

BAB 4

UNIT PENDUKUNG DAN LABORATORIUM

Dalam sebuah pabrik, keberadaan unit utilitas atau sarana penunjang proses memiliki peran yang sangat vital. Tanpa adanya fasilitas ini, kegiatan produksi tidak akan dapat berlangsung secara optimal (Soetrisnanto & Hargono, 2008). Pada industri kimia, kelangsungan proses produksi tidak hanya bergantung pada bahan baku dan bahan pembantu, tetapi juga sangat membutuhkan dukungan dari berbagai sumber daya pendukung seperti uap panas (steam), energi listrik, air, bahan bakar, serta udara bertekanan dan komponen lainnya.

4.1 Unit Pengadaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air, suatu industri pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan air mulai dari pengadaan dan pengolahannya hingga siap digunakan sebagai air proses, air sanitasi, air untuk umpan boiler, air pendingin dan air hydrant. Namun, penggunaan air laut tentunya memerlukan biaya yang lebih mahal untuk membangun instalasi utilitas pengolahan air. Pada pra rancangan pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini, kebutuhan air berasal dari fasilitas PT Krakatau Industrial Estate yang menyediakan kebutuhan air bersih sebesar 2000 liter/detik dimana berasal dari PT. Krakatau Tirta Industri yang merupakan perusahaan pemroduksi air bersih terbesar di Kota Cilegon. Selain itu, pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini juga memiliki sumber air cadangan yang diperoleh dan sungai Cidanau dengan debit air sebesar 1300-2000 liter per detik dimana pengelolaannya juga dilakukan oleh PT Krakatau Tirta Industri. PT . Krakatau Tirta Industri juga sudah dipercaya oleh beberapa industri di daerah Cilegon sebagai penyedia air baku untuk industri seperti PT. Chandra Asri Petrochemical, PT. Krakatau Steel, PT. Asahimas Chemical, dan lain - lain. Selain itu, PDAM Kota Cilegon juga sudah bekerjasama dengan PT. Krakatau Tirta Industri untuk penyediaan air bersih Bagi beberapa kawasan perumahan di daerah Cilegon. Sehingga PT Krakatau Tirta Industri sudah terpercaya sebagai penyedia air baku untuk kebutuhan industri. Untuk mengantisipasi kekeringan yang melanda sungai Cidanau, PT Krakatau Tirta Industri membangun Waduk Nadra (Waduk Krakatau Tirta Industry) sebagai cadangan air baku, dengan luas waduk sebesar 1 km Waduk Nadra memiliki kapasitas penyimpanan efektif sebesar 3 juta m³, waduk juga dilengkapi dengan 5 buah pompa sentrifugal dengan kapasitas masing-masing sebesar 1850 m³/jam . Dengan demikian dirasa pasokan air untuk keperluan

pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini aman dan tidak kekurangan. Pabrik akan didirikan di air yang diperlukan di lingkungan pabrik meliputi :

4.1.1 Air Umpan Boiler

Air yang dimanfaatkan untuk memproduksi uap demi mendukung kelangsungan proses produksi dikenal sebagai air umpan boiler. Sumber utama air ini berasal dari PT Krakatau Industrial Estate Cilegon serta dari Sungai Cidanau, yang dikelola dan diolah oleh PT Krakatau Tirta Industri sebagai cadangan pasokan air. Selama berlangsungnya proses penguapan di dalam boiler, uap yang terbentuk merupakan uap air murni dalam bentuk gas (H_2O). Sementara itu, kandungan ion dalam air tidak ikut menguap, sehingga jumlah ion dalam fase cair boiler akan meningkat seiring waktu. Oleh karena itu, kualitas air yang digunakan sebagai umpan boiler harus memenuhi standar yang sangat ketat. Walaupun air dari unit pengolahan tampak jernih, biasanya masih terdapat kandungan garam terlarut, mineral, serta zat asam yang dapat mempercepat korosi atau merusak material logam pada sistem pembangkit uap. Untuk mengontrol akumulasi ion tersebut, sistem boiler biasanya dilengkapi dengan proses pembuangan sebagian airnya secara terus-menerus—dikenal sebagai blow-down—yang berfungsi menjaga agar konsentrasi ion dalam air tetap berada dalam batas yang aman.

Beberapa aspek penting harus diperhatikan dalam perlakuan terhadap air umpan boiler agar kinerja sistem tetap optimal dan aman digunakan.

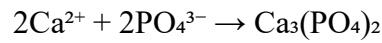
- Zat-zat penyebab korosi

Umumnya berasal dari kandungan air yang mengandung senyawa asam maupun gas-gas terlarut seperti oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), dan amonia (NH_3). Oleh sebab itu, proses penghilangan oksigen menjadi langkah penting. Proses ini dilakukan dalam dua tahapan, yaitu melalui deaerasi (penghilangan gas secara fisik) dan dengan penambahan bahan kimia seperti hidrazin untuk mengikat sisa oksigen.

- Pembentukan kerak (scale)

Terjadi akibat kandungan zat penyebab kesadahan dalam air, terutama pada suhu tinggi. Zat ini umumnya berupa garam karbonat dan silikat. Dampak dari adanya kerak meliputi penurunan efisiensi perpindahan panas, peningkatan tekanan (pressure drop), hingga penyumbatan di saluran-saluran kecil. Untuk mengatasi masalah kerak

akibat kesadahan yang belum tersaring sepenuhnya, digunakan penambahan senyawa fosfat. Reaksi kimianya sebagai berikut:



- Zat-zat penyebab pembusaan (foaming)

Biasanya berasal dari air yang diproses melalui pemanasan dan mengandung senyawa organik, anorganik, maupun zat tidak larut dalam konsentrasi tinggi. Pembentukan busa dalam sistem boiler sering dipicu oleh tingginya tingkat alkalinitas, yang memperparah kondisi operasional boiler dan mengganggu kestabilan proses.

Persyaratan kualitas air untuk sistem pendingin mengacu pada standar *Boiler Feed Water Characteristics menurut IS: 10392-1982*, dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Persyaratan Air Umpan Boiler

Parameter	Nilai
pH	8,3-10
Kadar SiO ₂	Maks 125 ppm
Kadar Fe	Maks 0,1 ppm
Kadar O ₂	Maks 0,007 ppm
Total <i>Hardness</i>	Maks 0,3 ppm
Total alkalinitas	Maks 700 ppm
Total <i>solid</i>	Maks 3500 ppm
<i>Suspended solid</i>	Maks 300 ppm

(Branan, 1976)

Dengan demikian, air yang akan digunakan sebagai umpan boiler perlu melalui tahap pengolahan lanjutan guna menekan kandungan zat-zat yang tidak diinginkan. Biasanya, proses ini dimulai dengan demineralisasi menggunakan metode pertukaran ion (ion-exchange), kemudian dilanjutkan dengan tahapan deaerasi dan stripping untuk menghilangkan gas-gas terlarut di dalam air.

Kebutuhan Air Umpan boiler

Tabel 4. 2 Kebutuhan Air Umpan boiler

Kode	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
HE(101-103)	Heat Exchanger	844,7174
R-201	Reaktor Sulfonasi	26,29
EVP-501	Evaporator	940,61
SD-601	Spray Dryer	743,084
Total		2.554,7

Total kebutuhan = $2.554,7 \text{ Kg/Jam} \times 24 \text{ Jam/Hari} \times 1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg}$
= $61,313 \text{ m}^3/\text{hari}$

Air *make up* untuk air yang hilang = $10\% \times 2.554,7 \text{ m}^3/\text{hari}$
= $6,1313 \text{ m}^3/\text{hari}$

4.1.2 Air Pendingin (Cooling Water)

Sistem air pendingin berperan penting dalam menyediakan air proses yang dibutuhkan oleh unit produksi, terutama untuk menjaga suhu pada alat penukar panas seperti cooler agar tetap berada dalam rentang temperatur yang ditentukan. Sumber air pendingin umumnya berasal dari sungai, yang terlebih dahulu melalui proses demineralisasi, lalu disimpan di dalam tangki khusus air pendingin. Beberapa faktor penting yang perlu dikendalikan dalam penggunaan air pendingin meliputi kandungan besi untuk mencegah terjadinya korosi, tingkat kesadahan (hardness) karena dapat menyebabkan pembentukan kerak, serta keberadaan mikroorganisme yang berpotensi menumbuhkan lumut atau gangguan biologis lainnya.

Secara umum, terdapat sejumlah parameter utama yang menjadi acuan dalam pengolahan air pendingin, di antaranya:

- Konduktivitas – menggambarkan seberapa banyak mineral terlarut dalam air
- pH – menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air
- Alkalinitas – terdiri dari ion karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-)
- Kesadahan (hardness) – mengindikasikan jumlah ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) dalam air

Ketentuan standar kualitas air pendingin yang digunakan dalam industri dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

