

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau utilitas merupakan salah satu bagian penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses produksi dalam sebuah pabrik. Unit utilitas yang terdapat pada pabrik Biolubricant (TFATE) meliputi:

4.1 Unit Pengadaan dan Pengelolaan Air

Pabrik biolubricant membutuhkan air sebagai utilitas utama untuk mendukung operasi, meliputi air pendingin, umpan boiler, proses, domestik dan sanitasi, serta sistem pemadam kebakaran. Ketersediaan air yang cukup sangat penting untuk kelancaran produksi dan kegiatan penunjang lainnya. Sumber air berasal dari air laut di sekitar lokasi pabrik karena ketersediaannya melimpah dan stabil sepanjang tahun. Lokasi yang dekat dengan pesisir juga memudahkan pengambilan air sehingga menekan biaya distribusi. Namun, air laut perlu diolah terlebih dahulu karena tingginya kandungan garam dan mineral terlarut. Berdasarkan penggunaannya, air dibagi menjadi air domestik dan sanitasi, air pendingin, air umpan boiler, air proses, serta air *service* dan *hydrant*.

a) Air Domestik dan Sanitasi

Air domestik digunakan untuk memenuhi kebutuhan pegawai di lingkungan pabrik, seperti keperluan mandi, cuci, kakus (MCK), serta berbagai kebutuhan kantor lainnya. Selain itu, air juga digunakan untuk keperluan sanitasi seperti pembersihan peralatan laboratorium, pencucian peralatan proses, serta kegiatan kebersihan lainnya di area pabrik.

Tabel 4.1 menunjukkan parameter standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk air keperluan higiene dan sanitasi yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017. Parameter yang ditetapkan meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi yang digunakan sebagai acuan dalam menilai kualitas air non-konsumsi.

Tabel 4. 1 Parameter Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (Non-Konsumsi)
Permenkes RI No. 32 Tahun 2017

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Kimia			
1.	pH	NTU	6,5 – 8,5
2.	Besi	TCU	1

3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan		500
5.	Mangan		0,5
6.	Nitrat, sebagai N		10
7.	Nitrit, sebagai N		1
8.	Sianida		0,1
9.	Detergen		0,05
10.	Pestisida total		0,1
Fisika			
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm$ 3
5.	Rasa		
6.	Bau		
Biologi			
1.	Total coliform	CFU/100 ml	50
2.	E. coli	TCU	0
Tambahan			
1.	Air raksa	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,05
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5.	Selenium	mg/l	0,01
6.	Seng	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbal	mg/l	0,05
9.	Benzene	mg/l	0,01
10.	Zat Organik (KMNO ₄)	mg/l	10

1. Kebutuhan Air Sanitasi

Kebutuhan air sanitasi terdiri dari 3 macam yaitu air untuk karyawan, laboratorium, pemeliharaan taman, kebakaran dan cadangan air.

a. Air untuk karyawan

Persyaratan air bersih untuk kebutuhan karyawan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405 Tahun 2002 adalah dengan kapasitas minimal 120 liter/hari x orang. Sehingga untuk 176 karyawan, kebutuhan air sanitasinya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= \frac{120 \text{ L}}{24 \text{ jam.orang}} \times \text{jumlah pekerja} \times \frac{\text{jam kerja}}{24 \text{ jam}} \\ &= \frac{120 \text{ L}}{24 \text{ jam.orang}} \times 176 \text{ orang} \times \frac{8 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \\ &= 293,33 \text{ L/jam} \\ &= 292,05 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

b. Air untuk laboratorium dan taman

Kebutuhan air untuk laboratorium dan taman adalah 20% dari kebutuhan karyawan. Untuk perhitungannya, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= 20\% \times \text{kebutuhan air karyawan} \\ &= 20\% \times 292,05 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \\ &= 58,41 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

c. Air untuk *hydrant* dan cadangan air

Kebutuhan *hydrant* diperlukan untuk menunjang operasi pemadam kebakaran jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Pada umumnya air jenis ini tidak memerlukan persyaratan khusus. Kebutuhan air untuk *hydrant* dan cadangan air adalah 140% dari kebutuhan sanitasi karyawan serta laboratorium dan taman. Untuk perhitungannya, yaitu:

$$\text{Kebutuhan sanitasi} = 292,05 \text{ kg/jam} + 58,41 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan sanitasi} = 350,46 \text{ kg/jam}$$

Maka, kebutuhan air untuk kebakaran dan cadangan air:

$$\text{Kebutuhan air} = 140\% \times \text{kebutuhan sanitasi}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 140\% \times 350,46 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 490,65 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Total Kebutuhan air} = 292,05 \text{ kg/jam} + 58,41 \text{ kg/jam} + 490,65 \text{ kg/jam} = 841,12 \text{ kg/jam}$$

b) Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk menyerap panas dari fluida proses bersuhu tinggi pada peralatan seperti *heat exchanger* dan kondensor agar suhu operasi tetap terjaga. Sistem

pendingin di pabrik ini menggunakan sirkulasi tertutup dengan *cooling tower*. Air panas dari proses dialirkan ke hot basin, kemudian ke cooling tower untuk didinginkan melalui kontak dengan udara yang dibantu kipas (*mechanical draft*). Sebagian panas dilepas ke udara dan sebagian air menguap, sehingga suhu air turun sebelum ditampung kembali dan digunakan ulang, dengan target sekitar 30°C. Karena menggunakan air laut, diperlukan pengolahan tambahan berupa bahan kimia seperti inhibitor korosi, biocide, dan dispersan untuk mencegah korosi, pertumbuhan mikroorganisme, serta pembentukan kerak yang dapat mengganggu perpindahan panas.

Tabel 4. 2 Syarat Air Pendingin

Parameter	<i>Circulating water</i>	<i>Make up Water</i>
pH	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 <i>hardness</i> (mg/l)	< 200	< 70
Silica (mg/l)	< 150	< 50
Ca ²⁺	< 40	< 30

(ASME Water Quality Standard, 1994)

Tabel 4. 3 Kebutuhan Air untuk Pendingin

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1.	CP-201	Kondensor Parsial	4.041,30
2.	CP-202	Kondensor Parsial	4.041,30
3.	CP-301	Kondensor Menara Destilasi	365.389,52
4.	CL-501	Cooler	31.632,52
5.	CL-502	Cooler	9.241,40
6.	CL-503	Cooler	7.942,95
7.	CL-504	Cooler	110.225,41
TOTAL			532.514,38

c) Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang diolah secara khusus sebelum digunakan sebagai bahan baku steam pada unit boiler. Steam yang dihasilkan dari boiler digunakan sebagai media pemanas pada berbagai peralatan proses di pabrik biolubricant, seperti *heater*, *vaporizer*, *heat exchanger*, dan *reboiler*.

Air laut tidak dapat langsung digunakan sebagai air umpan boiler karena memiliki kandungan garam dan mineral yang sangat tinggi. Oleh karena itu, air laut harus melalui proses pengolahan yang lebih intensif, seperti proses desalinasi untuk mengurangi kandungan garam terlarut, diikuti dengan proses demineralisasi untuk menghilangkan ion-ion mineral yang tersisa. Selain itu, air juga perlu melalui proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti oksigen dan karbon dioksida yang dapat menyebabkan korosi pada sistem perpipaan dan *tube* boiler.

Apabila air yang digunakan sebagai umpan boiler masih mengandung mineral dalam jumlah tinggi, maka dapat terjadi pembentukan kerak pada permukaan perpindahan panas di dalam boiler. Kerak tersebut akan menghambat proses perpindahan panas sehingga menurunkan efisiensi operasi serta meningkatkan konsumsi energi pada sistem pembangkitan uap. Selain itu, keberadaan gas terlarut seperti oksigen dan karbon dioksida dapat menyebabkan korosi pada dinding pipa maupun komponen internal boiler yang berpotensi menurunkan umur pakai peralatan. Oleh karena itu, kualitas air umpan boiler harus memenuhi standar tertentu sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.2 yang mengacu pada ketentuan dalam SNI 7268:2009, sehingga operasi boiler dapat berlangsung secara aman, efisien, dan berkelanjutan.

Tabel 4. 4 Standar Kualitas Air Umpan Boiler SNI 7268:2009

No.	Parameter	Standar Baku Mutu (kadar maks)
1.	pH	4,8 – 5
2.	Alkalinitas pada pH 4,8	100 s/d 800
3.	Residu penguapan	Maks.4,00
4.	Ion klorida	Maks. 600
5.	Ion fosfat	20 s/d 40
6.	Ion sulfit	10 s/d 50
7.	Hidrasin	0,1 s/d 10

2. Kebutuhan Air Umpan Boiler

Tabel 4. 5 Kebutuhan Air Umpan

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan Air Umpan (kg/jam)
1.	M-101	<i>Melter</i>	986,30
2.	HE-101	<i>Heat exchanger</i>	2.056,55
3.	MX-101	<i>Mixer</i>	2899,96
4.	HE-201	<i>Heat exchanger</i>	54,20
5.	R-201	Reaktor	2708,90
6.	R-20	Reaktor	2708,90
TOTAL			11414,81

Jumlah kebutuhan steam yang digunakan untuk proses adalah 11414,81 kg/jam. Diperkirakan steam yang hilang 10% karena adanya steam trap dan 2% karena blowdown.

$$\begin{aligned} \text{Steam trap 10\%} &= 10\% \times 11414,81 \text{ kg/jam} \\ &= 1141,48 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown 2 \%} &= 2\% \times 11414,81 \text{ kg/jam} \\ &= 228,29 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Sehingga total kebutuhan air pendingin di pabrik ini sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Saat start - up} &= \text{kebutuhan BFW} + \text{steam trap} \\ &= 11414,81 \text{ kg/jam} + 1141,48 \text{ kg/jam} \\ &= 12556,29 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk make up stream} &= \text{trap} + \text{blowdown} \\ &= 1141,48 \text{ kg/jam} + 228,29 \text{ kg/jam} \\ &= 1369,77 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

d) Total Kebutuhan Air

a) Total kebutuhan air yang digunakan saat start-up

$$\begin{aligned} \text{start - up} &= (\text{air pendingin} + \text{air umpan boiler} + \text{air sanitasi}) \\ \text{start - up} &= 639.017,26 \text{ kg/jam} + 12.556,29 \text{ kg/jam} + 841,12 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$start - up = 652.414,68 \text{ kg/jam}$$

b) Total kebutuhan air yang digunakan saat normal operasi

$$\begin{aligned} normal &= (make\ up\ air\ pendingin + make\ up\ BFW + air\ sanitasi) \\ &= 639.017,26 \text{ kg/jam} + 1.369,78 \text{ kg/jam} + 841,12 \text{ kg/jam} \\ &= 641.228,16 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

c) Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan secara langsung dalam proses produksi dan dapat berkontak dengan bahan baku maupun produk. Dalam pabrik *biolubricant*, air proses dapat digunakan pada beberapa unit operasi tertentu seperti pada unit penyerapan atau proses pemisahan yang memerlukan media air.

