankan secara optimal.

Kualitas air umpan boiler merupakan faktor yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi, keamanan, dan umur pakai peralatan. Air umpan yang tidak memenuhi spesifikasi dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti korosi, pembentukan kerak (*scaling*), dan pembentukan busa (*foaming*). Oleh karena itu, beberapa faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler adalah sebagai berikut:

a. Zat penyebab korosi

Korosi merupakan proses degradasi logam pada material boiler akibat reaksi oksidasi yang dipicu oleh adanya larutan asam dan gas-gas terlarut, seperti oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), dan amonia (NH_3). Di antara zat-zat tersebut, oksigen terlarut merupakan salah satu penyebab utama korosi, sehingga harus dihilangkan sebelum air digunakan sebagai umpan boiler. Penghilangan oksigen umumnya dilakukan melalui dua tahap, yaitu proses deaerasi untuk melepaskan gas terlarut secara fisik, diikuti dengan penambahan bahan kimia seperti Hydrazine yang berfungsi sebagai pengikat sisa oksigen.

b. Zat penyebab pembentukan kerak (*scaling*)

Scaling adalah terbentuknya lapisan endapan padat pada permukaan perpindahan panas akibat presipitasi garam-garam mineral, terutama senyawa

karbonat dan silikat dari ion kalsium dan magnesium. Pembentukan kerak dipicu oleh tingginya kesadahan air dan suhu operasi boiler yang tinggi. Kerak dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas, meningkatkan *pressure drop*, serta menyebabkan penyumbatan pada pipa-pipa berdiameter kecil. Oleh karena itu, kesadahan air harus dikurangi melalui proses pelunakan (*softening*) atau demineralisasi sebelum air digunakan sebagai air umpan boiler.

c. Zat penyebab pembentukan busa (*foaming*)

Foaming merupakan terbentuknya gelembung-gelembung stabil pada permukaan air di dalam drum boiler. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh adanya kontaminasi senyawa organik atau zat kimia tertentu yang tidak terkendali. Pembentukan busa dapat mempersempit ruang pelepasan uap (*steam release space*) dan menyebabkan terbawanya air serta kotoran bersama uap (*carryover*). Dampak dari kondisi ini adalah terbentuknya endapan, korosi, serta penurunan kualitas uap yang dihasilkan. Pencegahan foaming dapat dilakukan dengan mengatur *blowdown* secara tepat dan menambahkan bahan antifoam, seperti poliamida atau poliglikol.

Dengan pengolahan yang tepat, air umpan boiler dapat memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk mencegah gangguan operasional dan menjaga efisiensi sistem. Pengendalian mutu air umpan boiler sangat penting, karena kesalahan pengolahan dapat menimbulkan kerusakan serius pada sistem boiler. Menurut SNI 7268:2009, terdapat beberapa parameter utama yang harus diperhatikan dalam pengawasan kualitas air boiler, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.3 Persyaratan Mutu Air Umpan Boiler

No	Parameter	Satuan	Persyaratan Maksimum
1.	pH (pada 25°C)	(Ppm as CaCO ₃)	7 – 9
2.	Kesadahan	(mg/l)	Maksimum 1
3.	Lemak dan minyak	(mg/l)	0
4.	Oksigen terlarut	(mg/l)	0
5.	Ion Klorida (Cl ⁻)	(mg/l)	Maksimum 600
6.	Ion Fosfat (PO ₄ ³⁻)	(mg/l)	20 – 40
7.	Ion Sulfit (SO ₃)	(mg/l)	10 – 50

No	Parameter	Satuan	Persyaratan Maksimum
8.	Hidrasin (N ₂ H ₄)	(mg/l)	0.1 – 10
9.	Silica	(Ppm as SiO ₂)	Maksimal 0.5

Blowdown dipilih 5% dan kebocoran 10% dari Total air umpan boiler yang tersuplai. Suplai air umpan boiler yang digunakan dalam pabrik fenilamina dijelaskan pada tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Alat	Kode	Kebutuhan Air	
Reboiler Menara destilasi 1	RE-01	2,443.5	kg/jam
Reboiler Menara destilasi 2	RE-02	3,351.36949	kg/jam
Heat Exchanger	HE-01	1,187.32382	kg/jam
Heat Exchanger	HE-02	86,546.955129	kg/jam
Vaporizer	V-01	626.29574	kg/jam
Total		94,155.5	kg/jam

Jumlah kebutuhan air steam	=	94,155.5	kg/jam
	=	2259.731405	m ³ /hari
Kebocoran 10%	=	9415.547519	kg/jam
Ada massa hilang karena ada steam trap 10%	=	225.9731405	m ³ /hari
blow down 5%	=	4707.77376	kg/jam
	=	112.9865702	m ³ /hari
kebutuhan boiler untuk start up	=	total steam + steam trap	
	=	103,571.023	kg/jam
	=	2485.704545	m ³ /hari
kebutuhan boiler untuk make up	=	steam trap+blow down	
	=	14123.32128	kg/jam
	=	338.9597107	m ³ /hari

4. Air Domestik

Air digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan, seperti kebutuhan air minum, kegiatan laboratorium, pertamanan, serta keperluan hidran dan air cadangan. Khusus untuk air yang digunakan sebagai air konsumsi dan sanitasi, kualitasnya harus memenuhi persyaratan tertentu yang mencakup aspek fisik, kimia, dan bakteriologis. Proses desalinasi dan proses

klorinasi mampu merubah air laut menjadi air bersyarat konsumsi dan sanitasi. Syarat-syarat tersebut mengikuti Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4.5 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm$ 30
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

Tabel 4.6 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	pH	mg/l	6.5 – 8.5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Florida	mg/l	1.5
4.	Kesadahan	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0.5
6.	Nitrat	mg/l	10
7.	Nitrit	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0.1
9.	Detergen	mg/l	0.05
10.	Pestisida total	mg/l	0.1

Tabel 4 7 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total <i>coliform</i>	CFU/100 mL	50
2.	<i>E. coli</i>	CFU/100 mL	0

Pada pabrik Fenilamina kebutuhan air domestik terdiri atas 3 macam yaitu untuk karyawan kantor 150 karyawan, laboratorium kebersihan dan pemeliharaan tanaman :