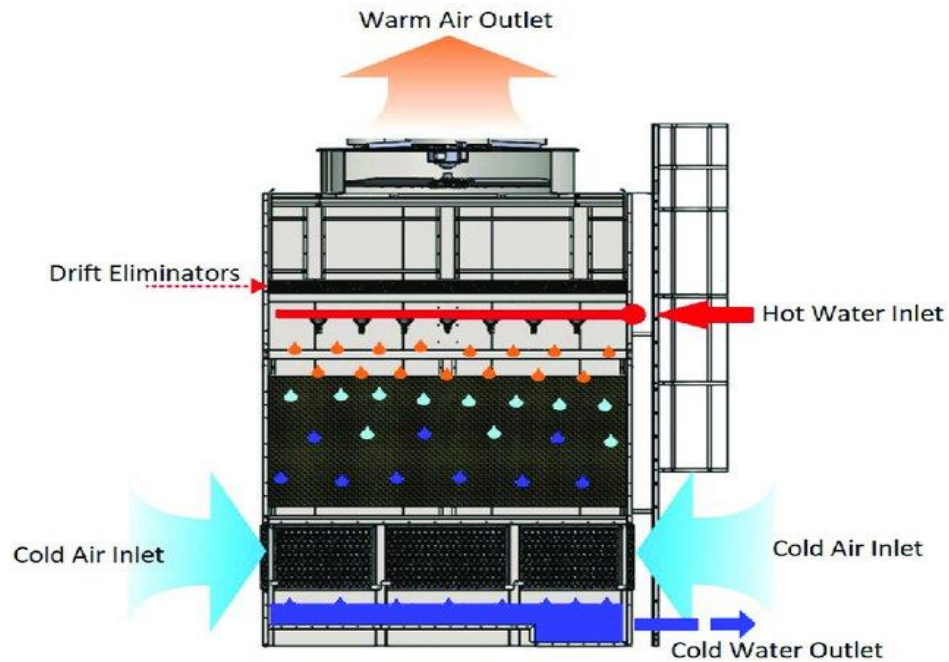
Tabel 4. 3 Syarat Mutu Air Pendingin

Parameter	Air Pendingin	
	<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 (mg/l)	<200	<50
Alkali (mg/l)	<100	<50
Total hardness (mg/l)	<200	<70
Ca ²⁺ (mg/l)	<150	<50
Silika (mg/l)	<40	<30

(ASME Water Quality Standart, 2016)

Sistem air pendingin yang diterapkan di pabrik ini menggunakan siklus tertutup, yang berarti air yang telah dimanfaatkan dalam proses pendinginan tidak langsung dibuang, melainkan dialirkan kembali ke cooling tower untuk didinginkan dan digunakan ulang dalam proses produksi.

Pada awalnya, air yang telah menyerap panas dari unit proses akan dialirkan ke hot basin, yaitu wadah penampung air panas. Di sana, suhu air akan diturunkan dengan bantuan udara sebagai media pendingin. Setelah melalui proses pendinginan, air yang keluar dari cooling tower ditargetkan memiliki suhu sekitar atau di bawah 30°C agar siap digunakan kembali secara efisien dalam sistem.



Gambar 4. 1 Mekanisme Cooling Tower Pabrik Aseton

(Sumber:

https://www.researchgate.net/publication/344249055_Experimental_and_Theoretical_Analysis_of_Mechanical_Draft_Counterflow_Wet_Cooling_Towers/figures?lo=1)

Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini mengaplikasikan cooling tower tipe mechanical draft. Prinsip kerja dari menara pendingin jenis ini adalah dengan mengalirkan air agar bersentuhan langsung dengan udara yang dihisap oleh kipas (fan), sehingga udara akan menyerap panas dari air tersebut. Selama proses ini, sebagian air akan mengalami penguapan. Air yang telah mengalami pendinginan kemudian dikumpulkan dalam basin (penampung bawah) dan selanjutnya digunakan kembali sebagai media pendingin dalam sistem. Pada pabrik ini, air pendingin digunakan untuk mengatur suhu dalam berbagai proses produksi, termasuk pada alat penukar panas dan kondensor. Fungsi utama air pendingin adalah sebagai media penghantar panas, dan penggunaannya dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan berikut:

1. Mudah dalam proses pengolahan dan pengaturan
2. Memiliki kapasitas penyerapan panas yang tinggi per satuan volume
3. Tersedia dalam jumlah besar dan kontinyu

Agar kinerja air pendingin optimal, maka air tersebut harus memiliki karakteristik non-korosif, tidak membentuk kerak, dan bebas dari mikroorganisme yang berpotensi

menumbuhkan lumut. Untuk menjaga sifat-sifat tersebut, dilakukan penambahan beberapa bahan kimia khusus ke dalam sistem pendingin, antara lain:

- a. *Trisodium fosfat* – digunakan untuk mencegah pembentukan kerak
- b. *Klorin* – berfungsi membunuh mikroorganisme penyebab gangguan biologis
- c. *Zat dispersan* – mencegah pengendapan fosfat yang dapat menimbulkan gumpalan dalam sistem

Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Pendingin

Kode	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
HE(101-103)	Heat Exchanger	844,7174
R-201	Reaktor Sulfonasi	26,29
EVP-501	Evaporator	940,61
SD-601	Spray Dryer	743,084
Total		50.994,55

Total kebutuhan = 50.944,55 Kg/Jam x 24 Jam/Hari x 1 m³/1000 kg

$$= 1.222,7 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Air *make up* untuk air yang hilang = 10% x 1.222,7 m³/hari

$$= 122,27 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.1.3 Air Sanitasi

Air sanitasi dimanfaatkan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, dan sanitasi lainnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2027 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk keperluan sanitasi. Standar baku mutu air sanitasi meliputi:

- Parameter Fisik

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 3
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

- Parameter Biologi

Tabel 4. 6 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. coli	CFU/200ml	0

- Parameter Kimia

Tabel 4. 7 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	pH		6,5-8,5
2.	Besi dan Nitrit, sebagai N	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Sianida dan Pestisida total	mg/l	0,1
8.	Deterjen	mg/l	0,05

Air Sanitasi pada desain proyek pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* ini meliputi:

1. Air untuk karyawan

Pada pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* mempunyai total karyawan dengan jam kerja karyawan 8 jam/hari. Oleh karena itu perlu diperhitungkan air untuk karyawan dengan kebutuhan karyawan sebesar liter/hari tiap orangnya dan diketahui densitas air kg/m³. Perhitungan air sanitasi:

$$\begin{aligned}\text{Air keperluan karyawan} &= 82 \times 2 \times (1\text{m}^3/1000 \text{ liter}) \\ &= 0,164 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 6,83 \text{ liter/jam} \\ &= 6,83 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

2. Air untuk laboratorium dan taman

Perhitungan air untuk laboratorium dan taman:

- Air untuk bagian laboratorium

$$\begin{aligned}\text{Air untuk keperluan laboratorium diperkirakan} &= 7000 \text{ liter/hari} \\ &= 7 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 291,67 \text{ liter/jam} \\ &= 291,67 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- Air untuk pembersihan, pertanaman, dan lainnya

$$\begin{aligned}&= 10.000 \text{ liter/hari} \\ &= 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 416,67 \text{ liter/jam} \\ &= 416,67 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga kebutuhan total air untuk sanitasi yaitu} &= 0,14 + 7 + 10 \\ &= 17,14 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

4.1.4 Air Hydrant

Air hydrant merupakan jenis air yang disiapkan khusus untuk keperluan pemadaman kebakaran. Ketersediaannya sangat krusial apabila terjadi insiden kebakaran di salah satu area pabrik. Dalam operasionalnya, penggunaan air hydrant bersifat tidak rutin atau hanya difungsikan ketika terjadi keadaan darurat berupa kebakaran. Distribusi air hydrant dilakukan melalui jaringan pipa khusus yang tersebar dan terhubung di seluruh kawasan pabrik. Penempatan pipa-pipa ini dirancang secara strategis agar dapat menjangkau setiap sudut area dengan cepat dan mudah saat keadaan darurat. Menurut standar yang berlaku (SNI 03-

1735:2000), sistem hydrant harus mampu menyediakan debit air minimal 2400 liter per menit dengan tekanan kerja 3,5 bar, serta mampu mempertahankan aliran air tersebut setidaknya selama 45 menit penuh.

4.1.5 Air Proses

Unit ini berperan dalam mengubah air dengan tingkat kesadahan rendah menjadi air tanpa kandungan mineral (*Demineralized water*) yang akan digunakan dalam proses produksi. Air proses adalah air yang secara langsung bersentuhan dengan bahan baku dalam rangka menghasilkan suatu produk. Di pabrik aseton, salah satu fungsi dari air proses ini adalah sebagai media penyerap dalam unit absorber. Air dengan kesadahan rendah terlebih dahulu diproses melalui instalasi demineralisasi (*demin plant*). Tujuan utama dari unit demin ini adalah menghasilkan air tanpa mineral penyebab kerak.

Masalah korosi dan pembentukan kerak harus dicegah dengan cara mengolah air tersebut dan menghilangkan kandungan mineralnya. Sistem demineralisasi yang digunakan melibatkan teknologi penukar ion (*ion exchanger*), yang bertujuan menghasilkan air murni yang layak digunakan dalam proses produksi. Air mula-mula dialirkan ke *cation exchanger* untuk menghilangkan ion bermuatan positif. Setelah itu, air dilanjutkan ke *anion exchanger* guna menghilangkan ion negatif seperti klorida, sulfat, dan sebagainya. Bila masih terdapat ion tersisa, air kemudian diarahkan ke *mix bed exchanger* sebagai tahap pemurnian akhir. Setelah proses ini selesai, air demineralisasi disimpan di dalam tangki penampung sebelum digunakan. Beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dalam pengolahan air proses, antara lain:

- a. Kesadahan (hardness) yang dapat memicu terbentuknya kerak
- b. Kandungan besi, yang berpotensi menimbulkan korosi
- c. Minyak, karena dapat membentuk lapisan film yang mengganggu perpindahan panas dan menyebabkan pengendapan

4.2 Unit Pengolahan Air

Proses pengolahan air dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa air tersebut layak dan memenuhi standar penggunaan. Tahapan pengolahannya dapat mencakup perlakuan secara fisika dan kimia, penambahan zat desinfektan, atau melalui metode pertukaran ion (*ion exchanger*). Kualitas air yang digunakan dalam kegiatan proses industri harus memenuhi sejumlah kriteria tertentu, yaitu:

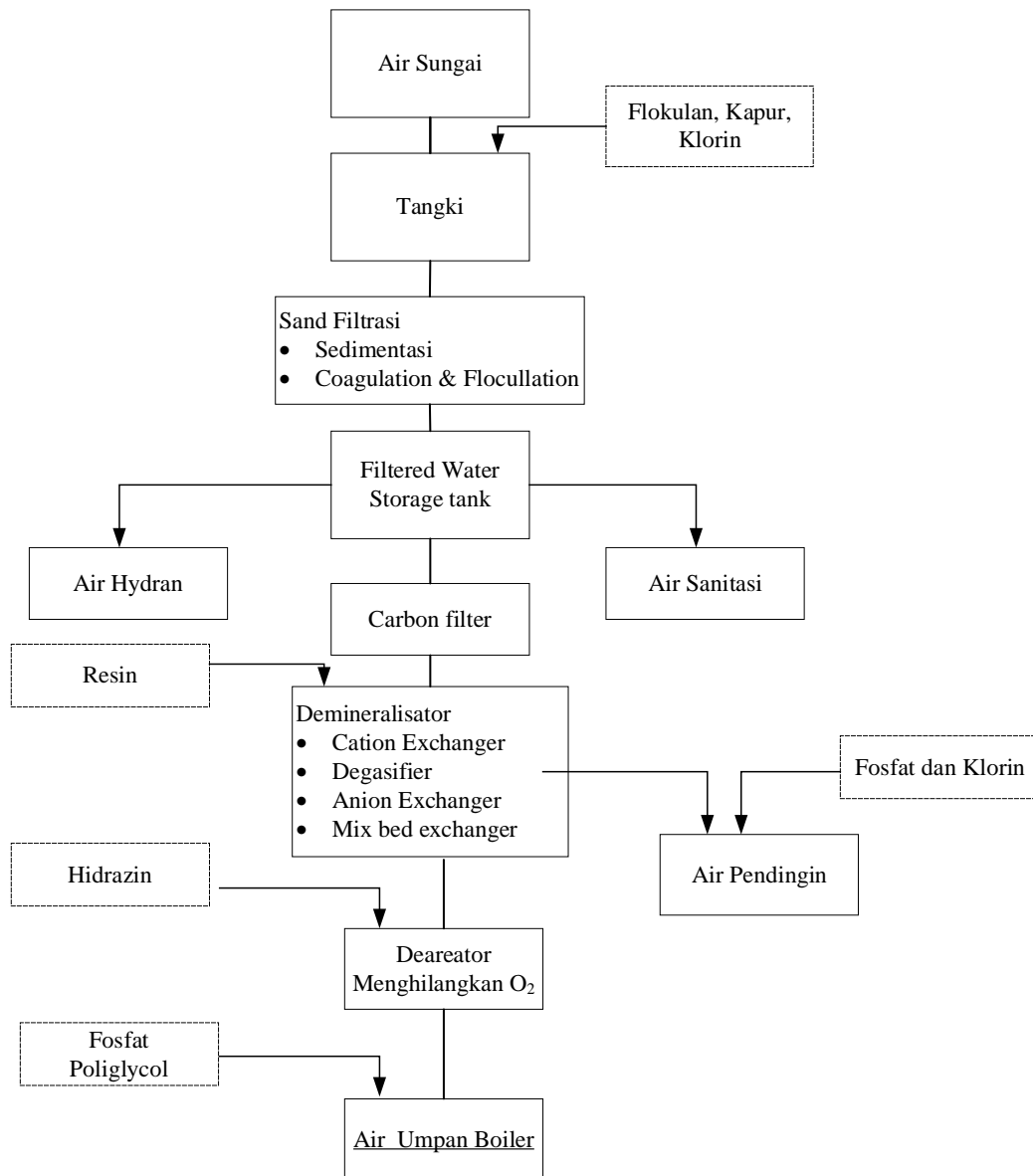
a. Untuk keperluan air pendingin:

- Harus bebas dari partikel atau kotoran yang dapat menimbulkan penyumbatan pada sistem perpipaan dan peralatan proses.
- Tidak mengandung mikroorganisme, polutan, maupun organisme air seperti hewan sungai yang dapat mengganggu sistem pendingin.

b. Untuk kebutuhan air umpan boiler:

- Tidak boleh mengandung kotoran atau material padat yang dapat menyumbat jaringan perpipaan maupun peralatan boiler.
- Harus steril dari mikroba, polutan, dan makhluk air lainnya.
- Harus bebas dari senyawa yang berpotensi membentuk kerak pada permukaan peralatan.
- Kandungan oksigen diperbolehkan dalam jumlah terbatas.
- Silika (silica) dapat hadir dalam kadar tertentu sesuai batas yang diperbolehkan.

Alur tahapan pengolahan air tersebut dapat dilihat dalam bagan proses yang ditampilkan pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Diagram Alir Pengolahan Air Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*

1. Proses Penjernihan (Purification)

Sumber air baku diambil dari sungai, kemudian dialirkan menuju sistem penangkap air (water intake) yang mencakup saringan (screen) dan pompa. Fungsi saringan ini adalah untuk menahan kotoran dan benda asing agar tidak masuk ke saluran hisap pompa. Air yang telah tersaring kemudian dihisap oleh pompa dan dialirkan ke instalasi pengolahan air melalui jaringan perpipaan.

Air akan masuk terlebih dahulu ke dalam bak sedimentasi, di mana partikel lumpur atau sedimen akan mengendap agar tidak mengganggu proses produksi air bebas mineral. Kotoran

berukuran besar disaring, sedangkan zat koloid dikeluarkan melalui klarifikasi dengan penambahan bahan kimia penetral dan koagulan. Bahan-bahan seperti larutan alum, soda kaustik, dan klorin disuntikkan ke dalam aliran air sebelum diproses lebih lanjut. Jumlah bahan kimia yang ditambahkan secara otomatis dikendalikan berdasarkan volume air yang masuk serta kondisi air sungai saat itu.

Secara umum, air alami mengandung berbagai kontaminan yang diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Zat terlarut – meliputi senyawa anorganik seperti kalsium karbonat, magnesium karbonat, sulfat, silika, natrium klorida, serta unsur-unsur seperti besi, mangan, dan aluminium.
- b. Gas terlarut – biasanya merupakan bagian dari atmosfer, seperti oksigen, karbon dioksida, metana, dan hidrogen sulfida.
- c. Partikel tersuspensi – termasuk bahan organik, mikroorganisme, lumpur, tanah liat, dan zat warna dari pembusukan tumbuhan atau kontaminan seperti minyak.

Proses ini menggunakan bahan kimia seperti Alum (Aluminium Sulfat), Natrium Hidroksida (NaOH), dan Klorin/Kaporit untuk membantu penggumpalan (Flokulasi), pengendalian pH, serta sterilisasi. Setelah tahap ini, air akan diteruskan ke unit filtrasi menggunakan sand filter.

2. Tahap Penyaringan (Filtration)

Agar air bisa digunakan dalam sistem penukar ion, maka perlu dilakukan penyaringan untuk mencegah gangguan seperti fouling akibat kotoran. Sebagian besar kontaminan telah dikumpulkan selama proses penjernihan, termasuk zat warna, mikroba, dan senyawa organik. Air yang telah melalui tahap ini memiliki turbiditas di bawah 5 ppm. Selanjutnya, air dialirkan melalui sand filter berbentuk silinder vertikal yang berisi media pasir. Bila filter ini sudah jenuh, maka dilakukan backwash, yaitu pencucian dengan aliran balik yang lebih besar dari aliran normal. Tujuannya adalah untuk melepaskan kotoran yang menumpuk dan memperluas area penyaringan. Setelah pencucian, air saringan awal dibuang untuk membersihkan sisa kontaminan yang masih terbawa.

Proses backwash ini akan berlangsung otomatis jika tekanan melebihi batas atau durasi operasi telah tercapai. Kaustik juga ditambahkan pada aliran keluar filter untuk mengatur pH,

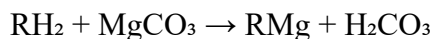
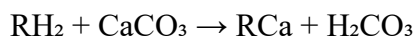
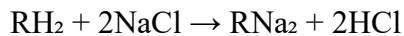
dan klorin disuntikkan untuk mencegah pertumbuhan mikroba. Setelah itu, air disalurkan ke berbagai unit seperti cooling tower, instalasi hydrant, kebutuhan umum, dan unit demineralisasi.

3. Proses Demineralisasi

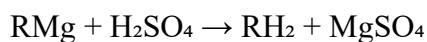
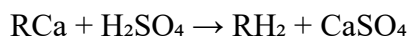
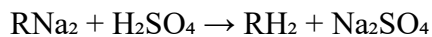
Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan seluruh ion dalam air guna menghasilkan air demineral (deionized water). Sistem ini menggunakan teknologi penukar ion, yakni kation dan anion exchanger, untuk menghasilkan air yang sesuai sebagai umpan boiler.

a. Penukar Kation (Cation Exchanger):

Digunakan resin khusus untuk menyerap ion-ion positif seperti Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^+ , dan Al^{3+} . Reaksi pertukaran berlangsung sebagai berikut:

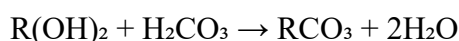
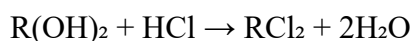
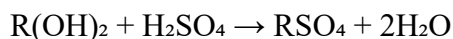


Jika resin sudah jenuh, maka dilakukan regenerasi menggunakan larutan asam (seperti H_2SO_4), dengan reaksi:

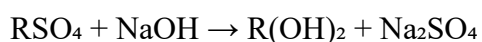


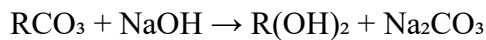
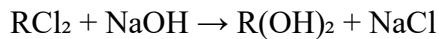
b. Penukar Anion (Anion Exchanger):

Air dari kation exchanger diteruskan ke anion exchanger untuk menghilangkan ion negatif seperti HCO_3^- , SiO_3^{2-} , Cl^- , NO_3^- , dan CO_3^{2-} melalui resin dengan reaksi:



Untuk regenerasi resin, digunakan larutan basa (NaOH), dengan reaksi:





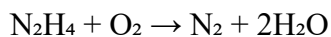
Air hasil dari tahap ini diharapkan memiliki pH antara 7–8 dan dialirkan ke tangki penyimpanan demineralisasi sebelum digunakan dalam proses atau menuju unit deaerasi untuk pengolahan lanjutan menjadi BFW (*Boiler Feed Water*).