Untuk mencegah terjadinya gangguan pada proses maupun penurunan kualitas produk, air proses harus memiliki tingkat kemurnian yang tinggi. Oleh karena itu, air laut yang digunakan sebagai air proses harus diolah terlebih dahulu melalui unit demineralisasi untuk menghasilkan air bebas mineral atau *demineralized water*. Proses demineralisasi dilakukan menggunakan sistem penukar ion yang bertujuan untuk menghilangkan ion-ion terlarut di dalam air.

Pada tahap awal, air dialirkan menuju *cation exchanger* untuk menghilangkan ion-ion bermuatan positif seperti kalsium dan magnesium. Selanjutnya air dialirkan menuju anion exchanger untuk menghilangkan ion-ion bermuatan negatif seperti klorida dan sulfat. Apabila masih terdapat sisa ion yang tersisa di dalam air, proses pemurnian dilanjutkan menggunakan *mixed bed exchanger* sehingga diperoleh air dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Air demineralisasi yang dihasilkan kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan sebelum digunakan sebagai air proses dalam unit produksi.

d) *Service Water* dan *Hydrant Water*

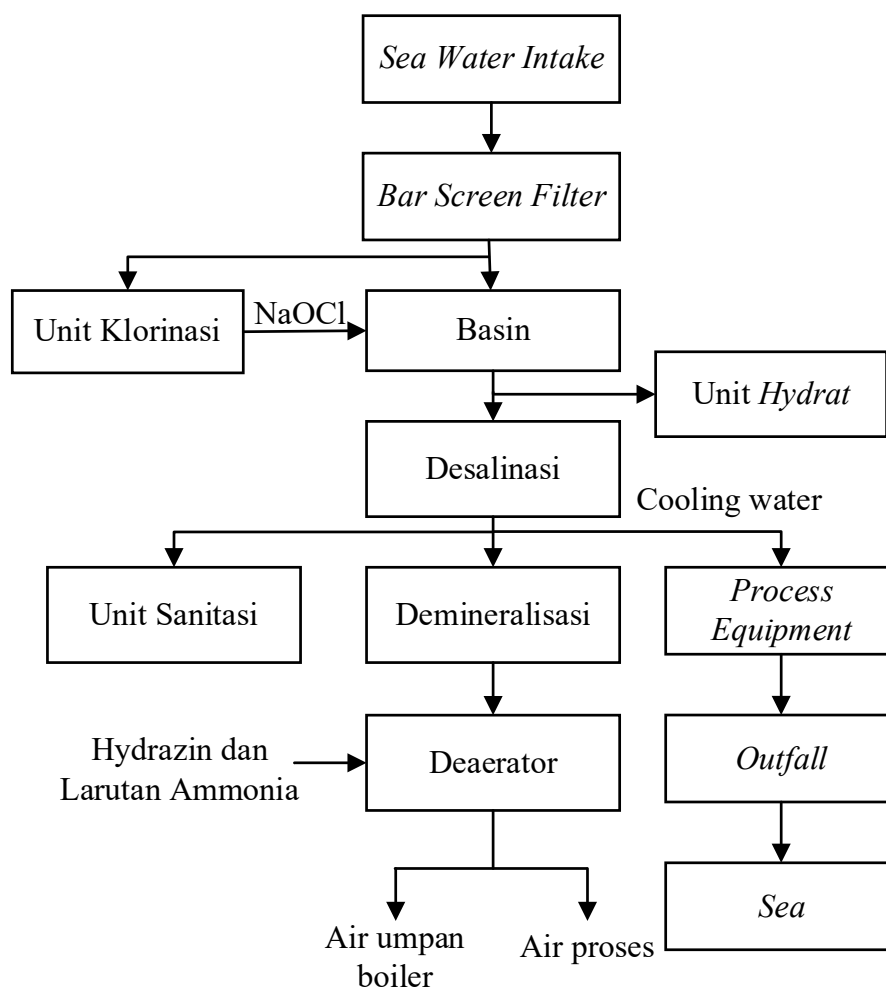
Selain digunakan untuk kebutuhan proses, air juga diperlukan untuk keperluan *service water* dan *hydrant water*. *Service water* digunakan untuk berbagai kegiatan operasional seperti pembersihan area pabrik serta kebutuhan utilitas lainnya yang tidak memerlukan kualitas air tinggi. Sementara itu, *hydrant water* digunakan sebagai sumber air pada sistem pemadam kebakaran di area pabrik.

Air untuk *service* dan *hydrant* diambil dari air laut yang telah melalui proses penyaringan kasar untuk menghilangkan partikel padat seperti pasir, sampah, dan material lainnya yang terbawa bersama aliran air. Sistem *hydrant* dirancang agar selalu siap digunakan apabila terjadi keadaan darurat seperti kebakaran. Oleh karena itu, ketersediaan

air dalam sistem *hydrant* harus selalu dijaga agar dapat berfungsi secara optimal dalam kondisi darurat.

4.1.1 Pengolahan Air

Air laut yang diperoleh dari perairan sekitar pabrik, yaitu dari air laut pesisir Kota Cilegon, tidak dapat langsung digunakan sebagai air utilitas, maka proses yang harus dilalui yaitu desalinasi air laut. Pada Gambar 4.1 diagram alir proses pengolahan air laut pada pabrik *biolubricant* ini terdiri atas beberapa unit pengolahan berikut:



Gambar 4. 1 Diagram Alir Pengolahan Air

1. Proses *Sea Water Intake* dan *Screening*

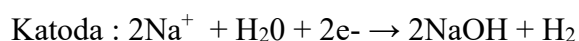
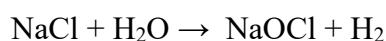
Air laut dilewatkan screen yang berupa trash rack untuk menghilangkan dan menyaring kotoran berukuran besar seperti sampah atau binatang laut lainnya dan juga *rotary screen* yang mampu menyaring partikel kecil. Di dalam *Sea Water Intake after screen* diinjeksikan natrium hipoklorit untuk membunuh mikroorganisme-mikroorganisme yang mungkin

tumbuh dalam penukar panas sehingga menyumbat aliran *cooling water*. Kemudian air laut tersebut dialirkan ke bak penampung (basin) menggunakan pompa air laut, setelah proses *screening*, air laut ditampung dalam basin akan dialirkan menuju unit Chlorinasi, unit *Hydrant* dan unit desalinasi.

2. Unit Klorinasi

Unit klorinasi berfungsi memproduksi larutan NaOCl (Natrium hipoklorit) dengan konsentrasi antara 1.000 – 1.500 ppm dengan mengelektrolisis air laut. NaOCl ini berfungsi sebagai desinfektan guna mencegah atau mengurangi pertumbuhan ganggang, dan mikroorganisme lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya kerak (*scaling*) atau karang yang akan menyumbat pipa dan mengganggu proses transfer panas di alat-alat penukar panas.

Air laut yang disuplai dari unit sea water intake kemudian disaring dengan strainer untuk memisahkan *suspended solid* dalam air laut karena jika tidak dibersihkan *suspended solid* ini akan melekat diantara elektroda-elektroda di dalam *electrolyte cell*. Proses elektrolisis terjadi pada *cell bank* yang didalamnya mempunyai elektroda (katoda dan anoda), dimana permukaan anoda akan terbentuk klorin sedangkan caustic soda akan terbentuk pada katoda. Klorin dan caustic soda akan bereaksi membentuk natrium hipoklorit pada ruangan di antara elektroda. Reaksi yang terjadi pada proses klorinasi adalah sebagai berikut :



Larutan NaOCl yang terbentuk disimpan dalam tangki storage, selanjutnya diinjeksikan secara continous ke *Sea water intake* dengan konsentrasi 1 ppm, sedangkan *shock dosing* dilakukan dengan kadar 10 ppm.

3. Unit Hydrant

Air *hydrant* tidak memiliki spesifikasi yang kompleks sehingga proses pembuatannya, yaitu air laut dari basin langsung dipompa menuju tangki penyimpan air *hydrant*, kemudian disalurkan melalui pipa-pipa *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa *hydrant* terutama dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah pada kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik.

Berdasarkan SNI 03-1735-2000, tangki penyimpan air *hydrant* mempunyai kapasitas penyimpanan efektif yang mampu memasok air pada laju 1620 liter/menit dengan waktu tidak kurang dari 30 menit.