1. Air untuk karyawan

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 70 Tahun 2016, setiap perusahaan wajib menyediakan air untuk keperluan sanitasi dengan jumlah kebutuhan sebesar 50–100 liter per karyawan per hari.. Dengan rentang tersebut, dipilih 50 liter/hari orang/hari sebagai kebutuhan air sanitasi sehingga keperluan air sanitasi untuk 150 karyawan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Air untuk karyawan} &= 100 \text{ liter} / 24 \text{ jam} \times \text{jumlah karyawan} \times \text{jam kerja} \\ &= 207.4264583 && \text{kg/jam} \\ &= 5.0 && \text{m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2. Air untuk laboratorium

Berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal No. 113 Tahun 2000, kebutuhan minimal air sanitasi untuk laboratorium adalah 2 m³ /hari.

$$\begin{aligned}\text{Laboratorium} &= 207.42645 \times 40\% \\ \text{keterangan : 40\% dari kebutuhan} &= 82.97058333 && \text{kg/jam} \\ \text{karyawan} &= 2.00 && \text{m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

3. Air untuk pembersihan pemeliharaan taman dan lain – lain

Diperkirakan kebutuhan air untuk kebersihan dan lain-lain sebesar = 2000 liter/hari atau 2 m³ /hari

Sehingga kebutuhan air sanitasi bila ditotalkan

Air domestik	Kebutuhan (kg/jam)
Air untuk karyawan	207.4264583
Laboratorium dan taman	82.97058333
Kebakaran dan cadangan air	116.1588167
Total Kebutuhan sanitasi	406.5558583

4. Air Hydrant

Kebutuhan air hydrant pada pabrik fenilamina merupakan kebutuhan penting yang diperlukan apabila terjadi musibah kebakaran yang terjadi pada salah satu bagian pabrik. Oleh karena itu, penyediaan air untuk

keperluan air hydran ini bersifat incidental dan tidak dilakukan secara kontinyu. Berdasarkan SNI 03-1735-2000, pasokan air hydrant harus memenuhi kapasitas minimal 2400 liter/menit dengan tekanan 3,5 bar, serta mampu menyuplai air sekurang-kurangnya selama 45 menit. Secara keseluruhan, kebutuhan air di pabrik fenilamina mencakup air pendingin, umpan boiler dan air sanitasi

Start up		
Kebutuhan Sanitasi	406.5558583	kg/jam
kebutuhan air pendingin	278,656,922.92	kg/jam
kebutuhan air umpan boiler	103,571.023	kg/jam
Total kebutuhan air	278760900.5	kg/jam
Operasi normal		
Kebutuhan Sanitasi	406.5558583	kg/jam
kebutuhan air pendingin	232,214,102.43	kg/jam
kebutuhan air umpan boiler	14123.32128	kg/jam
Total kebutuhan air	232228632.3	kg/jam

5. Pengelolaan Air

Pengolahan air bertujuan untuk memastikan kualitas air yang digunakan di dalam pabrik memenuhi standar operasional sehingga aman digunakan pada berbagai unit proses dan utiliteas. Kualitas air yang tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti terbentuknya kerak (scaling), korosi, penyumbatan pipa, penurunan efisiensi perpindahan panas, hingga kerusakan peralatan. Oleh karena itu, sebelum digunakan, air harus melalui beberapa tahapan pengolahan baik secara fisik maupun kimia agar sesuai dengan kebutuhan masing-masing sistem.

Proses pengolahan air pada pabrik fenilamine meliputi pengolahan fisik, pengolahan kimia, penambahan desinfektan, serta proses penukar ion (ion exchange). Setiap tahapan dilakukan untuk menghilangkan zat pengotor, mikroorganisme, maupun ion-ion terlarut yang dapat mengganggu operasi pabrik.

Air yang digunakan untuk kebutuhan industri harus memenuhi beberapa persyaratan sesuai dengan penggunaannya, antara lain:

- a. Sebagai Air Pendingin

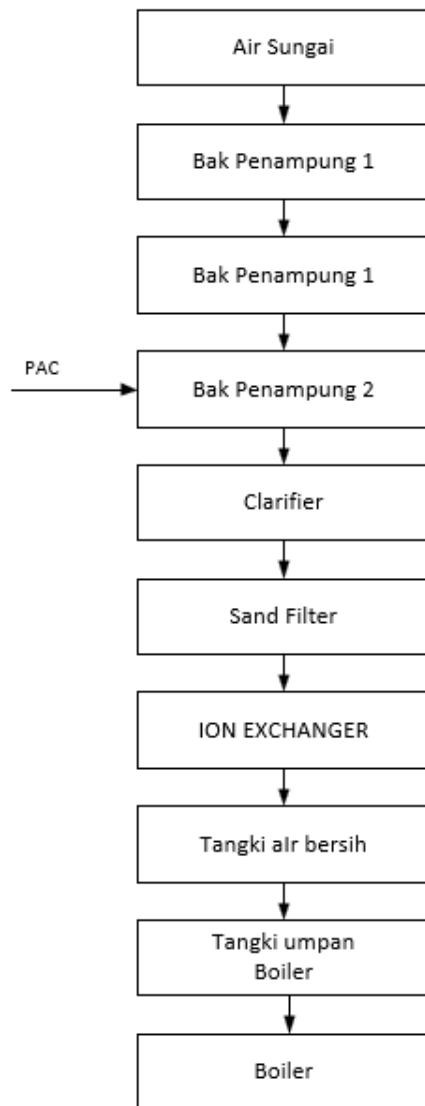
- Air pendingin digunakan pada cooling tower, condenser, maupun heat exchanger untuk menyerap panas dari proses. Oleh karena itu, air pendingin harus memenuhi beberapa kriteria berikut:
- Bebas dari partikel padat, lumpur, maupun kotoran yang dapat menyebabkan penyumbatan pada pipa dan peralatan.
- Tidak mengandung mikroorganisme, lumut, maupun zat pencemar lain yang dapat menimbulkan fouling pada sistem pendingin.
- Memiliki kandungan mineral yang tidak terlalu tinggi sehingga dapat meminimalkan pembentukan kerak pada permukaan perpindahan panas.
- Tidak bersifat korosif terhadap material peralatan proses.

b. Sebagai Air Umpan Boiler (Boiler Feed Water)

Air umpan boiler memerlukan kualitas yang lebih tinggi dibandingkan air pendingin karena digunakan untuk menghasilkan steam. Air boiler harus memenuhi persyaratan berikut:

- Bebas dari kotoran dan suspended solid yang dapat mengendap serta menyumbat saluran perpipaan.
- Tidak mengandung zat pencemar maupun mikroorganisme yang dapat mengganggu sistem boiler.
- Memiliki kandungan ion penyebab kerak seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam jumlah sangat rendah untuk mencegah scaling pada boiler.
- Kandungan oksigen terlarut berada dalam batas yang diperbolehkan agar tidak menyebabkan korosi pada boiler dan perpipaan steam.
- Memiliki nilai silika dan alkalinitas sesuai standar operasi boiler sehingga tidak menimbulkan deposit pada permukaan pemanas.