4. Unit Deaerasi

Deaerasi adalah proses untuk menghilangkan gas-gas terlarut dari air yang berasal dari sistem penukar ion (*Ion Exchanger*) sebelum digunakan sebagai umpan boiler, khususnya gas oksigen (O_2) yang dapat menyebabkan korosi.

Gas O_2 dihilangkan dalam deaerator melalui dua metode:

- Secara mekanis – menggunakan stripping dengan steam tekanan rendah yang dapat menurunkan kadar oksigen hingga 0,007 ppm.
- Secara kimia – dengan penambahan senyawa hidrazin (N_2H_4) yang akan bereaksi dengan O_2 menurut reaksi:



- Untuk menjaga pH tetap stabil pada kisaran 8,5–9,5, ditambahkan juga larutan Ca(OH)_2 .

Air dari deaerator akan mendapatkan tambahan larutan fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) untuk mencegah terbentuknya kerak kalsium dan silika di steam drum dan boiler tube. Sebelum dialirkan ke boiler, air juga diberi dispersant untuk menjaga kestabilan sistem.

4.3 Unit Pengadaan Steam

Unit pembangkit uap berperan penting sebagai sistem pendukung dalam berbagai proses pemanasan, seperti pada peralatan heat exchanger, vaporizer, serta reboiler di kolom distilasi. Untuk menjaga performa boiler agar tetap optimal dan mencegah terjadinya kerusakan, diperlukan serangkaian langkah pengendalian. Langkah-langkah ini meliputi pengaturan suplai udara, pemberian bahan kimia inhibitor guna menghindari pembentukan kerak dan korosi, pemasangan perangkat keselamatan, serta memastikan bahwa air umpan boiler telah memenuhi standar kualitas yang ditentukan. Di pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate*, sistem pembangkit uap menghasilkan uap jenuh (saturated steam) dengan suhu operasi 55°C dan 100°C . Uap jenis

ini digunakan sebagai media pemanas dalam berbagai tahapan proses. Penggunaan uap tersebut terbagi menjadi dua kategori, yaitu:

- LPS (Low Pressure Saturated Steam) dengan tekanan 339 kPa dan suhu 55°C digunakan untuk memanaskan bahan baku saat memasuki heat exchanger.
- LPS lainnya memiliki tekanan 202,65 kPa dan suhu 100°C, dimanfaatkan dalam sistem evaporator (E-501) sebagai media pemanas utama.

Kebutuhan Steam

Tabel 4. 8 Kebutuhan Steam

Nama Alat	Kebutuhan <i>steam</i> kg/jam
HE-01	6.366
HE-02	8.324
HE-03	40.295
Evaporator	237.793
Spray dryer	97.155
Total	389.933

Jadi total *steam* yang dibutuhkan = 389.933 kg/jam

Diambil faktor keamanan 10% = 0.1 x 389.933 kg/jam
 = 428926.3 kg/jam

Air umpan *steam* yang digunakan diambil kemanan *supply steam* 20%

Jadi, total kebutuhan= 11.230.056 m³/hari

4.4 Unit Pengadaan Listrik

Pasokan energi listrik untuk operasional pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) direncanakan berasal dari dua sumber utama, yaitu:

- Jaringan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN)
- Sumber mandiri melalui pembangkit listrik internal (genset)

Jenis generator yang digunakan dalam pabrik ini adalah generator arus bolak-balik (alternating current), yang dipilih berdasarkan beberapa alasan teknis berikut:

- Kemampuan menghasilkan daya listrik dalam jumlah besar
- Fleksibilitas tegangan listrik yang dapat disesuaikan menggunakan trafo (transformator)

Adapun sistem kelistrikan mengandalkan generator tiga fasa arus bolak-balik (AC 3-phase) karena beberapa keuntungan utama:

- Mampu memasok daya dalam kapasitas yang lebih besar
- Arus yang dihasilkan lebih stabil dan andal
- Jumlah konduktor atau kabel penghantar lebih sedikit
- Biaya motor listrik tiga fasa lebih ekonomis dan desainnya lebih sederhana

Kebutuhan listrik di pabrik ini mencakup berbagai sistem dan peralatan yang menunjang proses produksi secara keseluruhan.

Kebutuhan Listrik Untuk Proses

Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik Untuk Proses

No.	Kode Alat	Nama Alat	Daya (HP)
1	R-201	Reaktor Sulfonasi	2
2	N-401	Reaktor Netralisasi	0.5
3	P-101	Pompa <i>Linear Alkylbenzene</i> umpan reaktor	1
4	P-102	Pompa <i>Oleum</i> 20% umpan reaktor	1
5	P-103	Pompa NaOH 20% umpan netralizer	0.5
6	P-104	Pompa produk LAS umpan decanter	0.5
7	P-105	Pompa produk LAS umpan evaporator	0.5
8	P-06	Pompa produk LAS umpan <i>netralizer</i>	0.5
9	P-07	Pompa produk H ₂ SO ₄ umpan tangki	0.5
Total Daya (HP)			7

$$\text{Kebutuhan energi} = 7 \text{ HP} \times 0,7475 \text{ kW/HP} = 5,2325 \text{ kW}$$

Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4. 10 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Total (HP)	Daya (HP)
1	Pompa Sanitasi	3	3	9
2	Pompa Pendingin	3	5	15
3	Pompa Umpan <i>Boiler</i>	1	3	3
4	Pompa Air <i>Hydrant</i>	2	4	8
5	Pompa Kondensat	1	4	4
6	Pompa Air <i>Make Up</i>	1	4	4
7	Pompa <i>Raw Water</i>	4	5	20
8	Pompa Pengolahan Limbah	1	3	3
Total Daya (HP)			66	

Kebutuhan Listrik untuk Pengolahan limbah

Listrik untuk pengolahan limbah diperkirakan = 30 HP. Power yang dibutuhkan = $30 \text{ HP} \times 0,746 = 26,099 \text{ Kw}$.

Kebutuhan listrik untuk Bengkel dan Laboratorium

Listrik untuk bengkel dan laboratorium diperkirakan adalah sebesar 30 kW.

Kebutuhan Listrik untuk instrumentasi

Listrik untuk instrumentasi diperkirakan adalah sebesar 200 kW.

Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Perkiraan besarnya listrik yang diperlukan untuk 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:

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

Keterangan:

Area : Luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m²)

Lux : Kebutuhan energi cahaya persatuan luas (lumen/ m²)

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar menurut Perry, 1758. Kebutuhan lumen ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini:

Tabel 4. 11 Kebutuhan Lumen

Bangunan Indoor	Luas (m²)	Lux (lumen/m²)	Lumen
Pos Keamanan	40	100	4.000
Poliklinik	300	200	60.000
Fire station	300	100	30.000
Office Buliding	3000	300	900.000
Kantin	400	150	600.00
Masjid	700	200	1.400.00
Laboratorium	900	300	2.700.00
Mess karyawan	1800	200	360.000
Area perkembangan	4000	200	800.000
<i>Control room</i> proses	500	200	100.000
<i>Control room</i> utilitas	500	200	100.000
Bengkel	550	200	110.000
Total Bangunan Indoor	2.934.000		
Bangunan Outdoor	Luas (m²)	Lux (lumen/m²)	Lumen
Area parkir	1900	20	38.000
Utilitas	7.500	300	2.250.000
Unit proses	15000	150	2.250.000

Lampu direncanakan untuk semua area di dalam bangunan menggunakan lampu *Light Emitting Diode (LED) Philips (Helix Spiral Energy Saving Bulb)* 20 watt. Lumen *output* tiap lampu adalah 2.350 lumen (Philips.co.id).

Jumlah lumen di dalam ruangan = 2.934.000 lumen

Jumlah lampu yang digunakan = 4.538.000/2350

= 1.931 lampu

Total daya penerangan = 1.931 x 20

= 24.960 watt = 24,96 kW

Area *outdoor* digunakan lampu *Light Emitting Diode (LED) Philips (Helix Spiral Energy Saving Bulb)* 42 watt. *Output* tiap lampu adalah 2.650 lumen (Philips.co.id).

Jumlah lumen di luar ruangan = 5.378.000 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $5.378.000 / 2.650$
= 2.029 buah

Total daya penerangan = 2.029×42
= 85.218 watt = 85,218 kW

Total daya yang dibutuhkan untuk penerangan = $24,96 \text{ kW} + 85,218 \text{ kW}$
= 110,178 kW

4.4.1 Kebutuhan Listrik Untuk Pendingin Ruangan

Pendingin ruangan (AC) dirancang dengan memilih unit AC berkapasitas 1,5 PK, yakni tipe LG D13CMV *Hybrid Ultima Series inverter*. Perangkat ini membutuhkan konsumsi daya listrik sebesar 970 watt (LG, 2018) dan dinilai memadai untuk mendinginkan area seluas 49 meter persegi atau setara dengan ruang berukuran 7×7 meter. Adapun rincian kebutuhan AC beserta konsumsi listrik yang dibutuhkan untuk operasional di lingkungan pabrik akan dijelaskan sebagai berikut. Luas area yang memerlukan sistem pendingin udara meliputi:

Tabel 4. 12 Kebutuhan AC

Ruang	Luas (m ²)
Poliklinik	300
Perkantoran	3000
Masjid	700
Ruang Kontrol Proses	500
Ruang Kontrol Utilitas	500
Kantin	400
Total	5400

Jumlah AC yang dibutuhkan = $5.400\text{m}^2 / 49\text{m}^2/\text{buah}$
= 110,204 / 111 buah AC

Kebutuhan Listrik AC = $111 \times 970 \text{ watt}$
= 107670 watt = 107,67 kW

4.4.2 Kebutuhan Listrik Untuk Peralatan Kantor

Selain untuk keperluan produksi, energi listrik juga dimanfaatkan untuk menunjang operasional perangkat perkantoran, antara lain printer, monitor, komputer staf, serta komputer sistem yang ditempatkan di ruang kontrol. Total daya listrik yang diperlukan untuk menunjang seluruh peralatan kantor tersebut diperkirakan sebesar 20 kW.