Maka volume tangki penyimpanan minimum adalah:

$$V = Q \times t$$

$$= 1620 \text{ L/menit} \times 30 \text{ menit} = 486.000 \text{ liter}$$

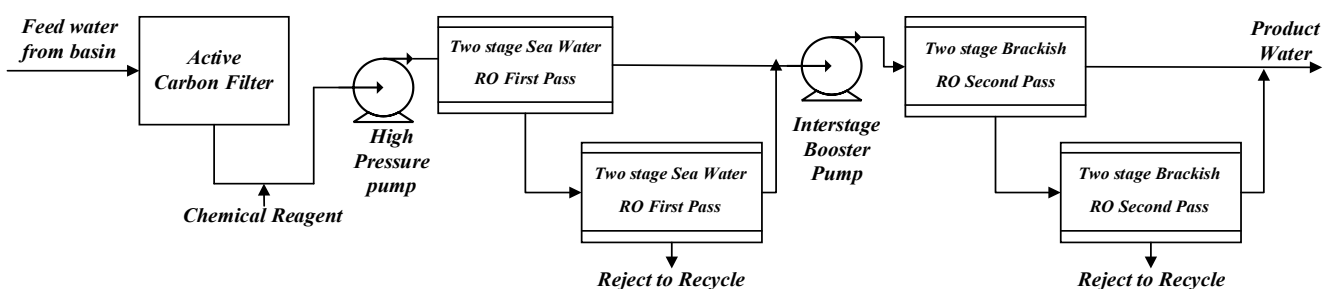
4. Unit Desalinasi

Unit desalinasi berfungsi mengolah air laut menjadi air desal (air tawar) yang akan digunakan pada proses pendingin dan persiapan umpan boiler. Air desalinasi atau air tawar hasil dari unit ini dikontrol agar memenuhi spesifikasi.

Tabel 4. 6 Spesifikasi air desalinasi

Parameter	Nilai
Konduktivitas Elektrik	< 0,1 $\mu\text{S/cm}$
Salinitas	< 0,05%
pH	6,5 – 7,5
TDS	12 ppm
Cl	< 5 ppm

Dalam pabrik ini proses desalinasi menggunakan proses *Reverse Osmosis* (RO) untuk menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari air laut seperti ion Na^+ , Cl^- , K^+ , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan CO_3^{2-} . Membran yang digunakan bersifat selektif atau bisa memilah yang artinya bisa dilewati zat pelarutnya (atau bagian lebih kecil dari larutan) tapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul berukuran besar dan ion-ion. Skema sederhana proses desalinasi menggunakan *reverse osmosis* ini ditunjukkan pada Gambar 4.2. Ada 4 tahapan proses, yaitu:



Gambar 4. 2 Skema Desalinasi menggunakan RO (*Reverse Osmosis*).

- Pengolahan Awal (*pre-treatment*), air umpan terlebih dahulu diolah agar sesuai dengan kondisi membran. *Turbidity*, *residual chlorine*, senyawa organik yang mudah menguap dan logam yang terkandung di air umpan dihilangkan dengan melewati air umpan menuju *Activated Carbon Filter* dengan pola aliran dari bagian atas vessel ke bagian

bawah vessel yang melewati *Bed Activated Carbon Filter*. Kemudian diinjeksikan reagen kimia untuk menyesuaikan pH operasi dan menambahkan inhibitor untuk control scaling.

- b. Pemberian Tekanan, *High pressure pump* digunakan untuk memberi tekanan kepada umpan dan sebagai *driving force* untuk melawan gradien konsentrasi.
- c. *Membrane Separation*, Membran permeable akan menghalangi aliran garam terlarut, sementara membran akan memperbolehkan air produk terdesalinasi melewatinya.
- d. Stabilisasi, Air hasil keluaran membran (air produk) biasanya disesuaikan pHnya terlebih dahulu sebelum ditransfer ke system distribusi.

5. Cooling Water untuk Process Equipment

Air yang digunakan sebagai pendingin pada industri ini dari air laut. Proses pembuatan *cooling water*, yaitu air hasil desalinasi dipompa sebagian menuju *process equipment* untuk mendinginkan alat-alat proses. Air keluaran yang telah dipakai untuk mendinginkan alat proses lalu menuju *outfall* untuk dibuang lagi ke laut. Letak dari *outfall* dan *intake water* harus diperkirakan sedemikian sehingga tidak terjadi sirkulasi air panas dari *outfall*. Persyaratan *outfall* yang diijinkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup antara lain tidak mengandung limbah B3, tidak mengandung minyak dan turunannya, aman dari bahan kimia, suhu yang diizinkan 40°C. Ketentuan lebih lanjut diterangkan pada peraturan Kementerian Lingkungan Hidup No.12 tahun 2006.

6. Unit Sanitasi

Air keluaran unit desalinasi merupakan air yang bebas garam, sehingga dapat langsung dipompa menuju tangki penyimpanan air untuk keperluan sanitasi. Kemudian dialirkan melalui pipa-pipa untuk keperluan kebersihan, taman dan lain-lain.

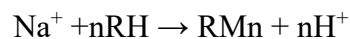
7. Unit Demineralisasi

Unit ini bertugas untuk mencegah adanya kandungan mineral (kation dan anion tertentu) yang terbawa oleh *recovery condensate* yang bercampur kembali dengan air hasil desalinasi. Pada unit demineralisasi air dilakukan treatment agar kandungan ion-ion yang tidak dikehendaki berkurang. Caranya dengan melewatkan air ke dalam tangki yang berisi resin penukar ion (kation dan anion). Adapun peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

▪ Cation Exchanger

Cation exchanger berisi resin yang berfungsi untuk menghilangkan kesadahan yang disebabkan oleh kation-kation yang terkandung di dalam air, antara lain: ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Fe^{2+} , Mn^{+} , dan Al^{3+} .

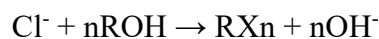
Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Ion logam Na^+ digantikan oleh ion H^+ dari resin sehingga air yang dihasilkan akan bersifat asam. Apabila pH air yang keluar melebihi batas toleransi, berarti resin yang ada telah jenuh dan perlu diregenerasi. Karena itu, cation exchanger perlu diregenerasi dengan mengalirkan larutan asam klorida. Ion H^+ dari asam klorida akan menggantikan ion Na^+ dalam resin sehingga resin dapat digunakan kembali.

▪ **Anion Exchanger**

Air yang keluar dari cation exchanger kemudian diumpankan ke anion exchanger untuk dihilangkan anionnya, antara lain: HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , dan SiO_3^- . Reaksi yang terjadi adalah :

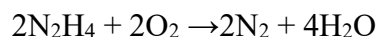


Ion-ion negatif digantikan dengan ion OH^- dari resin sehingga air yang sebelumnya bersifat asam akan menjadi netral. Apabila pH air yang keluar melebihi batas toleransi, berarti resin telah jenuh dan perlu diregenerasi. Karena itu, anion exchanger perlu diregenerasi dengan mengalirkan larutan NaOH . Ion OH^- dari NaOH akan menggantikan ion-ion negatif dalam resin sehingga resin dapat digunakan kembali.

Air keluaran unit demineralisasi digunakan sebagai air umpan boiler, regenerasi, backwash resin dan lain-lain. Untuk digunakan sebagai air umpan boiler, air demin di alirkan terlebih dahulu ke dalam deaerator. Fungsi deaerator adalah untuk menghilangkan oksigen yang terlarut di dalam air. Pada BFW perlu ditambahkan bahan kimia untuk meminimalisir terbentuknya kerak dan terjadinya korosi :

1. *Hydrazin*

Berfungsi untuk mengikat oksigen dengan reaksi sebagai berikut :



Nitrogen sebagai hasil reaksi bersama-sama dengan gas lain dihilangkan dengan di *striping*.

2. Larutan Amonia

Berfungsi untuk mengontrol pH. Air yang keluar dari deaerator pH-nya sekitar 8,5-9,5.

3. Larutan Fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$)

Sebelum diumpankan ke boiler, air tersebut terlebih dulu diberi dispersant atau penyebar mikro flok agar tidak menempel pada tube boiler. Selanjutnya dilakukan *blowdown* untuk membuang flok tersebut.

4.2 Unit Pengadaan Listrik

PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan generator cadangan dengan bahan bakar diesel saat terjadi emergency. Sehingga pabrik harus memiliki trafo (transformator tegangan) untuk mengubahnya menjadi tegangan rendah 380 volt AC 3 fasa dan 220 volt AC 1 fasa.

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

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

4.2.1 Listrik untuk Kegiatan Produksi

a. Keperluan Proses

Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik unit proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	HP	kWh1
1	Pompa	P-101	1	0,182	0,136
2	Pompa	P-102	1	0,182	0,136
3	Pompa	P-103	1	0,728	0,543
4	Pompa	P-104	1	0,273	0,203
5	Pompa	P-201	1	0,182	0,136
6	Pompa	P-301	1	1,091	0,814
7	Pompa	P-302	1	1,091	0,814
8	Pompa	P-303	1	0,364	0,271
9	Pompa	P-304	1	0,364	0,271
10	Pompa	P-501	1	0,273	0,203
TOTAL				4,457	3,323

b. Keperluan Utilitas

Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

No	Nama Alat	HP	kWh
1	Pompa air pendingin	20	14,914
2	Pompa sanitasi	2	1,4914
3	Pompa <i>hydrant</i>	3	2,2371
4	Pompa air umpan boiler	2	1,4914
5	Kompresor udara	5	3,7285
6	Nitrogen generator	10	7,457
7	Cooling tower fan	10	7,457
8	Pompa dowterm	10	7,457
	TOTAL	62	46,2334

c. Pengolahan Limbah

Kebutuhan energi untuk pengolahan limbah diperkirakan 15 HP.

$$= 15 \times 0,746 \text{ Kw} = 11,185 \text{ kWh}$$

d. Laboratorium, bengkel dan instrumentasi

Kebutuhan listrik untuk laboratorium, bengkel, dan instrumentasi di perkirakan sebesar 20 HP.

$$= 20 \times 0,746 \text{ Kw} = 14,91399743 \text{ kWh}$$

e. Total kebutuhan daya untuk proses produksi

$$= 46,2334 \text{ kWh} + 11,185 \text{ kWh} + 14,91399743 \text{ kWh}$$

$$= 75,65 \text{ kWh}$$

4.2.2 Listrik untuk Kegiatan Operasional

a. Listrik untuk Penerangan

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

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

Dimana:

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

Lux = kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m²)

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar berdasarkan referensi (SNI 03-6197-2020).