Pengolahan air untuk kebutuhan pabrik dilakukan melalui proses fisik, kimia, penambahan desinfektan, serta penggunaan ion exchanger. Alur umum pengolahan ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4 1 Diagram Alir Pengolahan Utilitas Air Pabrik Fenilamine

1. Unit Penjernihan (Pre-Treatment & Sedimentasi)

Proses pengolahan air utilitas ini diawali dengan pengambilan air baku yang bersumber langsung dari aliran air sungai. Air sungai tersebut disedot dan dialirkan menggunakan Pompa Air Sungai (P-01) dengan debit yang disesuaikan terhadap kapasitas kebutuhan pabrik. Air baku ini dialirkan langsung menuju Bak Penampung 1 (BAP-01) yang berfungsi sebagai unit sedimentasi awal. Di dalam BAP-01, air didiamkan selama waktu retensi tertentu agar partikel-partikel makro berukuran besar seperti pasir, lumpur kasar, dan serpihan organik dapat mengendap secara alami di dasar bak akibat gaya gravitasi. Tahap ini sangat krusial untuk meringankan beban kerja unit filtrasi berikutnya serta mencegah terjadinya penyumbatan atau abrasi berlebih pada impeler pompa.

2. Unit Koagulasi -Flokulasi

Setelah melewati pengendapan awal, air sungai dialirkan ke Bak Penampungan 2 (BAP-02) yang dirancang khusus sebagai ruang pencampuran bahan kimia. Di dalam BAP-02, diinjeksikan zat kimia berupa koagulan (seperti tawas atau Polyaluminum Chloride) untuk merusak kestabilan muatan listrik negatif pada koloid kotoran yang melayang di air. Melalui pengadukan cepat dan lambat, partikel-partikel mikro yang telah terdestabilisasi tersebut akan saling bertabrakan dan berikatan membentuk gumpalan-gumpalan yang lebih besar yang disebut flok. Air yang membawa flok ini kemudian mengalir secara laminar masuk ke dalam Clarifier (CL-01). Di dalam tangki clarifier ini, flok-flok lumpur dipisahkan dari air bersih dengan prinsip pengendapan selektif, di mana lumpur akan turun ke bagian bawah kerucut kompartemen, sementara air jernih (overflow) akan meluap melewati weir di bagian atas tangki.

3. Unit Filtrasi (Sand Filter)

Meskipun air hasil keluaran clarifier sudah terlihat jernih, air tersebut masih berpotensi membawa sisa-sisa flok halus yang melayang (suspended solids) dan belum terendapkan sempurna. Untuk mengatasi hal tersebut, air dari kompartemen atas clarifier dialirkan dan ditekan menggunakan bantuan Pompa (P-02) menuju Sand Filter (SF-01). Di dalam SF-01, air dilewatkan secara vertikal menembus media penyaring bergradasi yang terdiri dari lapisan pasir silika dan kerikil penyangga. Media pasir silika ini bertugas menjebak partikel padatan tersuspensi yang berukuran mikro, kekeruhan sisa, serta sebagian material organik. Proses filtrasi mekanis ini menghasilkan air yang sangat jernih dengan nilai kekeruhan (turbidity) yang sangat rendah, sehingga air tersebut sudah memenuhi spesifikasi kualitas air bersih yang siap memasuki tahap pemurnian tingkat lanjut.

4. Unit Demineralisasi Tahap Awal

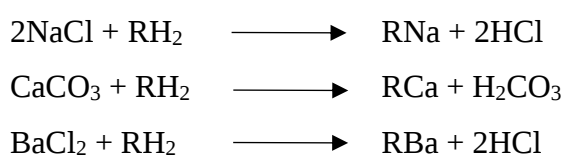
Air jernih hasil filtrasi kemudian diarahkan masuk ke unit demineralisasi (Ion Exchanger) untuk menghilangkan seluruh kandungan garam-garam mineral terlarut yang dapat memicu terbentuknya kerak dan korosi pada sistem perpipaan boiler. Proses pemurnian tingkat lanjut ini dilakukan secara sinergis melalui dua tahapan pertukaran ion utama di dalam satu kesatuan sistem:

a. Kation Exchanger

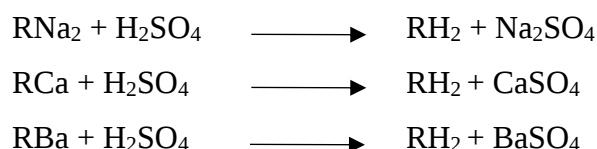
Kation exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion positif yang terlarut dalam air lunak. air masuk ke dalam Tangki Penukar Kation yang berisi

tumpukan butiran resin asam kuat dalam bentuk hidrogen (R-H). Saat air mengalir melewati media ini, resin secara selektif akan mengikat ion-ion positif (kation) terlarut seperti kalsium Ca^{2+} magnesium Mg^{2+} , dan natrium Na^{2+} , lalu melepaskan ion hidrogen H^+ ke dalam aliran air.

Peralatan ini berbentuk silinder vertikal yang di dalamnya terdapat lapisan butiran resin penukar ion. Jenis resin yang digunakan adalah C249/S80 dengan bentuk notasi RH_2 . Di dalam kation exchanger, terjadi proses pertukaran ion antara ion-ion yang terkandung dalam air dengan ion hidrogen (H^+) dari resin. Adapun reaksi yang berlangsung pada kation exchanger adalah sebagai berikut:

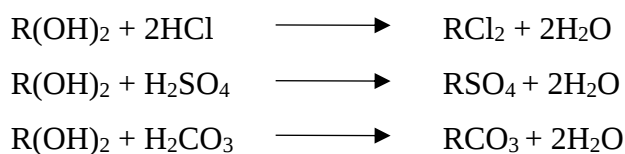


Apabila resin sudah jenuh, maka pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan NaCl 4% yang disuplai langsung dari Tangki NaCl (TK-01) untuk mengaktifkan kembali gugus aktif resin, Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah sebagai berikut:

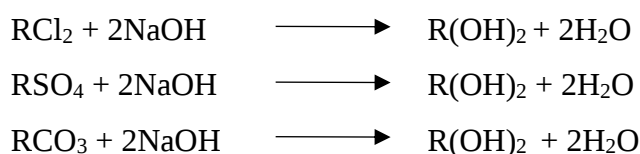


b. Anion Exchanger

Alat ini memiliki kesamaan dengan kation exchanger, namun memiliki fungsi yang berbeda yaitu mengikat ion-ion negative yang ada dalam air lunak. Setelah terbebas dari muatan kation, air yang kini bersifat agak asam langsung dialirkan menuju Tangki Penukar Anion yang berisi resin basa kuat dalam bentuk hidroksida (R-OH). Resin ini bertugas mengikat ion-ion negatif (anion) terlarut yang masih tersisa, seperti klorida Cl^- , sulfat SO_4^{2-} , dan silika SiO_2 , seraya melepaskan ion hidroksida OH^- ke dalam air. Ion hidroksida OH^- yang lepas ini akan langsung berikatan secara instan dengan ion hidrogen H^+ dari tahap kation sebelumnya untuk membentuk molekul air murni H_2O . Resin yang digunakan adalah jenis M-500 dengan notasi $R(OH)_2$. Reaksi yang terjadi di dalam anion exchanger adalah sebagai berikut :



Jika resin anion ini telah mencapai titik jenuh, keaktifannya akan dipulihkan kembali melalui proses regenerasi kimia menggunakan larutan basa yaitu larutan NaOH 4%. Reaksi yang terjadi saat regenerasi adalah sebagai berikut:



5. Unit Penyimpanan Air Bersih Dan Distribusi

Air hasil keluaran sistem ion exchanger ini kini telah berstatus sebagai air bebas mineral (demineralized water) dengan nilai konduktivitas listrik yang sangat rendah. Air murni ini selanjutnya dialirkan menuju Tangki Air Bersih (BAB-01) yang bertindak sebagai tangki penampung utama (buffer tank) untuk menjaga stabilitas pasokan air di seluruh area pabrik. Dari BAB-01, air demin dikirimkan secara kontinu menggunakan Pompa Distribusi (P-03) untuk memenuhi kebutuhan air proses di area produksi maupun dialirkan menuju unit utilitas pembangkit uap panas. Keberadaan tangki penyimpanan ini sangat penting untuk memastikan ketersediaan volume air yang cukup apabila terjadi fluktuasi debit pada unit pengolahan hulu atau saat dilakukan perawatan berkala pada salah satu tangki ion exchanger.

6. Unit Daerasi

Air Deminearlisasi kemudian dialirkan menuju tangki deaerator (T-01), untuk menjalani proses deaerasi mekanis menggunakan metode injeksi uap panas (*steam stripping*). Proses deaerasi ini bertujuan utama untuk mengusir dan menghilangkan gas-gas terlarut yang masih terjebak di dalam air murni, khususnya gas oksigen O_2 dan karbon dioksida CO_2 . Penghilangan gas-gas korosif tersebut sangat krusial karena keberadaan gas oksigen di dalam air boiler bertekanan tinggi sangat berbahaya dan dapat memicu korosi sumuran (*pitting corrosion*) yang sangat agresif pada dinding pipa baja maupun alat-alat proses lainnya. Melalui pemanasan intensif hingga mendekati titik didihnya di dalam lingkungan T-01, kelarutan gas di dalam air akan menurun secara drastis, sehingga gas-gas tersebut terpisah secara fisik dari air untuk kemudian langsung dibuang keluar menuju atmosfer. Setelah melalui tahapan

pelepasan gas secara mekanis ini, air yang telah bebas dari gas terlarut kemudian diumpankan menuju tangki penyimpanan air proses

Oksigen terlarut dalam air dapat menyebabkan terjadinya korosi pada berbagai peralatan proses. Oleh karena itu, gas-gas terlarut tersebut dipisahkan dan selanjutnya dibuang ke atmosfer, sedangkan air yang telah bebas dari gas terlarut dialirkan menuju tangki penyimpanan air proses. Untuk mencegah terjadinya korosi dan pembentukan kerak pada peralatan, ditambahkan beberapa bahan kimia, antara lain hidrazin (N_2H_4) dan natrium dihidrogen fosfat (NaH_2PO_4):

- Hidrazin (N_2H_4)

Hidzamin berfungsi mengikat dan menghilangkan sisa gas terlarut, terutama oksigen, sehingga dapat mengurangi risiko korosi pada peralatan proses. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



- NaH_2PO_4

Zat ini berfungsi untuk mencegah timbulnya kerak. Reaksi yang terjadi adalah:



7. Unit pembangkit Umpa Boiler

Tahap akhir dari seluruh rangkaian sistem utilitas air ini terjadi di dalam Boiler (BL-01). Air umpa yang sudah panas dan bebas dari gas terlarut di dalam T-01 dialirkan masuk ke dalam pipa-pipa penguapan di dalam BL-01. Di dalam boiler, air tersebut dipanaskan secara intensif menggunakan energi panas hasil pembakaran bahan bakar hingga mencapai fase jenuh dan berubah menjadi uap air bertekanan tinggi (steam). Steam yang dihasilkan oleh BL-01 ini kemudian didistribusikan melalui jaringan pipa utama menuju berbagai peralatan proses di dalam pabrik fenilamine, seperti reaktor pemanas, kolom distilasi, maupun unit penukar panas (heat exchanger), guna menggerakkan seluruh roda produksi industri.