Tabel 4. 13 Total Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Kantor

Unit	Kebutuhan (kW)
Proses	5.2325
Utilitas	49.335
Pengolahan Limbah	30
Bengkel dan Laboratorium	30
Instrumentasi	200
Penerangan	104.08
Kantor	30
AC	107.67
Total	556.315

4.4.3 Kebutuhan Listrik Untuk Laboratorium, Bengkel, dan Instrumentasi

Daya listrik yang dialokasikan untuk menunjang operasional laboratorium diperkirakan sebesar 20 kW, sedangkan untuk kebutuhan bengkel serta peralatan instrumentasi masing-masing memerlukan sekitar 15 kW. Dengan demikian, total konsumsi listrik secara keseluruhan dapat dirangkum sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Total Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium, Bengkel, Instrumentasi

No.	Keterangan	Daya (kW)
1	Kebutuhan Listrik Proses	600
2	Kebutuhan Listrik Utilitas	100
3	Kebutuhan Listrik Pengolahan Limbah	23
4	Kebutuhan Listrik Penerangan, Pendingin Ruangan	65
5	Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor	20
6	Kebutuhan Listrik Laboratorium	20
7	Kebutuhan listrik Instrumen dan Bengkel	15
Total		843

Untuk alasan keamanan, maka jumlah tenaga listrik yang dibutuhkan dlebihkan sebanyak 10%, maka total akhir kebutuhan listrik adalah sebesar:

$$\text{Total} = 110\% \times 843 \text{ kW} = 927,3 \text{ kW}$$

Generator

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut tersedia generator yang merupakan cadangan bila listrik dari PLN mengalami gangguan. Generator digunakan dengan effesiensi 80%.

$$\text{Input generator} = 556.3146429/0,80 = 695,39 \text{ kW}$$

Ditetapkan input generator sebesar 1200 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia sebesar = (1200 - 695,39) kW x 0,8

$$= 403.69 \text{ kW}$$

Spesifikasi generator yang dipakai antara lain:

Type = AC generator

Kapasitas = 1200 kW

Tegangan = 220/360 volt

Efesiensi = 80%

Frekuensi = 50 Hz

Phase = 3 phase

Jumlah = 1 buah

Bakar = Solar

4.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator dan furnace.

a. Generator

Bahan bakar yang digunakan pada boiler dan generator adalah natural gas. Dipilih natural gas karena:

- Nilai kalor cukup tinggi
- Mudah didapat

Kebutuhan bahan bakar untuk generator

Jenis bahan bakar = Solar

Heating value = 19570 Btu/lb

Specific gravity solar = 0,8691

p solar = 54,26 lb/ft³

Effisiensi bahan bakar = 80%

Kapasitas input generator = 1200 kW = 1200000 watt

$$= 120000 / 0,29307107 = 4094569,962$$

$$= 4094569,962 / (0,8 \times 0,8691 \times 19570) = 300,924 \text{ lb/jam}$$

$$= 300,924 / 54,26$$

$$= 5,546 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

4.6 Unit Pengadaan Udara Tekan

Sistem penyediaan udara bertekanan memiliki peran penting dalam mendistribusikan udara yang digunakan untuk mengoperasikan berbagai peralatan dan instrumen otomatis di pabrik. Di fasilitas produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate*, penyediaan udara bertekanan terbagi menjadi dua jenis kebutuhan utama, yaitu:

a. Plant Air (PA)

Udara jenis ini dialirkan ke pengguna melalui jalur distribusi utama atau header plant air. Fungsinya mencakup pembersihan berbagai peralatan proses serta mendukung kebutuhan di utility station di area produksi.

b. Instrument Air

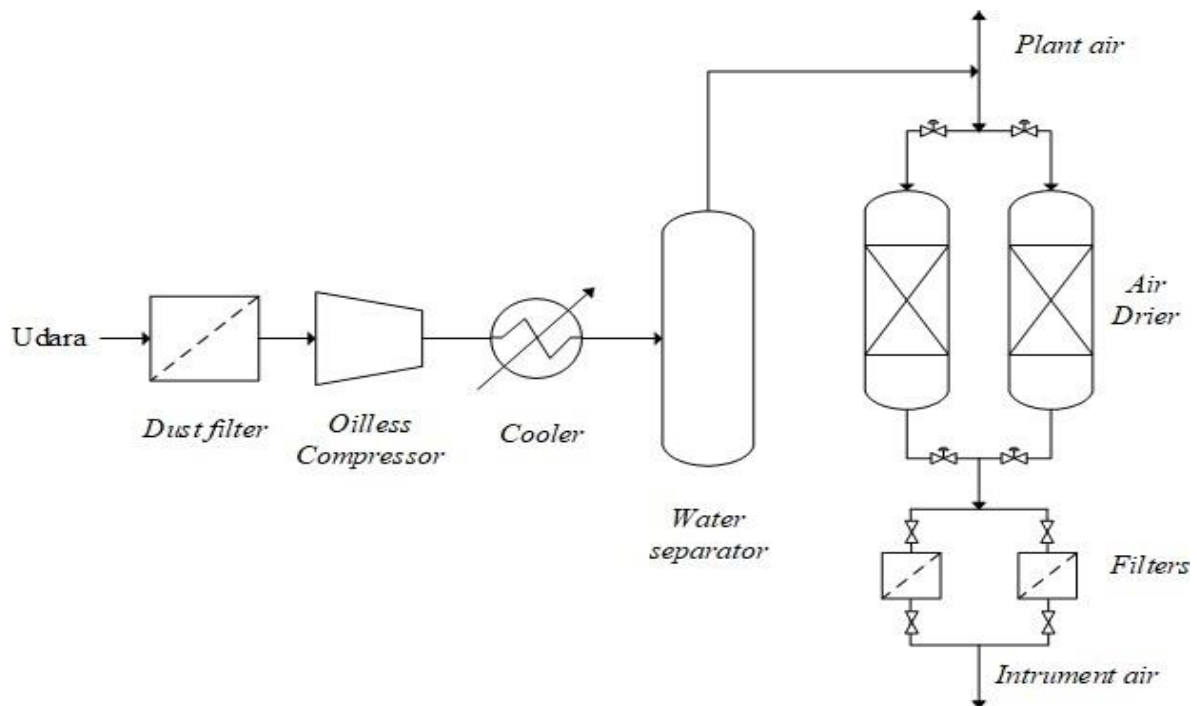
Udara untuk keperluan instrumen terlebih dahulu melewati pre-filter guna menyaring debu dan partikel halus, lalu diarahkan ke air dryer yang menggunakan zeolit sebagai penyerap kelembaban. Jenis udara ini diperlukan sebagai penggerak pada berbagai sistem kontrol seperti katup pengatur tekanan (pressure control valve), pengatur aliran (flow control valve), pengatur level, serta peralatan kendali lainnya. Kualitas instrument air (IA) lebih tinggi dibandingkan plant air (PA) karena kadar airnya jauh lebih rendah, yang sangat penting agar sistem kontrol tetap optimal dan tidak terganggu oleh kelembapan yang bisa merusak katup atau instrumen.

Udara yang digunakan untuk kebutuhan *instrument* diambil langsung dari lingkungan sekitar pabrik, namun tekanan udaranya harus ditingkatkan menggunakan kompresor. Supaya tidak terjadi pengembunan pada suhu lingkungan terendah, udara ini perlu dikeringkan hingga mencapai titik embun. Suhu titik embun yang direkomendasikan adalah 40°C. Selain itu, udara tersebut harus bebas dari kontaminan seperti partikel padat, minyak, gas beracun, maupun senyawa korosif. Batas kandungan partikel padat yang diperbolehkan adalah kurang dari 0,1 g/Nm³ dengan ukuran maksimal 3 mikron. Tekanan operasi yang dibutuhkan berada di kisaran 7 bar g dan tidak boleh turun di bawah 4 bar g agar seluruh instrumen serta katup tetap dapat bekerja dengan optimal.

Tabel 4. 15 Kualitas Udara Instrument

Parameter	Nilai
Tekanan	7,5 kg/cm ²
Parameter	Nilai
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 4.3.



Gambar 4. 3 Blok diagram pengolahan Udara Tekan

Langkah awal dalam proses penyediaan udara adalah menyaringnya menggunakan dust filter guna menyingkirkan debu serta partikel kecil yang terbawa dari lingkungan. Setelah melalui penyaringan, udara kemudian dikompresi menggunakan kompresor tanpa minyak (oilless compressor) untuk mencegah adanya kontaminasi minyak selama proses kompresi. Hasil dari proses ini menyebabkan suhu udara meningkat, sehingga perlu didinginkan terlebih dahulu melalui alat penukar panas atau cooler. Setelah proses pendinginan, udara dialirkan ke water separator untuk mengurangi kandungan uap air di dalamnya. Dari sini, aliran udara dibagi menjadi dua jalur: sebagian disalurkan langsung sebagai Plant Air, sedangkan sisanya mengalami proses pengeringan lanjutan dan penyaringan tambahan sebelum akhirnya digunakan sebagai Instrument Air (Broughton, 1994).