Kebutuhan lumen ditunjukkan pada perhitungan berikut ini :

Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Bangunan indoor	Luas (m²)	Standar Lux	Total Lumen
Pos keamanan	40	80	3.200
Perkantoran	1.500	200	300.000
Perpustakaan	100	300	30.000
Gudang	2.000	75	150.000
Poliklinik	120	200	24.000
Masjid	300	200	60.000
Gedung serba guna	350	200	70.000
Kantin	300	150	45.000
Mess	600	200	120000
Laboratorium	400	500	200.000
<i>Control room</i>	200	350	70.000
<i>Maintenance area</i>	400	100	40.000
<i>K3 dan fire safety</i>	300	200	60.000
TOTAL	6.610		1.172.200
Bangunan Outdoor	Luas (m²)	Standar Lux	Total Lumen
Taman	600	60	3.6000
Area parkir tamu & karyawan	1.800	50	9.0000
Area parkir truck	1.100	60	66.000
Penyimpanan bahan baku	6.000	100	60.0000
Penyimpanan produk	5.000	100	50.0000
Utilitas	2.500	100	25.0000
Area proses	12.000	100	1.200.000
Power plant	1.500	100	150.000
Pengolahan limbah	1.700	100	17.0000
Area perluasan pabrik	8400	40	360.000

Jalan dan <i>meeting point</i>	2790	100	279000
TOTAL	43.390		3.677.000

Lampu yang direncanakan untuk semua area di dalam bangunan menggunakan lampu Essential LEDBulb 18W E27 Cool Daylight dengan daya 18 watt. Output cahaya tiap lampu sebesar 2.100 lumen (www.philips.co.id)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Lumen didalam ruangan} &= 1.172.200 \text{ lumen jumlah lampu} \\ &= 1.172.200 \text{ (lumen) } / 2100 \text{ (lumen/lampu)} \\ &= 559 \text{ lampu}\end{aligned}$$

$$\text{Total daya penerangan} = 2.100 \times 18 \text{ watt} / 1000 = 10,062 \text{ kW}$$

Area outdoor menggunakan lampu Philips *SmartBright* LED *Floodlight* BVP150 50W dengan daya 50 watt. Output cahaya tiap lampu sebesar 5.000 lumen (www.philips.co.id).

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lumen di luar ruangan} &= 3.677.000 \text{ lumen/ jumlah lampu} \\ &= 3.677.000 \text{ (lumen) } / 5000 \text{ (lumen/lampu)} \\ &= 736 \text{ lampu}\end{aligned}$$

$$\text{Total daya penerangan} = 5000 \times 50 \text{ watt} / 1000 = 36,8 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned}\text{Total daya yang dibutuhkan untuk penerangan} &= 10,062 + 36,8 \\ &= 46,862 \text{ kW}\end{aligned}$$

b. Listrik untuk *Air Conditioner* (AC)

Air Conditioner direncanakan menggunakan AC inverter LG D13CMV *Hybrid Ultima Series* - 1.5PK. Sebuah AC 1,5 PK memerlukan daya listrik sebesar 970 watt untuk 49 m² (www.lg.com).

Luas Area yang memerlukan AC adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Luas ruangan yang memerlukan AC

Ruang	Luas (m ²)
Perkantoran	1.500
Perpustakaan	100
Poliklinik	120
Masjid	300
Laboratorium	400
Gedung serbaguna	350

Kantin	300
Control Room	200
K3 & Safety	300
TOTAL	3.570

Sebuah AC diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan seluas 7 x 7 meter.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah AC yang dibutuhkan} &= 3,570 \text{ m}^2 / 49 \text{ m}^2 \\ &= 73 \text{ AC}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Listrik} &= 73 \times 970 \text{ watt} \times 0,001 \text{ kW/watt} \\ &= 70,81 \text{ kW}\end{aligned}$$

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 10 kWh.

Total kebutuhan listrik untuk kegiatan oprasional:

$$\begin{aligned}&= 46,23 \text{ Kwh} + 11,18 \text{ Kwh} + 14,91 \text{ Kwh} \\ &= 127,67 \text{ Kwh}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk total listrik *overall* :

$$\begin{aligned}&= 127,67 \text{ Kwh} + 75,65 \text{ Kwh} \\ &= 203,32 \text{ Kwh}\end{aligned}$$

Pemenuhan kebutuhan listrik pabrik dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Untuk memenuhi kebutuhan listrik untuk kegiatan produksi 203,32 kWh dan kegiatan operasional sebesar 127,67 kWh disuplai dari PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara).
- b. Sebagai cadangan disediakan generator dengan daya 300 kWh.

4.3 Unit Pengadaan *Steam*

Steam berfungsi sebagai pemanas baik digunakan dalam proses maupun alat-alat penukar panas. *Steam* yang digunakan adalah saturated steam yaitu steam. *Low Pressure* sebesar 5.02 bar. *Steam* diperoleh dari boiler sedangkan air umpan boiler diperoleh dari unit penyedia air. *Steam* yang dibutuhkan sebagai pemanas sebesar:

Tabel 4. 11 Kebutuhan Steam

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan Steam (kg/jam)
1	M-101	<i>Melter</i>	986,30
2	HE-101	<i>Heat exchanger</i>	2056,55
3	MX-101	<i>Mixer</i>	2899,96
4	HE-201	<i>Heat exchanger</i>	54,20
5	R-201	Reaktor	2708,90
	R-20	Reaktor	2708,90
TOTAL			11414,81

BFW yang dibutuhkan = 11414,81 Kg/jam

Steam yang di gunakan berasal dari hasil penukar panas dari cooler keluaran Menara destilasi, dimana *cooling water* bertukar panas dengan TFATE dalam *shell and tube*, lalu *cooling water* berubah fase menjadi uap yaitu steam yang digunakan untuk menunjang utilitas dari pabrik.

4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler, *furnace* serta generator. Bahan bakar yang digunakan adalah natural gas, pemilihan natural gas sebagai bahan bakar didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu:

- Nilai kalor tinggi
- Mudah didapat
- Tidak perlu unit penyimpanan karena menggunakan sistem pipeline

4.4.1 Perhitungan Kapasitas Boiler

Massa <i>Steam</i>	= 10656,47 kg/jam
Massa kondensat	= 80% × massa <i>steam</i> yang digunakan
	= (80% × 7940,47 kg/jam)
	= 6352,37 Kg/jam
Massa BFW	= 7940,47 Kg/jam
Tekanan <i>steam</i>	= 502 Kpa
Suhu input <i>boiler</i>	= 30°C = 303,15 K

$$\text{Suhu steam} = 152^{\circ}\text{C} = 425,15 \text{ K}$$

$$\lambda_{\text{steam}} \text{ pada suhu } 152^{\circ}\text{C} = 2108,2 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q = (m_{\text{BFW start up}} + m_{\text{BFW normal}}) \times \int_{303,15}^{425,15} C_p dT + \lambda_{\text{steam}}$$

$$Q = (10656,47 + 8525,18) \text{ Kg/jam} \times 4154,55 + 2108,2 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q = 79.693.348,60 \text{ Kg/jam}$$

$$Q = 75.534.710,59 \text{ Btu/jam}$$

4.4.2 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

a. Bahan Bakar *Boiler*

Jenis bahan bakar yang akan digunakan pada boiler ialah Natural gas. Data LHV (*Lower Heating Value*) masing-masing komponen natural gas ditunjukkan pada tabel 4.12:

Tabel 4. 12 *Data Lower Heating Value (Fundamental of Natural Gas Processing, J. Kidnay, W.R. Parrish, Appendix B)*

Komponen	LHV (Kj/Kg)
CH ₄	55576
C ₂ H ₆	51952
C ₃ H ₈	50370
N ₂	0
CO ₂	0
H ₂ O	0
Total	157898

$$\text{LHV Natural gas} = \sum x_i \cdot \text{LHV}_i$$

Tabel 4. 13 Perhitungan *Lower Heating Value Natural Gas*

Komponen	BM	%massa	LHV	LHV.xi
CH ₄	16	0,88	55576	48906,88
C ₂ H ₆	30	0,05	51952	2597,60
C ₃ H ₈	44	0,03	50370	1511,10
N ₂	28	0,02	0	0,000
CO ₂	44	0,015	0	0,000
H ₂ O	18	0,005	0	0,000
Total		1	157898	53015,58

$$\text{LHV Natural gas} = 53015,58 \text{ Kj/Kg}$$

$$= 22796,69 \text{ BTU/lb}$$

Sehingga kebutuhan bahan bakar dapat dihitung sebagai berikut:

Asumsi efisiensi *reboiler* 80%

$$\begin{aligned} \text{Massa bahan bakar} &= \frac{Q}{(n \times \text{Heating value})} \\ &= \frac{75.534.710,59 \text{ Btu/jam}}{(80\% \times 22796,69 \text{ BTU/jam})} \\ &= 4141,75 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

b. Bahan bakar *Furnaces*

Furnace digunakan untuk memanaskan *Dowtherm A* yang akan digunakan sebagai pemanas pada reboiler kolom distilasi. Bahan bakar yang digunakan adalah natural gas dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\text{Lower Heating Value} = 22796,69 \text{ BTU/lb}$$

- Menghitung beban *furnace*

$$Q = n_{\text{Dow}} \times \int_{T_{\text{out}}}^{T_{\text{in}}} C_p dT$$

Q dowtherm A diperoleh dari penjumlahan Q *heat exchanger* dan *reboiler* yang memakai dowtherm A = 10338245,14 kJ/jam = 9800656,39 Btu/jam

- Menghitung kebutuhan bahan bakar asumsi efisiensi *furnace* 80%

$$\begin{aligned} \text{Massa natural gas} &= \frac{Q}{(n \times \text{Heating value})} \\ &= \frac{21969021,64 \text{ Btu/jam}}{(80\% \times 22796,69 \text{ BTU/jam})} \\ &= 1204,61 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

c. Bahan bakar Generator

- Spesifikasi generator

Generator digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 203,32 kW.