4.2 Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik biasanya dapat dipenuhi dari sumber listrik berikut:

- Supply dari PT Krakatau Daya Listrik, Cilegon (digunakan untuk ketersediaan sumber listrik yang kontinyu).
- Generator cadangan digunakan sebagai sumber listrik darurat (emergency) dengan bahan bakar diesel dan kapasitas yang relatif kecil. Generator yang digunakan umumnya menghasilkan arus

bolak-balik (AC) tiga fasa karena tegangannya dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan menggunakan transformator. Penggunaan generator ini diperlukan sebagai sumber listrik alternatif, khususnya apabila pasokan listrik dari PLN mengalami gangguan. Selain itu, sistem AC tiga fasa dipilih karena mampu menghasilkan daya listrik yang cukup besar. Generator AC tiga fasa juga memiliki beberapa keunggulan, antara lain menghasilkan daya yang lebih besar dan stabil, membutuhkan jumlah kawat penghantar yang lebih sedikit, serta menggunakan motor tiga fasa yang relatif lebih sederhana dan memiliki harga lebih ekonomis

4.2.1. Listrik untuk Kegiatan Produksi

Tabel 4.8 Kebutuhan Listrik untuk Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah	Hp	kWh
Pompa	P nitrobenzen	1	2	1
pompa	P-01	1	2	1
pompa	P-02	1	1	1
pompa	P-03	1	1	1
pompa	P-04	1	1	1
pompa	P-05	1	1	1
pompa	P-06	1	1	1
pompa	P-07	1	1	1
pompa	P-08	1	1	1
Kompresor	C-01	1	60	45
Kompresor	C-02	1	60	45
Expander	EXP-01	1	10	7
Total			141	105

4.2.2. Keperluan Utilitas

Tabel 4.9 Keperluan Utilitas

Nama Alat	Jumlah	Hp	kWh
Pompa air pendingin	1	40	29.828000
Pompa sanitasi	1	2	1.491400
Pompa hydrant	1	3	2.237100
Pompa air umpan boiler	1	2	1.491400
Kompresor udara	1	50	37.285000
Total		97	72

4.2.3. Pengelolahan limbah

Kebutuhan energi untuk pengolahan limbah diperkirakan 20 HP = 14.91399743 kwh

4.2.4. Listrik untuk Laboratorium, Bengkel, dan Instrumentasi

Kebutuhan listrik untuk laboratorium, bengkel, dan instrumentasi di perkirakan sebesar 67 HP. Sehingga menjadi 50 kwh

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan daya untuk proses produksi} &= 105 + 72 + 14.91399743 + 50 \\ &= 242 \text{ kwh}\end{aligned}$$

4.2.5. Listrik untuk Kegiatan Operasional**a. Listrik untuk penerangan**

Perkiraan kebutuhan energi listrik untuk sistem penerangan dapat dihitung dengan pendekatan berdasarkan konsep Luminous Efficacy, yaitu jumlah fluks cahaya yang dihasilkan oleh sumber penerangan dan dinyatakan dalam satuan lumen. Jumlah pencahayaan yang dibutuhkan pada suatu area dapat ditentukan berdasarkan luas area dan tingkat intensitas pencahayaan yang diperlukan, dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

Area = luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m^2)

Lux = kebutuhan energi Cahaya per satuan luas (lumen/m^2)

dengan Area merupakan luas wilayah yang memerlukan pencahayaan (m^2), sedangkan Lux adalah tingkat kebutuhan pencahayaan per satuan luas yang dinyatakan dalam lumen/m^2 . Nilai lux yang digunakan berbeda-beda dengan fungsi dan jenis area yang akan diterangi. Dalam

perancangan ini, standar nilai lux mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri. Selanjutnya, kebutuhan lumen untuk masing-masing area dihitung berdasarkan persamaan tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada perhitungan berikut.

Tabel 4.10 Luas Ruangan

Area Ruangan	Luas m²	Lux (lumen/m²)	Lumen
Bangunan In Door			
Pos keamanan	50	80	4000
Gedung kantor utama	1200	300	360000
Poliklinik	200	200	40000
Kantin dan koperasi	200	200	40000
Area Ruangan	Luas m²	Lux (lumen/m²)	Lumen
Laboratorium	400	500	200000
Perpustakaan	200	200	40000
Bengkel	500	200	100000
Masjid	200	150	30000
Aula	500	200	100000
Ruang kontrol	500	350	175000
Unit Pemadam kebakaram	500	100	50000
Unit penyimpanan	1000	100	100000
Power station	600	100	60000
Kantor K3	300	200	60000
Total	6350	2880	1359000
Area Ruangan	Luas m²	Lux (lumen/m²)	Lumen
Bangunan Out Door			
Unit Proses	10000	150	1500000
Area Pengembangan	6000	20	120000
Unit Utilitas	3000	100	300000

Area Ruangan	Luas m ²	Lux (lumen/m ²)	Lumen
IPAL	1000	100	100000
Area parkir	1000	20	20000
Meeting point	200	50	10000
Taman	700	50	35000
Jalan	1500	50	75000
TOTAL	23400	540	2160000

Jenis lampu yang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan pada seluruh area di dalam bangunan adalah lampu Light-Emitting Diode (LED) Philips tipe Helix Spiral Energy Saving Bulb dengan daya 24 watt dan menghasilkan fluks cahaya sebesar 1.400 lumen untuk setiap lampu. Sementara itu, pencahayaan pada area di luar bangunan menggunakan lampu LED Philips tipe Helix Spiral Energy Saving Bulb berdaya 42 watt dengan keluaran cahaya sebesar 2.000 lumen per lampu.

INDOOR

Lumen output tiap lampu	=	1400	Lumen
Jumlah lampu dalam ruangan	=	970.7142857	
	=	971	lampu
Daya 1 philip	=	24	watt
Daya listrik yang dibutuhkan	=	(daya 1 philip *lampu)/1000	
	=	23.304	kW

OUTDOOR

Lumen output tiap lampu	=	2000	Lumen
Jumlah lampu dalam ruangan	=	1080	
	=	1080	lampu
Daya 1 philip	=	42	watt
Daya listrik yang dibutuhkan	=	(daya 1 philip *lampu)/1000	
	=	45.36	kW
Total Listrik Untuk Daya Penerangan	=	listrik bagian dalam ruangan + listrik bagian luar ruangan	
	=	23.304 + 45.36	
	=	68.664 kwh	

b. Listrik untuk Air Conditioner (AC) atau Pendingin Ruangan

Penggunaan AC dibutuhkan pada beberapa tempat tertentu, yaitu Gedung kantor utama, poliklinik, laboratorium, perpustakaan, masjid, aula, dan ruang kontrol. Kebutuhan listrik untuk keperluan AC (Air Conditioner) dihitung berdasarkan SNI 03-6389- 2000 Badan Standardisasi Nasional, (2000) tentang konservasi selubung bangunan pada bangunan gudang, fisika bangunan, dan kenyamanan thermal. Setiap 1 m² membutuhkan 500 Btu/jam.