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah berperan penting dalam memastikan seluruh limbah hasil produksi diolah dengan baik agar tidak mencemari lingkungan serta aman bagi kesehatan manusia. Pabrik yang memproduksi aseton menghasilkan limbah dalam tiga bentuk utama, yaitu padat, cair, dan gas.

a. Limbah Padat

Jenis limbah ini berasal dari aktivitas domestik sehari-hari, seperti sampah kertas dan plastik, yang kemudian dikumpulkan dalam bak penampungan sebelum dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sementara itu, limbah padat yang tergolong Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) disimpan terlebih dahulu di Tempat Penampungan Sementara (TPS) yang tertutup rapat untuk mencegah kebocoran ke tanah maupun lingkungan sekitar. Limbah B3 ini kemudian diproses melalui tahapan pengumpulan, penyimpanan, dan pengolahan akhir, termasuk proses penimbunan hasil pengolahannya. Pengelolaan limbah B3 dari pabrik aseton tidak dilakukan secara internal karena dibutuhkan izin khusus dari Kementerian Lingkungan Hidup. Oleh sebab itu, pengelolaan limbah ini diserahkan kepada pihak ketiga yang telah berizin.

b. Limbah Cair

Sebelum limbah cair dialirkan ke sistem pengolahan limbah terpadu, limbah ini perlu menjalani proses awal untuk mengurangi kandungannya. Beberapa jenis limbah cair yang muncul dari operasional pabrik antara lain:

- 1) Limbah organik yang mudah larut di air, seperti senyawa-senyawa dari bahan baku yang mungkin bocor, diolah menggunakan metode lumpur aktif. LAS termasuk senyawa yang larut dalam air dan dapat diurai oleh bakteri aerob. Metode *Extended Aeration* dipilih karena dapat mendorong pertumbuhan bakteri autotrof maupun heterotrof dalam memecah senyawa tersebut.
- 2) Air hasil regenerasi dari resin kation dan anion, yang mengandung sisa larutan NaOH dan HCl, disirkulasikan dalam kolam penampungan terlebih dahulu. Di dalam kolam ini, nilai pH diawasi secara konstan hingga mencapai batas yang diperbolehkan sebelum dibuang ke sistem pengolahan limbah utama.
- 3) Limbah dari kegiatan sanitasi seperti pencucian alat, kegiatan perkantoran, dan pemakaian air lainnya dianggap setara dengan limbah rumah tangga. Pengelolaan limbah ini tidak memerlukan perlakuan khusus. Namun, perhatian diberikan terhadap jumlah limbah yang dihasilkan dan lokasi pembuangannya. Air buangan sanitasi bahkan bisa digunakan kembali untuk menyiram tanaman di sekitar pabrik. Limbah

dari toilet akan diarahkan ke septic tank, sedangkan air limbah dari dapur dan pencucian langsung dialirkan ke saluran umum.

- 4) Sisa air dari unit utilitas, seperti demineralisasi dan regenerasi resin, umumnya bersifat asam atau basa. Oleh karena itu, sebelum dialirkan ke saluran akhir, air tersebut harus dinetralkan hingga pH netral (pH 7) dengan penambahan bahan kimia seperti H_2SO_4 atau NaOH.

c. Limbah Gas

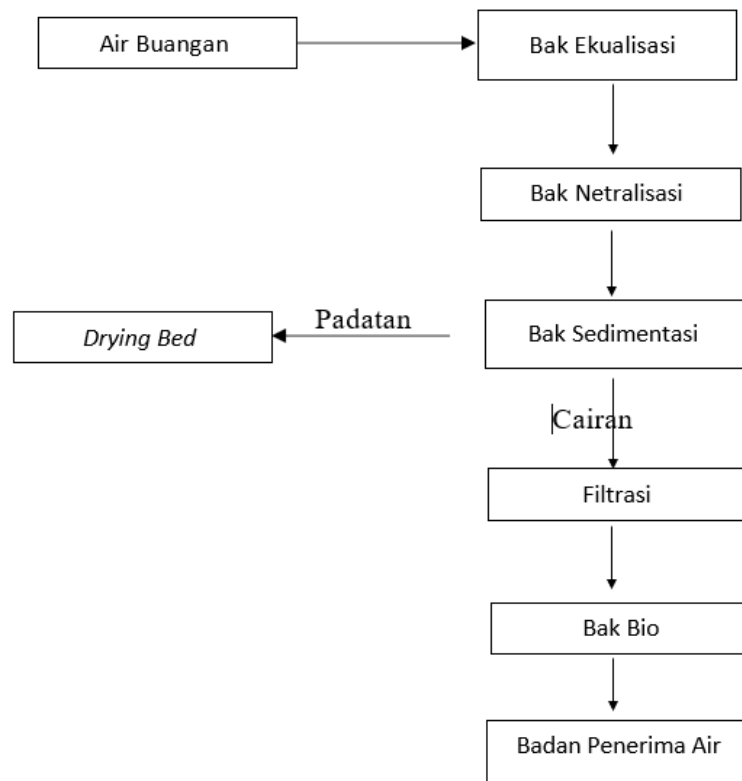
Untuk mengendalikan pencemaran udara yang diakibatkan oleh debu dan partikel halus dari limbah gas, digunakan sistem bag filter. Alat ini sangat efektif dalam menyaring partikel-partikel kecil dari aliran gas sehingga udara yang dilepaskan ke lingkungan tetap bersih dan sesuai dengan standar baku mutu lingkungan. Bag filter mampu bekerja secara efisien pada berbagai kondisi beban debu dan aliran gas, serta hemat energi. Keunggulan ini menjadikannya pilihan yang ekonomis dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah gas.

4.8 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Fasilitas pengolahan air limbah merupakan sistem yang dirancang untuk menangani limbah cair, baik yang berasal dari aktivitas domestik maupun dari proses utilitas. Sebelum limbah ini diproses lebih lanjut dalam instalasi pengolahan, terlebih dahulu dialirkan ke dalam bak ekualisasi. Di dalam bak ini, dilakukan pengadukan untuk menciptakan komposisi limbah yang seragam, sehingga beban pengolahan menjadi stabil. Setelah tercampur secara merata, limbah diteruskan ke bak netralisasi guna menyesuaikan pH-nya. Keseimbangan pH sangat penting, tidak hanya untuk menjaga kelestarian lingkungan, tetapi juga memudahkan proses pengendapan pada tahap berikutnya. Penyesuaian pH dilakukan dengan penambahan zat kimia seperti natrium karbonat (Na_2CO_3) atau asam sulfat (H_2SO_4). Selanjutnya, limbah akan memasuki bak sedimentasi, di mana zat padat yang terlarut diendapkan dengan bantuan koagulan. Setelah itu, cairan limbah disaring melalui media berlapis yang terdiri dari kerikil, pasir, serta karbon aktif, yang berguna untuk menghilangkan aroma tak sedap.

Usai proses penyaringan, air limbah dialirkan ke bak Bio Control sebagai tahap akhir dari pengujian kualitas. Tahapan ini berfungsi sebagai indikator biologis untuk memastikan bahwa air hasil pengolahan tidak lagi mengandung unsur pencemar yang membahayakan. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan ikan di dalam bak tersebut. Apabila ikan mampu bertahan hidup dalam kondisi normal, maka proses pengolahan dinyatakan sukses. Air

hasil olahan ini selanjutnya dapat dilepaskan ke lingkungan, seperti ke sungai, saluran air, atau laut, tanpa membahayakan ekosistem sekitarnya.



Gambar 4. 4 Skema Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

4.9 Laboratorium

4.9.1 Tugas Laboratorium

Laboratorium memiliki peran vital dalam mendukung kelangsungan proses produksi sekaligus menjamin kualitas produk tetap terjaga. Selain itu, laboratorium juga memiliki tanggung jawab dalam pengawasan pencemaran lingkungan, baik dari emisi udara maupun buangan cair. Secara umum, fungsi utama laboratorium mencakup pemeriksaan terhadap bahan mentah, bahan tambahan, produk utama, serta hasil samping agar kesesuaian terhadap spesifikasi yang ditetapkan dapat dipastikan. Informasi yang diperoleh dari kegiatan ini memungkinkan pengawasan produksi secara menyeluruh dan menjaga mutu sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Selain itu, laboratorium juga dapat memfasilitasi analisis terhadap parameter baku mutu limbah yang dihasilkan serta efektivitas unit pengolahan limbah yang tersedia di fasilitas produksi. Secara garis besar, peran utama laboratorium meliputi:

- Pengujian mutu bahan baku untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar yang diperbolehkan
- Pemeriksaan mutu produk agar sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditargetkan
- Analisis dan pengawasan proses produksi, khususnya yang berkaitan dengan potensi pencemaran udara, air, dan limbah padat
- Pengujian kualitas air, termasuk air pendingin, air untuk boiler, serta air lain yang berperan dalam operasi produksi

Laboratorium kimia menjadi salah satu komponen krusial dalam sistem produksi dan jaminan mutu, serta memiliki peran tambahan sebagai pengendali dampak lingkungan dari limbah padat, gas, maupun cair. Struktur organisasi laboratorium umumnya terdiri dari tiga divisi utama, yaitu:

1. Laboratorium Pemantauan Mutu (Quality Control)

Divisi ini bertanggung jawab atas pengujian fisik terhadap seluruh aliran material yang dihasilkan selama proses produksi. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam penerbitan certificate of quality yang menunjukkan karakteristik mutu produk. Pemeriksaan dilakukan terhadap bahan baku, produk antara, serta produk akhir guna menjamin konsistensi mutu.