Generator yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tipe = AC Generator

Kapasitas = 300 kW

Tegangan = 170 volt

Efisiensi = 80%

Phase = 3

Bahan bakar = natural gas

▪ Kebutuhan bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan generator adalah natural gas dengan kebutuhan sebagai berikut:

Kapasitas = 300 kW = 1023642,6 BTU/jam

Kebutuhan natural gas = $\frac{Q}{(n \times \text{Heating value})}$

$$= \frac{1023642,6 \text{ Btu/jam}}{(80\% \times 22796,69 \text{ BTU/jam})} = 56,12 \text{ lb/jam}$$

4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit pengadaan udara tekan berfungsi mengatur udara bertekanan yang digunakan untuk menggerakkan peralatan atau instrument berbasis *auto control*. Pengadaan udara tekan pada pabrik ini terdiri dari dua kebutuhan udara yaitu:

a. Plant Air (PA)

Plant air disuplai ke user melalui *header plant air*. Plant air dialirkan ke unit-unit proses untuk keperluan pembersihan alat-alat proses dan *utility station*.

b. Instrument Air

Instrument air terlebih dahulu dialirkan menuju *pre-filter* untuk menyaring debu serta partikel yang terbawa aliran udara. Setelah itu, udara masuk ke *air dryer* yang berisi zeolit guna mengurangi kandungan uap air di dalam udara. Udara instrumen dimanfaatkan sebagai media penggerak berbagai peralatan kontrol, seperti *pressure control valve* (PCV), *flow control valve* (FCV), pengendali level, dan sistem instrumentasi lainnya. Dibandingkan dengan *plant air*, kualitas udara instrumen harus memiliki kadar air yang lebih rendah agar tidak terjadi gangguan pada kerja *control valve* maupun sistem pengendalian proses.

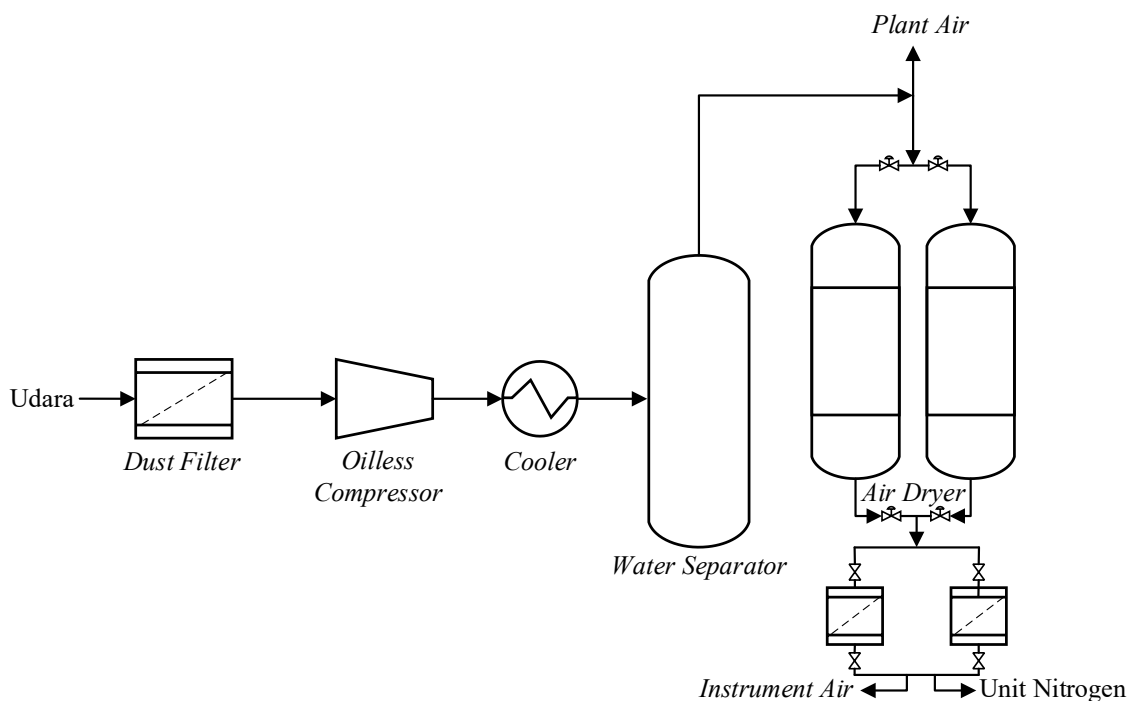
Sumber udara instrumen berasal dari udara lingkungan pabrik yang tekanannya dinaikkan menggunakan kompresor. Udara tersebut harus dikeringkan hingga mencapai temperatur *dew point* untuk mencegah terbentuknya kondensasi pada kondisi temperatur lingkungan terendah. Temperatur yang umum direkomendasikan adalah sekitar 40°C. Selain itu, udara instrumen harus bebas dari padatan, minyak, gas berbahaya, dan zat korosif. Kandungan padatan yang diperbolehkan kurang dari 0,1

g/Nm³ dengan ukuran partikel di bawah 3 µm. Tekanan operasi udara instrumen dijaga pada kisaran 7 barg dan tidak boleh kurang dari 4 barg agar peralatan instrumentasi dan *valve* dapat bekerja secara optimal.

Tabel 4. 14 Kualitas Udara Instrumen

Parameter	Nilai
Tekanan	7,5 kg/cm ²
H ₂ O	Max. 125 ppm

Untuk memenuhi kebutuhan udara baik plant air maupun instrument air digunakan kompresor dan didistribusikan melalui pipa - pipa. Diagram alir proses pengolahan udara tekan dapat dilihat pada Gambar 4...



Gambar 4. 3 Blok Diagram Pengolahan Udara Tekan

Udara mula-mula dilewatkan ke *dust filter* untuk memisahkan debu dan partikel yang terbawa bersama aliran udara. Setelah proses penyaringan, udara dikompresi menggunakan *oil-less compressor* agar tidak terjadi kontaminasi minyak selama proses kompresi. Proses kompresi menyebabkan temperatur udara meningkat sehingga udara perlu didinginkan terlebih dahulu di dalam *cooler*. Selanjutnya, kandungan air pada udara dipisahkan menggunakan *water separator*. Udara hasil pemisahan kemudian dibagi menjadi dua aliran, yaitu sebagian digunakan sebagai *plant air* dan sebagian lainnya dikeringkan serta difilter kembali, lalu aliran dibagi kembali menjadi dua yaitu

untuk dimanfaatkan sebagai *instrument air* dan aliran lainnya untuk proses lanjutan unit pengadaan nitrogen. (Broughton, 1994).

4.6 Unit Pengadaan Nitrogen

Nitrogen diproduksi dari udara atmosfer menggunakan teknologi *Pressure Swing Adsorption* (PSA). Metode ini dipilih karena memiliki biaya investasi yang lebih rendah dibandingkan proses pemisahan udara secara kriogenik. Selain itu, sistem PSA memiliki pengoperasian yang relatif mudah, sesuai untuk memenuhi kebutuhan nitrogen pada industri dengan kapasitas kecil hingga menengah. Teknologi ini juga mampu menghasilkan nitrogen dengan tingkat kemurnian yang tinggi, yaitu berkisar antara 95% hingga 99,999%, (Marcinek dkk, 2021). Dari sisi ekonomi, penggunaan PSA memberikan biaya operasional yang lebih efisien sehingga cocok diterapkan pada pabrik biolubrikan.

a. Proses Produksi Nitrogen

Udara umpan untuk unit nitrogen berasal dari sistem udara tekan (*compressed air system*) yang telah mengalami proses kompresi, pendinginan, dan pemisahan kondensat pada unit utilitas udara tekan. Udara tekan tersebut selanjutnya dialirkan menuju unit pengering udara (*air dryer*) untuk menurunkan kandungan uap air hingga mencapai *dew point* sekitar -40°C . Pengeringan dilakukan untuk mencegah kerusakan adsorben serta meningkatkan efisiensi proses pemisahan nitrogen.

Udara bersih dan kering kemudian dialirkan menuju unit *Pressure Swing Adsorption* (PSA) yang terdiri dari dua kolom adsorpsi berisi *Carbon Molecular Sieve* (CMS) yang bekerja secara bergantian untuk menghasilkan nitrogen dengan kemurnian tinggi. Pada unit ini oksigen teradsorpsi lebih cepat dibandingkan nitrogen sehingga nitrogen dapat dipisahkan sebagai produk utama.