Ruang	Luas (m ²)
Gedung kantor utama	1200
Kantor K3	300
Poliklinik	200
Kantin dan Koperasi	200
Laboratorium	400
Masjid	200
Aula	500
Ruang	Luas (m ²)
Ruang Kontrol	500
Total	3500

$$\begin{aligned}
 \text{Beban AC} &= \text{Luas ruangan} \times \text{Beban kalor} \\
 &= 3500 \text{ m}^2 \times 500 \\
 &= 1750000 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

1/2 PK = 5.000 Btu/jam, maka kebutuhan PK dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan PK} &= \text{Beban AC} / \text{Daya AC} \\
 &= 1750000 / (2 \times 5000) \\
 &= 175 \text{ PK}
 \end{aligned}$$

1 PK = 970 Watt, maka kebutuhan listrik dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan listrik} &= 175 \times 970 \text{ watt} \\
 &= 169750.0000 \text{ watt} \\
 &= 169.75 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

c. Listrik untuk Peralatan Lain

Penggunaan listrik untuk peralatan kantor seperti komputer, printer, server komputer, dan lain-lain. Asumsi yang digunakan untuk total daya

penggunaan listrik tersebut adalah 20 kW. Sehingga, total kebutuhan listrik untuk kegiatan operasional:

$$\begin{aligned}
 \text{Total kebutuhan listrik} &= \text{penerangan} + \text{pendingin ruangan} + \text{peralatan lain} \\
 &= 68.664 + 169.75 + 20 \\
 &= 258.414 \\
 \text{Total kebutuhan listrik over all} &= 258.414 + 242 \\
 &= 501h
 \end{aligned}$$

4.3 Unit Pengadaan Steam

4.3.1 Menghitung Kebutuhan Steam

Steam berfungsi sebagai pemanas baik digunakan dalam proses maupun alat-alat penukar panas Steam yang digunakan adalah saturated steam yaitu Low Pressure Steam sebesar 4,04 bar atau 58,62 psia. Steam diperoleh dari boiler sedangkan air umpan boiler diperoleh dari unit penyedia air. Steam yang dibutuhkan sebagai pemanas sebesar:

$$\text{BFW yang dibutuhkan saat start up} = 103571.0227 \text{ kg/jam}$$

$$\text{BFW yang dibutuhkan saat operasi normal} = 14123.32128 \text{ kg/jam}$$

4.3.2 Menghitung Kapasitas Boiler

a. Start Up

$$m \text{ steam} = 103571.0227 \text{ kg/jam}$$

$$P \text{ steam} = 404.02 \text{ Kpa}$$

$$\text{suhu BWF} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{suhu steam} = 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda \text{ pada suhu } 300^{\circ}\text{C} = 2163.44 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 2516675901.609 \text{ kJ/jam}$$

$$Q = 2385348203.04 \text{ btu/jam}$$

b. Saat Operasi

$$m \text{ steam} = 14123.32128 \text{ kg/jam}$$

$$P \text{ steam} = 404.02 \text{ Kpa}$$

$$\text{suhu BWF} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{suhu steam} = 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda \text{ pada suhu } 300^{\circ}\text{C} = 2163.44 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 343183077.5 \quad \text{kJ/jam} \\
 &= 325274754.959 \quad \text{btu/jam}
 \end{aligned}$$

4.3.3 Menghitung Kebutuhan Bahan Bakar

Jenis bahan bakar yang akan digunakan pada boiler ialah Natural gas. Data LHV (Lower Heating Value) masing-masing komponen natural gas.

Tabel 4.11 Perhitungan Lower Heating Value Natural Gas

Komponen	LHV (Kj/Kg)	BM	%massa	LHV.xi
CH4	55576	16	0.8332	46305.9232
C2H6	51952	30	0.0530	2753.456
C3H8	50370	44	0.0293	1475.841
i-C4H10	49389	58	0.0065	321.0285
n-C4H10	49547	58	0.0079	391.4213
i-C5H12	48950	72	0.0037	181.115
n-C5H12	49046	72	0.0024	117.7104
Komponen	LHV (Kj/Kg)	BM	%massa	LHV.xi
n-C6H12	48717	86	0.019	925.623
N2	0	28	0.0126	0.000
CO2	0	44	0.0494	0.000
CO	0	28	0.0000	0.000
H2S	16501	34	0.0000	0.16501
H2O	0	18	0.0000	0.000
Total	420048			52472.28341

$$\begin{aligned}
 \text{LHV Natural Gas} &= 52472.28341 \quad \text{kJ/kg} \\
 &= 22563.08187 \quad \text{Btu/lb}
 \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan bahan bakar dapat dihitung sebagai berikut:

a.Start up

Asumsi efesiensi boiler 80%

$$\text{Massa bahan bakar} = Q / (\eta \times \text{Heating Value})$$

132148.8470	lb/jam
59941.65982	kg/jam

b. Saat operasi normal

Massa bahan bakar

$$\text{Massa bahan bakar} = Q / (\eta \times \text{Heating Value})$$

18020.2973 lb/jam

8173.862702 kg/jam

4.4 Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit pengadaan udara tekan sangat diperlukan dalam proses terutama untuk fasilitas instrumentasi dan peralatan proses, seperti pembersih filter udara, sebagai penggerak valve control, dan sistem kontrolnya. Pengadaan udara tekan pada pabrik Anilin ini terdiri dari dua kebutuhan udara yaitu udara instrumentasi dan udara maintenance. Proses penyediaan udara tekan disajikan pada Gambar Udara luar yang digunakan adalah udara sekitar pabrik dengan RH rata-rata 60-70% pada kondisi normal dengan temperatur rata-rata 29-35°C. Udara luar terlebih dahulu dilakukan proses penyaringan untuk menghilangkan partikel debu. Selanjutnya udara dikompresi hingga menjadi udara bertekanan. Udara bertekanan ini akan mengalami kenaikan suhu sehingga perlu didinginkan dengan air pendingin. Pendinginan juga berfungsi untuk mengkondensasi uap air yang ada. Kemudian udara bertekanan ditampung dalam air receiver dan siap digunakan untuk keperluan sistem instrumentasi dan pembersihan alat atau servis peralatan (Equipment Maintenance). Contoh penggunaan udara tekan dalam peralatan proses seperti untuk menggerakkan control valve. Udara untuk instrumentasi dialirkan dalam pengering udara, yaitu absorber yang berisi garam terlebih dahulu untuk menurunkan kadar air, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya korosi.

4.4.1 Kebutuhan udara tekan

Udara tekan yang salah satunya dibutuhkan untuk menggerakkan alat – alat instrumentasi kontrol pada proses produksi di pabrik anilin. Asumsi udara tekan yang digunakan untuk alat-alat instrumentasi control adalah sebesar 10.000 kg/jam.