2. Laboratorium Kimia dan Gas

Fungsi utama laboratorium ini adalah melakukan pengujian terhadap karakter kimia dari bahan baku, zat penunjang, produk antara, maupun produk akhir. Selain itu, analisis juga dilakukan terhadap air dan gas sebagai bahan input, termasuk kerak, bahan aditif, dan senyawa kimia lain yang digunakan dalam proses produksi

3. Laboratorium Riset, Inovasi, dan Pengawasan Lingkungan

Divisi ini bertugas mengembangkan solusi atas permasalahan terkait kualitas material dalam rangka meningkatkan performa proses produksi. Aktivitas laboratorium ini bersifat non-rutin dan lebih fokus pada kegiatan penelitian serta eksplorasi teknologi baru. Di samping itu, unit ini juga melakukan pengujian terhadap limbah yang telah melalui proses pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

4.9.2 Program Kerja Laboratorium

Operasional laboratorium berlangsung tanpa henti selama 24 jam dalam sehari, yang dijalankan oleh dua sistem kerja, yaitu kelompok shift dan kelompok non-shift, dengan pembagian tugas sebagai berikut:

1. Kelompok shift bertugas melakukan pemantauan dan analisis proses produksi secara berkala. Tugas ini dijalankan secara bergiliran dalam tiga shift, masing-masing dengan durasi kerja selama 8 jam, sehingga operasional laboratorium dapat terus berjalan sepanjang hari.
2. Kelompok non-shift bertanggung jawab atas analisis-analisis khusus yang tidak dilakukan secara rutin, serta pengadaan bahan kimia untuk keperluan laboratorium. Tim ini bekerja di laboratorium pusat dan mendukung kelompok shift agar pelaksanaan tugas lebih efisien melalui kegiatan berikut:
 - Mengelola dan menyediakan reagen kimia yang dibutuhkan untuk keperluan analisis.
 - Menjalankan analisis terhadap limbah yang berpotensi mencemari lingkungan.
 - Melakukan eksperimen dan studi yang mendukung kelancaran jalannya proses produksi.

Laboratorium juga melaksanakan berbagai jenis pengujian, antara lain:

1. Pengujian Kualitas Bahan Baku

Analisis dilakukan terhadap bahan baku utama seperti sodium silikat dan asam sulfat, yang dilakukan sesaat setelah bahan diterima. Tujuannya adalah memastikan bahan tersebut memenuhi kriteria teknis sebelum digunakan dalam proses produksi. Bila hasil analisis tidak sesuai, maka bahan tersebut dapat ditolak sebelum digunakan lebih lanjut.

2. Pengujian Kualitas Produk Antara dan Produk Jadi

Pemeriksaan dilakukan setiap empat jam sekali untuk mengevaluasi kadar kemurnian dari produk *Linear Alkylbenzene Sulfonate*, yang meliputi:

- Persentase kandungan *Linear Alkylbenzene Sulfonate*
- Kadar air menggunakan metode titrasi Karl Fischer

3. Pengujian Sistem Utilitas

Analisis dalam bagian ini mencakup berbagai jenis air yang digunakan dalam proses produksi, yaitu:

- Air proses hasil penjernihan, diuji untuk pH, kandungan silikat (sebagai SiO₂), kalsium (sebagai CaCO₃), sulfur (sebagai SO₄²⁻), klorin (sebagai Cl₂), dan zat terlarut
- Air dari sistem resin anion, diuji untuk kesadahan total (CaCO₃) dan kandungan silikat
- Air demineralisasi, diuji untuk pH, tingkat kesadahan, kandungan oksigen terlarut, serta kadar besi (Fe)
- Air boiler, diuji terhadap pH, zat terlarut, kandungan besi, oksigen, kalsium karbonat, dan silikat
- Air minum, diperiksa untuk nilai pH, sisa kandungan klor, serta tingkat kekeruhan
- Air limbah, dianalisis untuk pH, tingkat kekeruhan, nilai COD dan BOD, serta kadar logam besi (Fe)

Tabel 4. 16 Parameter Uji Program Laboratorium

Parameter Uji	Tujuan Pengujian	Alat Uji
Analisa Bahan Baku LAB	• Analisa kemurnian linear alkylbenzene, kadar linear alkylbenzene	GC-MS
	• Analisa <i>specific gravity</i>	<i>Effusiometer</i>
Analisa udara	• Analisa humidity dan temperatur	<i>Hygrometer</i>
	• Analisa <i>specific gravity</i>	<i>Effusiometer</i>
Analisa Setengah Jadi	• Analisa <i>specific gravity</i> keluaran reaktor gas	<i>Effusiometer</i>
Analisa Produk <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>	• Analisa kadar air, kadar abu	Oven
	• Analisa kemurnian <i>Linear Alkylbenzene Sulfonate</i>	GC-MS

Analisa Air Sanitasi	• Analisa kekeruhan air	<i>Turbidity</i>
	• Analisa pH	pH meter
	• Analisa kadar TDS (Total Dissolved Solid)	TDS meter
	• Analisa kandungan logan pada air	ASS
Analisa BFW (<i>Boiler feed water</i>) dan CW (<i>Cooling Water</i>)	• Analisa dissolved oxygen (oksigen terlarut dalam air)	DO Meter
	• Analisa kadar BOD (Biological Oxygen Demand)	BOD Meter
	• Analisa kadar TDS (Total Dissolved Solid)	TDS Meter
	• Analisa pH	pH Meter
	• Analisa kesadahan air	<i>Water Hardness</i>
	• Analisa kandungan logam pada air	Testes
	• Analisa <i>specific gravity</i>	ASS

Beberapa instrumen utama yang digunakan dalam kegiatan laboratorium meliputi:

- 1) *Viscosimeter*, berfungsi untuk menentukan nilai kekentalan atau viskositas suatu zat cair.
- 2) pH meter, digunakan dalam pengukuran tingkat keasaman atau kebasaaan, baik pada air, bahan baku, maupun produk akhir.
- 3) *Turbidity meter*, dimanfaatkan untuk mengukur tingkat kejernihan atau kekeruhan pada sampel air.
- 4) BOD meter, berperan dalam mengukur konsentrasi Biochemical Oxygen Demand (BOD) yang terdapat dalam air.
- 5) *Hidrometer*, alat yang digunakan untuk mengukur berat jenis atau specific gravity dari suatu cairan.
- 6) Termometer, berguna dalam mencatat suhu dan mendeteksi perubahan temperatur pada sampel yang dianalisis.
- 7) Spektrofotometri, digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam sampel berdasarkan hubungan antara intensitas radiasi dan panjang gelombang cahaya yang diserap oleh zat tersebut.

- 8) Kromatografi gas (*Gas Chromatography*), dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan menganalisis komposisi zat dalam suatu campuran atau sampel.
- 9) *Water Content Analyzer*, alat ini digunakan untuk mengukur kadar air yang terkandung dalam bahan padat.

4.10 Kesehatan Keselamatan kerja dan Lingkungan Hidup

Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Perlindungan Lingkungan (K3LH) merupakan langkah strategis untuk menjamin bahwa para pekerja senantiasa berada dalam kondisi sehat dan aman selama menjalankan aktivitasnya di tempat kerja. Tak hanya terbatas pada karyawan, prinsip ini juga mencakup perlindungan terhadap individu lain yang berada di area kerja serta keamanan proses produksi yang dijalankan. Oleh karena itu, perhatian terhadap aspek K3LH harus dilakukan secara menyeluruh dan konsisten.

Sudah saatnya seluruh pemangku kepentingan, baik dari kalangan pengusaha, pekerja, maupun Kementerian Ketenagakerjaan dan Transmigrasi, meningkatkan komitmen terhadap penerapan sistem K3 secara optimal di seluruh sektor kerja di Indonesia. Pasalnya, Indonesia memiliki tingkat kecelakaan kerja tertinggi di kawasan Asia Tenggara, dengan implementasi standar K3 yang masih tergolong rendah (Rudjito dan Supriyanto, 2018). Tujuan utama dari keselamatan dan kesehatan kerja mencakup:

- a. Pengendalian risiko serta potensi bahaya yang dapat menimbulkan kecelakaan dan kerusakan
- b. Pencegahan insiden yang dapat membahayakan nyawa dan properti
- c. Perlindungan terhadap aset dan fasilitas
- d. Meminimalisasi kerugian yang dapat berdampak pada operasional perusahaan (Gozan, 2011).

Setiap perusahaan umumnya menetapkan kebijakan internal yang memastikan penerapan prinsip keselamatan, kesehatan, dan pengelolaan lingkungan kerja secara efektif, di antaranya melalui:

- a. Penerapan konsep peningkatan berkelanjutan
- b. Kesesuaian terhadap regulasi dan perundangan terkait keselamatan dan kesehatan kerja

- c. Komunikasi menyeluruh kepada seluruh pekerja agar mereka memahami dan menjalankan tanggung jawab terhadap keselamatan diri sendiri
- d. Transparansi informasi yang dapat diakses oleh pihak-pihak berkepentingan
- e. Evaluasi secara berkala untuk menjamin kebijakan tetap sesuai dengan dinamika perusahaan
- f. Perencanaan matang yang mencakup identifikasi potensi bahaya, penilaian risiko, serta penerapan pengendalian, yang seluruhnya terdokumentasi dan disesuaikan dengan kondisi aktual (Gozan, 2011).

Pabrik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* telah menerapkan kebijakan menyeluruh dalam hal perencanaan, pelaksanaan, serta pengawasan keselamatan terhadap alat produksi dan pekerja. Seluruh aspek tersebut berada di bawah koordinasi Unit Inspeksi Proses dan Keselamatan Lingkungan. Dukungan penuh dari manajemen perusahaan tercermin dalam keterlibatannya pada berbagai program pencegahan risiko, baik bagi keselamatan tenaga kerja, keamanan fasilitas dan aset, kelancaran aktivitas operasional, maupun perlindungan terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar area industri. Kebijakan ini dijalankan dengan merujuk pada ketentuan hukum yang berlaku, yaitu:

- 1) Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 dari Kementerian Tenaga Kerja tentang keselamatan kerja
- 2) Undang-Undang No. 2 Tahun 1951 dari Kementerian Tenaga Kerja terkait kompensasi atas kecelakaan kerja
- 3) Peraturan Pemerintah No. 4 Tahun 1982 dari Kementerian Negara Lingkungan Hidup tentang pengelolaan lingkungan hidup
- 4) Peraturan Pemerintah No. 29 Tahun 1986 mengenai pelaksanaan AMDAL, diterbitkan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup

Berbagai upaya yang dilakukan dalam rangka penerapan K3LH antara lain mencakup pengawasan terhadap keselamatan selama proses produksi berlangsung, pengelolaan serta tanggung jawab atas peralatan keselamatan kerja, peran sebagai pelatih dalam bidang keselamatan kerja, penyusunan rencana pencegahan kecelakaan, penyediaan prosedur darurat

untuk kebakaran dan insiden proses, serta pemantauan kualitas dan kuantitas limbah pabrik agar tidak mencemari lingkungan.