Setelah adsorben mulai jenuh oleh oksigen, proses dilanjutkan dengan tahap *pressure equalization*, yaitu pemindahan sebagian tekanan dari kolom yang sedang beroperasi ke kolom lain yang telah diregenerasi untuk mengurangi konsumsi energi. Selanjutnya dilakukan tahap *blowdown* atau penurunan tekanan untuk melepaskan oksigen yang teradsorpsi, diikuti tahap *purging* menggunakan sebagian nitrogen produk untuk membersihkan sisa oksigen pada adsorben. Kedua kolom kemudian berganti fungsi secara siklik, sehingga proses produksi nitrogen dapat berlangsung kontinu. Nitrogen hasil pemisahan kemudian ditampung dalam tangki penyangga (*nitrogen receiver tank*) sebelum didistribusikan menuju reaktor transesterifikasi. Sebelum

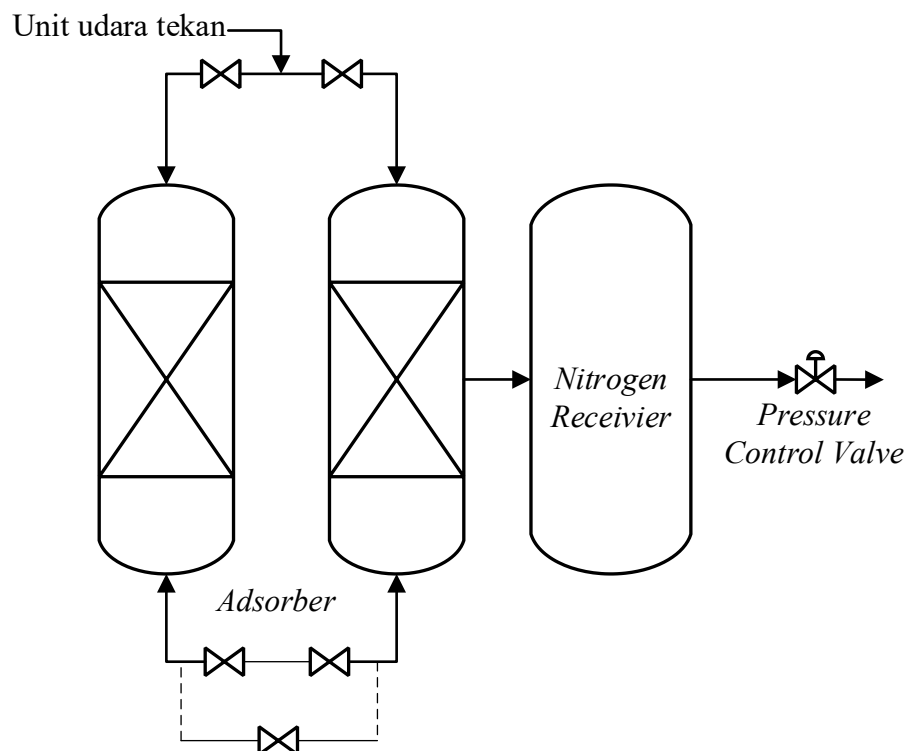
memasuki reaktor, tekanan nitrogen diatur menggunakan *pressure control valve* sehingga kondisi operasi dapat dipertahankan sesuai kebutuhan proses.

b. Kondisi Operasi Unit Nitrogen

Tabel 4. 15 Kondisi Operasi Unit Nitrogen

Parameter	Nilai
Tekanan udara masuk PSA	7–8 barg
Temperatur udara masuk PSA	30–40°C
Dew point udara	-40°C
Kemurnian nitrogen	99,5 %
Tekanan nitrogen produk	5 barg
Temperatur nitrogen produk	22°C

Diagram alir proses pengolahan hidrogen dapat dilihat pada Gambar 4.4:



Gambar 4. 4 Blok diagram Pengolahan Nitrogen

4.7 Unit Pengadaan Downterm

Jenis media pemanas yang digunakan dalam pabrik Biolubricant pada reboiler adalah Dowtherm A. Dowtherm A di beli dari PT. Dow Chemical Indonesia adalah anak perusahaan dari The Dow Chemical Company yang beroperasi di kawasan industri Cilegon, Banten Dowtherm A merupakan fluida perpindahan panas (*heat transfer fluid*) berbasis campuran senyawa aromatik yang memiliki stabilitas termal tinggi dan mampu beroperasi pada temperatur tinggi dengan tekanan relatif rendah. Oleh karena itu, Dowtherm A digunakan sebagai media pemanas pada peralatan proses yang memerlukan suplai panas. Dowtherm A sebagai media pemanas karena memiliki stabilitas termal yang baik pada temperatur tinggi hingga sekitar 400°C, sehingga sesuai untuk memenuhi kebutuhan pemanasan reboiler dan *heat exchanger* yang beroperasi.

Dowtherm A dipanaskan hingga mencapai temperatur operasi yang dibutuhkan menggunakan furnace (*thermal fluid heater*). Pada unit ini, Dowtherm A dipanaskan secara tidak langsung melalui pembakaran bahan bakar sehingga diperoleh temperatur yang sesuai untuk kebutuhan proses. Dowtherm A panas kemudian dialirkan menuju reboiler untuk mentransfer panas ke fluida proses. Setelah melepaskan panasnya, temperatur Dowtherm A akan menurun dan selanjutnya dikembalikan ke unit pemanas untuk dipanaskan Kembali. Untuk suhu masuk Downterm A yaitu 255°C dan suhu keluar 225°C.

Sistem Dowtherm A dioperasikan dalam sistem sirkulasi tertutup (*closed-loop system*) yang terdiri atas *thermal fluid heater*, pompa sirkulasi, expansion tank, dan jaringan perpipaan. Sistem tertutup ini bertujuan untuk meminimalkan kehilangan fluida serta menjaga kestabilan kondisi operasi. Dowtherm A yang keluar dari reboiler pada temperatur yang lebih rendah akan dikembalikan ke *thermal fluid heater* untuk dipanaskan kembali hingga mencapai temperatur operasi yang diinginkan. Dengan demikian, kebutuhan Dowtherm A dapat dipenuhi secara kontinu tanpa perlu penggantian fluida dalam jumlah besar. Kehilangan Dowtherm A yang terjadi akibat kebocoran atau penguapan selama operasi akan digantikan dari tangki penyimpanan Dowtherm A (*make-up tank*).

Tabel 4. 16 Kebutuhan Downterm A

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	HE-301	Heat exchager	101112,99
2	RE-301	Reboiler MD 01	34488,64
TOTAL			135601,63

4.8 Unit Laboratorium

4.8.1 Peranan Laboratorium

Laboratorium merupakan salah satu bagian penting dalam pabrik TFATE karena berperan dalam memperoleh dan menganalisis data terkait bahan baku, produk, maupun utilitas proses. Melalui data hasil analisis laboratorium, proses produksi dapat dikendalikan sehingga kualitas produk tetap sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Selain itu, laboratorium juga digunakan untuk melakukan pengujian terhadap limbah hasil proses sebelum dilepaskan dari unit pengolahan limbah agar memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Adapun tugas utama laboratorium di pabrik TFATE adalah sebagai berikut:

1. Mengontrol bagaimana kualitas bahan baku yang diperoleh
2. Mengontrol bagaimana kualitas produk yang diproduksi
3. 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.
4. Mengontrol dan menganalisa baku mutu air, air pendingin, air umpan boiler dan lain-lain 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.

4.8.2 Bagian-Bagian Laboratorium

Secara umum, laboratorium dibagi menjadi tiga bagian pokok, yaitu:

a. Laboratorium Pengendalian Mutu (*Quality Control*)

Laboratorium pada pabrik TFATE memiliki tugas untuk menganalisis spesifikasi dan komposisi bahan baku yang digunakan, metil oleat, trimethylolpropane (TMP), serta bahan pendukung lainnya. Selain itu, laboratorium juga bertugas menganalisis komposisi produk TFATE beserta sifat fisik dan kimia produk yang dihasilkan, serta melakukan pengujian pada setiap aliran proses produksi guna memastikan kualitas produk tetap sesuai spesifikasi. Beberapa sifat yang diamati antara lain:

- *Spesific gravity*,
- Viskositas,

- Kandungan air,
- *Boiling point*
- *Flash point*

b. Laboratorium Pengendalian Baku Mutu Lingkungan

Laboratorium ini bertugas menganalisa limbah hasil proses produksi seperti limbah cair, limbah gas. Selain itu menganalisa pula limbah yang telah diolah melalui unit pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan, dan analisa buangan cooling water ke laut yang telah digunakan pada alat proses.

c. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Laboratorium ini bertujuan dalam melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait dalam proses untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan.

4.8.3 Alat-Alat Utama yang Digunakan di Laboratorium

a) *Gas Chromatography – Mass Spectrometry*

Digunakan untuk menganalisa kadar CO₂ dan NH₃ dalam aliran proses.

b) *Water Content Testes*

Digunakan untuk menganalisa kadar air di dalam bahan baku maupun produk.

c) pH meter

Digunakan untuk mengetahui tingkan keasaman dan kebasaan air.

d) *Hydrometer*

Digunakan untuk mengukur spesifik gravity.

e) *Turbidity meter*

Digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air.

f) Viskosimeter

Digunakan untuk mengukur tingkat viskositas.

g) *Liquid Chromatography*

Digunakan untuk menganalisa kandungan produk dan bahan baku.

4.9 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah merupakan salah satu unit yang harus disediakan oleh suatu pabrik. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik Biolubricant (TFATE) antara lain adalah limbah

buangan sanitasi, air berminyak dari pompa, dan air buangan regenerasi, dan kemungkinan kebocoran aliran. Pengolahan limbah berdasarkan pada jenis buangnya:

4.9.1 Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas, dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, (peraturan pemerintah no. 82 tahun 2001) yaitu:

- COD : maks. 100 mg/l
- BOD : maks 12 mg/l
- TSS : maks 80 mg/l
- Oil : maks. 5 mg/l
- pH : 6,5-8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Air buangan sanitasi berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik dan perkantoran, dikumpulkan dan diolah dalam unit sanitasi yaitu dengan treatment pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.
2. Air berminyak yang berasal dari buangan pelumas pada pompa atau tumpahan, dipisahkan dengan cara perbedaan berat jenisnya. Minyak di bagian atas dialirkan ke penampungan terakhir dan dibakar. Sedangkan airnya ditampung di kolam lumpur aktif.
3. Air utilitas diolah melalui berapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment* (pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia dan pengontrolan pH), dan *biological treatment*.

4.9.2 Pengolahan Limbah gas

Untuk mengurangi pencemaran udara yang berasal dari emisi gas buang boiler, diperlukan suatu sistem pengendalian emisi, salah satunya menggunakan *Electron Static Precipitator* (ESP). Alat ini bekerja dengan prinsip pemberian tegangan listrik tinggi pada elektroda bermuatan negatif sehingga partikel debu dalam gas buang menjadi bermuatan negatif. Partikel tersebut kemudian tertarik dan menempel pada pelat kolektor yang bermuatan positif. Dengan demikian, partikel padat dapat dipisahkan dari aliran gas, sedangkan gas yang telah lebih bersih selanjutnya dialirkan menuju cerobong untuk dilepaskan ke atmosfer (Muttaqim, 2015).