Kebutuhan Udara = 10.000 kg/jam x 24 jam/hari x 330 hari/tahun

Instrumentasi

$$= 79.200.000 \text{ kg/tahun}$$

Udara tekan juga dibutuhkan untuk pembersihan alat, maintenance alat atau servis peralatan pada proses produksi maupun utilitas. Berdasarkan Hendri (2018), untuk pipa dengan diameter dalam 6 mm memiliki laju alir udara tekan sebesar 2,120 ml/menit. Asumsi industri melakukan maintenance sebanyak 3 kali dalam 1 tahun (setiap 3 bulan sekali) dengan pengerjaan maintenance selama 7 hari. Pabrik anilin ini memiliki 43 alat termasuk alat proses dan utilitas

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Udara Instrumentasi} &= 2.120 \text{ ml/min} \times 60 \text{ min/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 3.052,8 \text{ m}^3 \text{ /hari} \times 7 \text{ hari/bulan} \times 3 \text{ bulan/tahun} \\ &= 64.108,8 \text{ m}^3 \text{ /hari} \times 1,225 \text{ kg/ m}^3 \\ &= 75.5536,28 \text{ kg/tahun} \times 45 \text{ alat} \\ &= 3.533.997,60 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

4.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah natural gas dan bahan bakar cair (solar) yang diperoleh dari PT Pertamina.

4.5.1 Bahan Bakar Boiler

Jenis bahan bakar	=	Natural Gas
Lower heating value	=	22563.08187 Btu/kg
Efisiensi boiler	=	80%
Kebutuhan bahan bakar		
Saat start up	=	59941.65982
saat operasi normal	=	8173.862702

4.5.2 Bahan Bakar Generator

Generator yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 1000 kW. Generator yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tipe	=	AC Generator
Kapasitas	=	1000 kW
	=	3412141.63 Btu/jam
Efisiensi	=	80 %

Phase = 3

Spesifik bahan bakar

Jenis bahan bakar = solar

heating value = 19.44

densitas = 54.26

specific gravity = 0.8691

kebutuhan bahan bakar = $Q / \eta \times \text{specific gravity} \times \text{heating value}$

= 252447.487 lb/jam

= 4652.552286 ft³/jam

= 131745.3926 L/jam

4.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah bertujuan untuk menurunkan tingkat pencemaran sehingga limbah menjadi aman untuk dibuang, sekaligus memenuhi standar baku mutu limbah yang ditetapkan pemerintah sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Limbah yang dihasilkan pabrik metil metakrilat terdiri dari limbah cair dan limbah padat, dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

4.6.1 Pengolahan Limbah Cair

a. Limbah proses

Limbah cair dari proses, terutama air yang keluar dari bagian bawah Menara Distilasi (MD-02), ditampung terlebih dahulu di bak penampung sebelum dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk pengolahan lebih lanjut.

b. Limbah Pencucian Peralatan

Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik mengandung kerak dan kotoran yang menempel pada permukaan peralatan, sehingga dikumpulkan dan diolah melalui IPAL agar aman untuk dibuang.

c. Limbah Domestik dan Kantor

Air buangan dari kamar mandi, sisa makanan, dan limbah cair maupun padat dari kantin dikumpulkan dan diolah menggunakan lumpur aktif serta desinfektan Natrium hipoklorit di unit sanitasi, kemudian dialirkan ke IPAL sesuai standar lingkungan.

d. Oily Water dari Mesin Proses

Oily water yang berasal dari buangan pelumas pompa dan alat proses dipisahkan berdasarkan berat jenis; minyak dialirkan ke penampungan minyak dan kemudian

e. Air Sisa Proses

Air regenerasi dari unit demineralisasi yang mengandung NaOH dan H₂SO₄ dinetralkan dengan HCl dan NaOH hingga mencapai pH 6,5–7 dan kandungan O₂ minimal 3 ppm, lalu dialirkan ke IPAL agar aman bagi lingkungan.

f. Limbah Laboratorium (B3)

Limbah laboratorium yang mengandung bahan kimia digunakan untuk analisis kualitas bahan baku, produk, dan penelitian proses termasuk kategori limbah B3, sehingga dikirim ke PT. Prasadha Pamunah Limbah Industri (PT. PPLI) di Sidoarjo untuk pengolahan profesional. Pemilihan PT. PPLI didasarkan pada jaraknya yang relatif dekat, layanan pengangkutan dan pengolahan limbah B3 yang lengkap, serta kepatuhan terhadap regulasi pemerintah.

Tabel 4.12 Parameter Limbah Cair

Parameter	Nilai
COD	100 mg/liter (maks)
BOD	20 mg/liter (maks)
TSS	80 mg/liter (maks)
Oil	5 mg/liter (maks)
pH	6,5 – 8,5

4.6.2 Limbah Padat

Pengelolaan limbah padat di pabrik fenilamina mengacu pada SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah. Limbah padat yang dihasilkan berasal dari unit pengolahan air (sludge) dan kegiatan domestik, seperti sisa makanan dan sampah kantor. Sludge dari unit pengolahan air terlebih dahulu dikurangi kadar airnya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk, sedangkan limbah rumah tangga dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

- **Pewadahan Sampah**

Sampah dikumpulkan sesuai dengan jenisnya: sampah anorganik seperti gelas, plastik, dan logam diberi wadah berwarna terang; sampah organik

seperti sisa makanan, kulit buah, dan daun diberi wadah berwarna gelap; sedangkan limbah B3 diberi wadah berwarna merah dengan lambang khusus.

- **Kriteria Lokasi dan Penempatan Wadah**

Wadah individual ditempatkan di halaman depan dan belakang sumber sampah, sedangkan wadah komunal ditempatkan dekat sumber sampah, tidak mengganggu trotoar, jalan, atau fasilitas umum lainnya.