4.9.3 Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan dalam proses produksi berupa residu kalium karbonat (K_2CO_3) yang masih mengandung senyawa $C_{19}H_{39}O_2$, $C_6H_{14}O_3$, CH_3OH , dan $C_{66}H_{110}O_6$. Limbah tersebut dialirkan ke unit pengolahan limbah untuk menjalani proses pemisahan antara fase padat dan cair, kemudian dilakukan pengeringan terhadap padatan yang diperoleh. Selain itu, limbah padat juga berasal dari aktivitas domestik di lingkungan pabrik, seperti sampah kertas, plastik, dan limbah sejenis lainnya. Sampah domestik dikumpulkan pada bak penampungan sampah sebelum diangkut menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Sementara itu, limbah padat berbahaya dan beracun (B3) ditampung terlebih dahulu di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) yang dirancang dengan sistem tertutup (*closed system*) untuk mencegah terjadinya kebocoran yang dapat mencemari tanah, air, maupun lingkungan sekitar. Selanjutnya, limbah B3 tersebut akan diserahkan kepada pihak yang berwenang untuk diangkut dan diolah sesuai peraturan yang berlaku hingga ke fasilitas pembuangan atau pengolahan akhir.

4. 10 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) merupakan suatu upaya perlindungan untuk menjamin tenaga kerja selalu berada dalam kondisi aman dan sehat selama melakukan aktivitas di lingkungan kerja. Selain melindungi pekerja, penerapan K3LH juga bertujuan menjaga keselamatan setiap orang yang berada di area pabrik serta memastikan proses produksi dapat berlangsung dengan aman. Oleh karena itu, aspek K3LH harus diterapkan secara terpadu dan menjadi perhatian utama perusahaan.

Pada pabrik biolubrikan Trimethylolpropane Fatty Acid Triester (TFATE), kebijakan K3LH diterapkan dalam kegiatan perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan keselamatan instalasi, peralatan, serta tenaga kerja yang berada di lingkungan pabrik. Manajemen perusahaan mendukung penuh pelaksanaan program pencegahan risiko untuk meminimalkan kerugian terhadap karyawan, aset perusahaan, keberlangsungan operasi produksi, serta menjaga keamanan masyarakat dan lingkungan sekitar akibat aktivitas industri. Pelaksanaan program kesehatan dan keselamatan kerja tersebut berpedoman pada peraturan serta standar keselamatan dan lingkungan yang berlaku. Pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja ini berlandaskan:

1. UU No. 1/1970

Mengenai keselamatan kerja karyawan, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

2. UU No. 2/1951

Mengenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

3. PP No. 4/1982

Mengenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup, dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

4. PP No 29 / 1986

Mengenai ketentuan AMDAL. dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

Upaya yang dilakukan untuk mewujudkan Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) meliputi pengawasan terhadap keamanan dan kelancaran proses produksi, pengelolaan serta pemeliharaan peralatan keselamatan kerja, pemberian pelatihan dan sosialisasi keselamatan sebagai instruktur K3, penyusunan program pencegahan kecelakaan kerja, serta penyusunan prosedur tanggap darurat untuk menghadapi kebakaran maupun kecelakaan proses. Selain itu, dilakukan pula pengawasan terhadap kuantitas dan kualitas limbah yang dihasilkan pabrik guna memastikan bahwa limbah tersebut tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

4.10.1 Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Fasilitas kesehatan yang memadai dapat menunjang kinerja pekerja serta menyelamatkan nyawa dalam situasi yang berbahaya. Selain itu, merupakan salah satu tindakan penanggulangan yang bisa dilakukan oleh perusahaan dalam menghadapi kecelakaan kerja. Dengan begitu, angka fatalitas dalam kecelakaan kerja dapat ditekan dan dengan begitu, dapat menekan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Pelayanan kesehatan yang dapat atau wajib disediakan dalam suatu pabrik antara lain:

1. Kotak P3K

Kotak P3K disediakan di setiap unit produksi dan ditempatkan di kantor unit. Pemeriksaan kotak P3K dilakukan setiap bulan sekali untuk memeriksa kelengkapan isi dari kotak P3K. Pemeriksaan ini dilakukan oleh petugas poliklinik dan safety. Isi dari kelengkapan kotak P3K terdiri dari angin spray, celemek, tongue spantel, tourniquet, kasa steril, perban, sarung tangan karet, dan kaca mata safety.

2. Petugas P3K

Petugas P3K merupakan anggota dari tiap-tiap unit yang bertanggung jawab pertama kali terhadap kejadian gawat darurat yang akan membahayakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja bagi karyawan.

3. Kendaraan Gawat Darurat

Kendaraan gawat darurat merupakan salah satu fasilitas yang harus selalu ada dalam kondisi siaga bila diperlukan sewaktu-waktu untuk memberikan pertolongan pertama selama

korban dalam perjalanan ke rumah sakit. Perawatan mobil, pengoperasian, dan perlengkapan pada mobil ditugaskan pada sopir yang bekerja berdasarkan shift.

4. Asuransi Kesehatan

Perusahaan sebaiknya memberikan asuransi kesehatan kepada pekerja contohnya seperti Jamsostek. Jamsostek di perusahaan ini meliputi jaminan hari tua, jaminan kecelakaan kerja, jaminan kematian, dan jaminan pemeliharaan kesehatan.

5. Poliklinik

Poliklinik mempunyai tugas untuk memberikan pelayanan kesehatan secara lengkap dan terpadu untuk karyawan di perusahaan dan keluarga baik terhadap penyakit akibat kerja maupun penyakit umum lainnya.

6. Tenaga Kesehatan

Untuk menjalankan fungsi kesehatan dari berbagai fasilitas kesehatan dalam sebuah perusahaan dibutuhkan tenaga kerja kesehatan yang dapat memberikan pertolongan bagi karyawan. Tenaga kesehatan sendiri terdiri dari dokter umum dan perawat yang bertugas untuk membantu pekerjaan dari dokter.

7. Pelayanan Kesehatan

Pelayanan kesehatan merupakan salah satu upaya perusahaan untuk memberikan fasilitas kesehatan bagi pekerja. Adapun pelayanan kesehatan yang diberikan antara lain pemeriksaan kesehatan kerja, meliputi pemeriksaan kesehatan sebelum kerja, pemeriksaan kesehatan khusus, dan pemeriksaan kesehatan berkala. serta penanganan kecelakaan kerja.

8. Gizi Kerja

Pemenuhan nilai kalori di suatu pabrik pada tenaga kerja harus diperhatikan. Perusahaan sebaiknya mempunyai kantin khusus yang digunakan untuk karyawan dimana kebersihannya harus dijaga oleh petugas kantin. Semua pekerja akan mendapatkan asupan gizi yang lengkap dengan memperhatikan faktor 4 sehat dan 5 sempurna (Pertiwi, 2016).

4.10.2 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik

Berdasarkan proses produksi yang dilakukan pada pabrik ini, maka dapat diidentifikasi adanya beberapa potensi yang kompleks, mulai dari karakter lingkungan kerja, proses produksi, dan faktor manusia yang memegang peranan penting dalam mengendalikan dan menjalankan proses produksi dengan optimal. Potensi bahaya tersebut yaitu:

1. Terjatuh

Potensi bahaya terjatuh terutama dari tempat yang tinggi sangat membahayakan bagi tenaga kerja yang dapat menyebabkan disabilitas bahkan kematian. Pekerjaan yang

mengandung potensi bahaya terjatuh terjadi pada saat bekerja di ketinggian atau pada saat menaiki tangga dan saat pengecekan material di atas truk.

2. Kejatuhan Benda

Kejatuhan benda dapat terjadi di beberapa bagian seperti di bagian penyimpanan peralatan kerja karena terdapat rak pekerja untuk menempatkan wear pack, sepatu, dan helm. Apabila barang-barang tidak tertata rapi dapat menyebabkan bahaya kejatuhan benda bagi pekerja yang berada di tempat itu.

3. Percikan Bahaya Kimia

Tenaga kerja di pabrik pembuatan monoethanolamine harus siap siaga sepanjang waktu apabila terjadi kecelakaan, terutama adanya percikan bahan kimia yang berasal dari tumpahan bahan kimia, kebocoran pipa, tangki atau alat, dan juga bahaya pembuangan gas-gas hasil reaksi ke udara.

4. Terpapar Benda Panas

Panas yang dimaksud di sini bukan berasal dari reaksi/karakteristik bahaya kimia, melainkan berasal dari kehadiran proses pembakaran dan sejenisnya yang menyebabkan tangan harus berdekatan dengan peralatan - peralatan kerja bersuhu tinggi.

5. Kebakaran

Bahaya kebakaran dapat terjadi di bagian maintenance karena adanya percikan bunga api pada waktu proses mengelas atau memotong besi. Di bagian warehouse juga berpotensi terjadi kebakaran karena adanya bahan-bahan mudah terbakar. Konsleting arus listrik juga dapat menyebabkan terjadinya kebakaran.

6. Ledakan

Ledakan merupakan suatu potensi bahaya yang dapat merugikan bagi perusahaan karena dalam peristiwa ledakan dengan pelepasan energi panas dapat menimbulkan kebakaran yang sangat hebat. Salah satu penyebab ledakan yaitu berasal dari bagian kantin apabila tabung elpiji yang digunakan untuk memasak meledak (Pertiwi, 2016).

4.10.3 Faktor Bahaya di Sekitar Pabrik

Proses produksi di suatu pabrik juga dapat menimbulkan adanya faktor bahaya yang apabila tidak ditangani dapat mengganggu proses kerja juga dapat mengganggu kesehatan tenaga kerja. Faktor bahaya di pabrik yaitu:

1. Kebisingan

Kebisingan di lingkungan pabrik umumnya berasal dari pengoperasian mesin-mesin produksi maupun peralatan pendukung proses. Paparan kebisingan dengan intensitas tinggi secara terus-menerus, terutama bagi pekerja yang berada di area tersebut selama jam kerja,

dapat menimbulkan gangguan pendengaran hingga menyebabkan kehilangan fungsi pendengaran secara permanen. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian untuk melindungi tenaga kerja, salah satunya dengan menyediakan alat pelindung pendengaran berupa ear plug pada area yang memiliki tingkat kebisingan tinggi.

2. Penerangan

Sistem penerangan di pabrik memanfaatkan kombinasi antara pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Apabila cahaya alami yang tersedia telah mampu memenuhi kebutuhan penerangan bagi pekerja, maka penggunaan lampu dapat dikurangi atau dimatikan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Namun, pada beberapa area tertentu diperlukan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi, seperti ruang administrasi dan area produksi. Hal ini disebabkan aktivitas yang dilakukan pada area tersebut memerlukan ketelitian dan ketepatan kerja, sehingga harus didukung oleh penerangan yang memadai guna menunjang keselamatan, kenyamanan, dan produktivitas kerja.

3. Getaran

Getaran bersumber dari mesin-mesin/alat-alat mekanis di pabrik yang dijalankan dengan suatu motor. Getaran mekanis dapat menyebabkan gangguan kenyamanan kerja.

4.10.4 Sistem Keamanan Kerja

Sistem keselamatan kerja di perusahaan bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi pekerja dari bahaya, untuk itu perusahaan menyediakan fasilitas keselamatan untuk tenaga kerja antara lain:

1. Alat Pelindung Diri

Sistem keselamatan kerja di perusahaan bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi pekerja dari bahaya, untuk itu perusahaan menyediakan fasilitas keselamatan untuk tenaga kerja antara lain:

a. Helm

Helm merupakan alat pelindung diri yang berfungsi untuk melindungi kepala dari kejatuhan benda keras dan resiko terbentur.

b. *Safety Glass*

Safety glass merupakan alat pelindung diri yang berfungsi untuk melindungi mata *Safety glass* diperuntukkan bagi tenaga kerja dibagian *maintenance*, workshop dan ruang pengontrol kualitas (QC) atau laboratorium.

c. Masker

Masker digunakan untuk melindungi tenaga kerja dari bahaya yang berada di udara seperti debu, gas-gas beracun, serta korosif.

d. Sarung Tangan

Sarung tangan digunakan untuk pekerja yang bekerja dengan bahan secara langsung atau bekerja di tempat yang memiliki potensi untuk memberikan panas atau iritasi pada kulit.

e. *Safety Shoes*

Safety shoes merupakan alat pelindung diri yang digunakan untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda keras dan tersiram bahan kimia.

2. Pengaman Mesin

Di pabrik banyak terdapat mesin besar untuk melakukan proses produksi, oleh karena itu mesin diberi pengaman mesin untuk menghindari terjadinya kecelakaan. Adapun jenis-jenis pengaman mesin antara lain seperti *Safety Guard* atau *Emergency Stop Button*.

3. Penanggulangan Kebakaran

Di pabrik, dalam menanggulangi masalah kebakaran dilakukan dengan cara membentuk sebuah tim pemadam kebakaran yang sesuai dengan jumlah tenaga kerja di setiap bagian produksi. Penanggulangan kebakaran yang berada di pabrik berada di bawah SHE (*Safety Health and Environment*). Dalam penanggulangan masalah kebakaran telah dilakukan sistem penanggulangan terpadu dan mandiri yang meliputi:

a. Sistem Isyarat Bahaya Kebakaran

Sistem isyarat bahaya kebakaran di pabrik berupa Fire Alarm System yang ditempatkan di setiap unit dan ketika terjadi kebakaran maka Fire Alarm System ini akan berbunyi. Alarm tersebut telah didistribusikan ke setiap bagian dan dipasang di tempat yang mudah dilihat.

b. Sistem Pemadam Kebakaran

➤ Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Jenis APAR yang digunakan di pabrik yaitu jenis Foam dan Powder. Syarat-syarat pemasangan APAR yaitu:

1. Tinggi APAR 150 cm dari lantai
2. Jarak antara APAR yang satu dengan yang APAR yang lain kurang lebih 15 meter.
3. Pada setiap APAR terdapat WI (Work Instruction) yang tertulis jenis APAR dan tanggal pemeriksaan APAR serta tanggal kadaluarsa APAR yang terlampir.
4. Pada tempat yang digunakan untuk menggantung APAR diberi nomor dan diberi keterangan kondisi APAR misalnya kondisi APAR baik dan masih dalam masa berlaku pemakaiannya.

➤ *Hydrant*

Hydrant merupakan sistem pemadam kebakaran yang di tempatkan di bagian - bagian strategis di sekitar pabrik. Pemeriksaan *Hydrant* dilakukan 2 minggu sekali oleh petugas *security* yang meliputi pemeriksaan sprayer, nozzle, tanggal kadaluarsa, tekanan air, dan kondisi *Hydrant* itu sendiri. Air yang digunakan untuk *Hydrant* berasal dari air sumur dan tandon.

c. Regu Pemadam Kebakaran

Regu pemadam kebakaran adalah pekerja yang bekerja berdasarkan sistem shift dimana setiap shift terdiri dari dua orang atau lebih. Yang bertanggung jawab terhadap masalah kebakaran adalah HSE dan *Safety Committee*.

4. Sistem Izin Kerja

Izin kerja di laksanakan dalam rangka menjaga agar pekerjaan yang berisiko tinggi tidak menimbulkan kecelakaan. Pabrik sebaiknya menerapkan sistem izan kerja panas, izin kerja pengelasan, izin kerja ketinggian, izin kerja masuk ruang tertutup, dan izin kerja listrik. Pekerja yang ingin mendapatkan izin kerja tersebut harus meminta izin kerja terlebih dahulu pada atasan/supervisi bagian yang ditunjukkan ke petugas *safety*.

5. Rambu-Rambu dan Poster

Dalam rangka menciptakan lingkungan kerja yang aman maka harus di pasang poster serta rambu-rambu K3 yang di pasang di tempat umum sehingga mudah dilihat oleh seluruh karyawan.

6. *Behavior Based Safety Management* (BBSM)

Behavior Based Safety Management (BBSM) merupakan suatu program yang bertujuan untuk membentuk perilaku kerja yang aman guna mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Penerapan BBSM dilakukan dengan mengidentifikasi perilaku kerja yang berisiko, kemudian melakukan pemantauan dan evaluasi terhadap aktivitas pekerja. Program ini juga memberikan edukasi kepada pekerja mengenai potensi bahaya serta metode pengendaliannya melalui pengendalian administratif dan rekayasa (*engineering control*). Selain itu, BBSM memberikan penghargaan kepada pekerja yang konsisten menerapkan prinsip keselamatan dalam pekerjaannya. Meskipun memiliki kelemahan karena dapat menimbulkan kekhawatiran pekerja dalam melaporkan insiden kerja, penerapan BBSM yang efektif dapat membantu menurunkan angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja secara berkelanjutan (Pertiwi, 2016).

4.11 Instrumentasi

Dalam pabrik Biolubricant (TFATE), terdapat beberapa instrumentasi yang digunakan di antaranya adalah sebagai berikut:

- *Temperature Indicator (TI)*

Temperature Indicator adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan menampilkan suhu dari suatu sistem atau lingkungan. Temperature Indicator digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan pengukuran suhu yang sangat akurat dan stabil.

- *Temperature Controller (TC)*

Temperature Controller (TC) adalah alat instrumentasi yang digunakan sebagai alat pengatur suhu atau pengukur sinyal mekanis atau listrik. Pengaturan temperatur dilakukan dengan mengatur jumlah material proses yang harus dihembuskan atau dikeluarkan dari dalam suatu proses yang sedang bekerja. Prinsip kerja dari temperature controller adalah rate fluida masuk atau keluar dikontrol oleh diagram *valve*. Rate fluida ini memberikan sinyal kepada TC untuk mendeteksi dan mengukur suhu sistem pada *set point*.

- *Pressure Controller (PC)*

Pressure controller adalah alat yang dapat digunakan sebagai alat pengatur tekanan atau pengukur tekanan atau pengubah sinyal dalam bentuk gas menjadi sinyal mekanis. Pengatur tekanan dapat digunakan untuk mengatur jumlah uap/gas keluar dari suatu alat dimana tekanan uap/gas diinginkan. Prinsip kerja dari *pressure controller* adalah tekanan uap yang keluar sehingga PC memberikan sinyal kepada LC untuk mendeteksi tekanan pada *set point*.

- *Level Controller (LC)*

Level controller adalah alat yang digunakan untuk mengatur ketinggian (level) cairan dalam suatu alat dimana cairan tersebut bekerja. Pengukuran tinggi cairan dilakukan dengan operasi dari sebuah *control valve*, yang mengatur aliran cairan masuk atau keluar dari bejana. Prinsip kerja *level controller* adalah jumlah aliran fluida diatur oleh *control valve*. Kemudian laju aliran fluida yang keluar ini akan memberikan sinyal kepada LC untuk mendeteksi ketinggian cairan pada *set point*.

- *Flow Controller (FC)*

Flow Controller merupakan instrumen yang bisa digunakan untuk mengatur kecepatan aliran fluida dalam pipa *line* atau unit proses lainnya. Pengukuran kecepatan aliran fluida dalam pipa biasanya diatur dengan mengatur *output* dari *valve*, yang

mengakibatkan fluida mengalir dalam pipa. Prinsip kerja dari *flow controller* adalah kecepatan aliran yang diatur oleh pengatur *valve* dengan mengatur tekanan discharge dari pompa. Tekanan discharge pompa melakukan pengaturan kecepatan aliran. FC menerima sinyal untuk mendeteksi dan mengatur kecepatan aliran pada *set point*.