- **Pengumpulan Sampah**

Pengumpulan dilakukan 1–2 hari sekali atau maksimal tiga hari, menyesuaikan komposisi sampah. Semakin besar proporsi sampah organik, pengambilan sampah kering dapat dilakukan lebih dari tiga hari sekali. Sampah B3 dikumpulkan sesuai ketentuan yang berlaku, dengan petugas tetap, lokasi pelayanan yang pasti, dan jadwal periodik agar distribusi pekerjaan merata

- **Peralatan Pengangkut Sampah**

Peralatan pengangkut sampah harus memiliki penutup, minimal berupa jaring, dengan tinggi bak maksimum 1,6 meter. Kapasitas bak disesuaikan dengan kelas jalan yang dilalui, dan bak truk atau kontainer sebaiknya dilengkapi sistem pengelolaan air limbah

- **Teknik Pengolahan Sampah**

Pengolahan dilakukan melalui pengomposan secara alami, biologis menggunakan cacing, atau dengan organisme tambahan. Daur ulang dilakukan sesuai jenis sampah, baik organik maupun anorganik. Volume sampah dapat dikurangi melalui pencacahan, biogasifikasi, atau pemanfaatan energi dari hasil pengolahan sampah.

- **Pemilihan Lokasi TPA**

Pembuangan akhir dilakukan dengan metode penimbunan terkendali yang mencakup pengolahan lindi dan gas. Untuk daerah pasang surut, sistem penimbunan dilakukan dengan kolam anaerob, fakultatif, dan maturasi untuk mengelola limbah secara efektif dan aman bagi lingkungan.

4.6.3 Limbah Gas

Untuk mencegah terjadinya pencemaran udara akibat emisi gas buang yang berasal dari boiler dan splitter, diperlukan penanganan terhadap gas buang tersebut. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan memasang stack atau

cerobong asap pada ketinggian tertentu sebagai sarana untuk menyalurkan dan membuang emisi gas ke atmosfer. Dalam perancangan ini, boiler menggunakan bahan bakar natural gas sehingga pembakarannya tidak menghasilkan fly ash dan menghasilkan emisi partikulat yang relatif rendah, sehingga potensi pencemaran udara dapat diminimalkan.

4.7 Laboratorium

4.7.1 Peranan Laboratorium

Laboratorium merupakan salah satu bagian penting dalam pabrik Anilin ini. Hal tersebut dikarenakan pada unit laboratorium ini dapat diperoleh data tentang raw material dan produk. Dengan data-data yang diberikan maka proses produksi akan selalu dapat dikontrol dan dijaga standar mutu sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Selain itu juga dapat digunakan untuk menganalisa baku mutu limbah yang keluar dari unit pengolahan limbah yang ada di pabrik. Adapun tugas pokok laboratorium adalah sebagai berikut:

- Mengontrol bagaimana kualitas bahan baku yang diperoleh.
- Mengontrol bagaimana kualitas produk yang diproduksi.
- Mengontrol dan menganalisa jalannya proses produksi yang berkaitan dengan tingkat pencemaran lingkungan, meliputi polusi udara, limbah cair maupun limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
- Mengontrol dan menganalisa baku mutu air, air pendingin, air umpan boiler dan lainlain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Selain ke-empat tugas pokok tersebut, laboratorium juga memiliki peran lain yaitu bertugas dalam pengendalian pencemaran lingkungan dari limbah, baik limbah padat, gas, maupun limbah cair.

4.7.2 Bagian – Bagian Laboratorium

Di dalam laboratorium terdapat dari 3 bagian pokok yaitu:

1. Laboratorium Pengendalian Mutu (Quality Control)

Laboratorium ini bertugas melakukan pengujian dan analisis terhadap spesifikasi serta komposisi bahan baku, yaitu amonia dan etilen oksida. Selain itu, laboratorium melakukan analisis terhadap komposisi produk Monoethanolamine (MEA), termasuk pengujian sifat fisik dan kimia produk yang dihasilkan. Analisis juga dilakukan pada setiap arus proses produksi untuk memastikan kualitas produk sesuai dengan spesifikasi yang telah

ditetapkan. Beberapa parameter yang dianalisis meliputi specific gravity, viskositas, kadar air, boiling point, dan flash point.

2. Laboraturum Pengendalian Baku Mutu Lingkungan

Laboratorium ini memiliki tugas untuk melakukan pengujian dan analisis terhadap limbah yang dihasilkan selama proses produksi, baik berupa limbah cair maupun limbah gas. Analisis juga dilakukan terhadap limbah yang telah melalui proses pengolahan pada unit pengolahan limbah sebelum dilepaskan ke lingkungan. Selain itu, laboratorium melakukan pengujian terhadap cooling water yang telah digunakan dalam proses dan dialirkan menuju sungai untuk memastikan kualitas buangan tersebut memenuhi ketentuan lingkungan yang berlaku.

3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan (Research and Development)

Laboratorium ini berperan dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan yang berkaitan dengan berbagai permasalahan kualitas material maupun kondisi proses produksi dengan tujuan meningkatkan kualitas dan hasil akhir produk. Kegiatan yang dilakukan bersifat tidak rutin dan lebih berfokus pada penelitian serta pengembangan terhadap hal-hal baru yang dapat mendukung peningkatan proses produksi. Selain itu, laboratorium ini melakukan kajian mengenai pengaruh aktivitas pabrik terhadap kondisi lingkungan serta mengembangkan berbagai upaya untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang dapat timbul akibat kegiatan industri.

4.7.3 Alat – alat utama yang digunakan di laboratorium

- a. Water Content Tester: Digunakan untuk menganalisa kadar air di dalam bahan baku maupun produk.
- b. pH meter: Digunakan untuk mengetahui tingkan keasaman dan kebasaan air.
- c. Hydrometer: Digunakan untuk mengukur spesific gravity.
- d. Viskometer: Digunakan untuk mengukur tingkat viskositas.
- e. Liquid Chromatography : Digunakan untuk menganalisa kandungan produk dan bahan baku.
- f. Conductivity Meter: Digunakan untuk menganalisa konduktivitas zat terlarut dalam air.
- g. TTS Analyzer : Digunakan untuk mengetahui kandungan padatan tersuspensi.

- h. TDS (Total Dissolved Solid) Tester : Digunakan untuk menganalisa kandungan padatan terlarut dalam air.
- i. Hardness Tester : Digunakan untuk mengetahui tingkat kesadahan air.
- j. HPLC (High Performance Liquid Chromatography) : Digunakan untuk menganalisa impuritas dan memisahkannya.
- k. GC-FID (Gas Chromatography – Flame Ionization Detector) : Digunakan untuk menganalisa nilai kuantitatif untuk spesifikasi.
- l. Gas Analyzer : Digunakan untuk menganalisa kadar gas hasil pembakaran.
- m. BOD Meter Digunakan untuk menganalisa BOD (Biological Oxygen Demand) dalam air.