Tingkat keselamatan kerja yang baik akan berdampak langsung pada meningkatnya produktivitas karyawan. Hal ini terjadi karena jaminan keselamatan menciptakan rasa aman dan lingkungan kerja yang lebih nyaman. Maka dari itu, tanggung jawab untuk mewujudkan kondisi tersebut berada di tangan para perancang fasilitas produksi. Hal-hal penting yang harus dipertimbangkan dalam desain pabrik guna memastikan keselamatan kerja antara lain:

- Meminimalkan aktivitas pengangkutan bahan secara manual oleh pekerja
- Menyediakan pencahayaan yang memadai dan sistem ventilasi yang baik
- Menentukan jarak yang cukup antara mesin dan peralatan lainnya
- Menjamin bahwa area kerja bebas dari risiko tergelincir atau cedera
- Menambahkan sistem proteksi kebakaran pada setiap alat dan mesin
- Memasang tanda peringatan di area-area berbahaya
- Menyediakan jalur evakuasi dan fasilitas pengungsian dalam keadaan darurat

4.11 Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Layanan kesehatan dalam lingkungan industri merupakan salah satu fasilitas penunjang yang memiliki peran sangat krusial. Keberadaan sarana kesehatan yang layak mampu meningkatkan produktivitas tenaga kerja sekaligus menjadi garda terdepan dalam menghadapi kondisi darurat yang membahayakan jiwa. Fasilitas ini juga menjadi bagian dari langkah preventif perusahaan dalam merespons risiko kecelakaan kerja. Dengan tersedianya sistem penanganan medis yang cepat dan tepat, potensi kematian akibat kecelakaan kerja bisa dikurangi, sekaligus menekan beban biaya yang harus ditanggung perusahaan. Beberapa bentuk pelayanan kesehatan yang seharusnya tersedia di lingkungan pabrik antara lain:

1. Kotak P3K

Kotak pertolongan pertama wajib tersedia di setiap bagian produksi dan umumnya ditempatkan di ruang kantor masing-masing unit. Pemeriksaan terhadap kelengkapan isi kotak dilakukan secara berkala setiap bulan oleh petugas dari poliklinik serta tim keselamatan kerja. Perlengkapan di dalamnya meliputi ongion spray, celemek pelindung,

alat penekan lidah (tongue spatula), torniket, kasa steril, perban, sarung tangan lateks, serta kaca mata pelindung.

2. Petugas Pertolongan Pertama (P3K)

Setiap unit kerja memiliki petugas khusus yang ditunjuk untuk memberikan penanganan awal saat terjadi kondisi darurat yang mengancam keselamatan dan kesehatan karyawan. Mereka merupakan pihak pertama yang merespons insiden sebelum tindakan medis lanjutan dilakukan.

3. Kendaraan Darurat

Mobil darurat wajib tersedia dan dalam kondisi siap pakai kapan pun dibutuhkan untuk mengantar korban ke fasilitas kesehatan. Operasional kendaraan ini, termasuk perawatannya dan kelengkapan alat di dalamnya, menjadi tanggung jawab sopir yang bertugas secara bergiliran mengikuti jadwal shift.

4. Asuransi Kesehatan

Perusahaan idealnya memberikan perlindungan jangka panjang melalui program asuransi kesehatan bagi karyawan, seperti Jamsostek. Program ini mencakup perlindungan hari tua, kecelakaan kerja, kematian, dan jaminan perawatan kesehatan.

5. Fasilitas Poliklinik

Poliklinik perusahaan ditujukan untuk memberikan layanan medis yang menyeluruh dan berkesinambungan bagi karyawan beserta keluarganya. Layanan ini mencakup pengobatan penyakit umum serta penanganan masalah kesehatan yang berkaitan dengan aktivitas kerja.

6. Tenaga Medis

Pelaksanaan fungsi layanan kesehatan di perusahaan membutuhkan tenaga medis profesional. Dokter umum dan perawat menjadi bagian dari tim kesehatan yang berperan dalam memberikan bantuan medis dan mendukung keberlangsungan operasional layanan kesehatan.

7. Program Layanan Medis

Pelayanan medis yang disediakan oleh perusahaan merupakan bentuk perhatian terhadap kesejahteraan pekerja. Layanan ini mencakup pemeriksaan sebelum bekerja, pemeriksaan rutin secara berkala, pengecekan khusus untuk kondisi tertentu, serta tindakan medis terkait insiden di tempat kerja.

8. Kebutuhan Gizi Kerja

Pemenuhan kebutuhan kalori dan nutrisi para pekerja harus menjadi perhatian penting. Perusahaan sebaiknya memiliki kantin yang dikelola secara higienis oleh petugas khusus, dengan menu yang memenuhi prinsip gizi seimbang berdasarkan pola “4 sehat 5 sempurna” agar tenaga kerja dapat mempertahankan stamina dan kesehatannya selama beraktivitas (Pertiwi, 2016).

4.12 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik

Melalui tinjauan terhadap proses produksi di pabrik ini, ditemukan sejumlah potensi bahaya yang cukup kompleks. Ancaman tersebut berasal dari berbagai aspek, mulai dari kondisi lingkungan kerja, tahapan operasional produksi, hingga faktor manusia yang memiliki peran krusial dalam menjalankan proses secara aman dan efisien. Beberapa potensi bahaya yang teridentifikasi antara lain:

1. Risiko Terjatuh

Salah satu ancaman serius bagi pekerja adalah kemungkinan terjatuh dari ketinggian, yang dapat berujung pada cedera parah hingga kematian. Kondisi ini umum terjadi ketika aktivitas dilakukan di area tinggi, seperti saat menaiki tangga, mengakses bagian atas kendaraan pengangkut, atau melakukan pemeriksaan material di atas truk.

2. Tertimpa Benda

Kecelakaan akibat tertimpa barang bisa terjadi di beberapa lokasi kerja, khususnya di area penyimpanan perlengkapan. Rak penyimpanan yang digunakan untuk menata helm, sepatu, atau pakaian kerja (wear pack) dapat menimbulkan bahaya jika barang tidak disusun dengan baik, sehingga berpotensi jatuh dan mencederai pekerja di sekitarnya.

3. Paparan Bahan Kimia Berbahaya

Pekerja di unit produksi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* wajib siaga terhadap kemungkinan kecelakaan yang melibatkan bahan kimia. Bahaya ini bisa muncul akibat tumpahan, kebocoran dari pipa, tangki, atau peralatan, serta pelepasan gas hasil reaksi kimia yang tersebar di udara dan berisiko mengganggu kesehatan.

4. Tertabrak Kendaraan

Area pabrik menjadi lalu lintas aktif bagi kendaraan besar seperti truk pembawa bahan baku atau produk, serta forklift yang terus berpindah tempat. Mobilitas alat berat ini menjadi potensi bahaya tabrakan yang harus diwaspadai oleh seluruh pekerja.

5. Kontak dengan Permukaan Panas

Sumber panas yang berbahaya di lingkungan kerja bukan hanya berasal dari bahan kimia, tetapi juga dari peralatan produksi yang memancarkan suhu tinggi akibat proses pembakaran. Pekerja yang melakukan aktivitas dekat peralatan tersebut berisiko mengalami luka bakar jika tidak menggunakan pelindung yang sesuai.

6. Ancaman Kebakaran

Kebakaran bisa timbul dari berbagai sumber, seperti percikan api saat kegiatan pengelasan atau pemotongan logam di bagian pemeliharaan. Gudang penyimpanan bahan mudah terbakar juga menjadi area berisiko tinggi. Selain itu, hubungan arus pendek listrik dapat memicu percikan yang menimbulkan api (Pertiwi, 2016).

7. Ledakan

Ledakan termasuk dalam kategori bahaya besar karena dampaknya sangat merugikan. Pelepasan energi panas dalam ledakan bisa memicu kebakaran yang luas. Salah satu contoh nyata adalah potensi ledakan dari tabung elpiji di area dapur atau kantin perusahaan yang dapat meledak jika terjadi kelalaian (Pertiwi, 2016).

4.13 Faktor Bahaya di Sekitar Pabrik

Melalui analisis proses produksi di pabrik ini, muncul beberapa potensi bahaya yang bisa mengganggu kelancaran kerja atau bahkan membahayakan kesehatan tenaga kerja jika tidak dikelola dengan baik. Sumber bahaya tersebut berasal dari lingkungan kerja, metode produksi,

dan unsur manusia yang berperan penting dalam menjalankan operasi secara aman dan efisien. Berikut adalah potensi-potensi bahaya yang telah diidentifikasi:

1. Kebisingan

Suara bising di pabrik umumnya berasal dari mesin-mesin operasional. Pekerja yang berada di area berisik selama delapan jam sehari menghadapi risiko tinggi terhadap kerusakan pendengaran, bahkan tuli. Salah satu langkah mitigasi adalah menyediakan penutup telinga seperti ear plug di titik-titik area dengan tingkat kebisingan tinggi.

2. Pencahayaan

Penerangan pabrik dapat bersumber dari cahaya alami maupun buatan. Bila cahaya alami sudah mencukupi kebutuhan visual, lampu buatan dimatikan untuk efisiensi energi. Namun, area seperti kantor administrasi dan zona produksi yang memerlukan ketelitian tetap memerlukan pencahayaan tambahan agar aktivitas berjalan optimal.

3. Getaran Mekanis

Getaran dihasilkan oleh mesin atau alat mekanis yang digerakkan oleh motor. Getaran semacam ini dapat mengganggu kenyamanan kerja serta menurunkan produktivitas pekerja.

4.14 Sistem Keamanan Kerja

Perusahaan membangun sistem keselamatan kerja untuk melindungi karyawan dari bahaya yang ada. Fasilitas utama yang disediakan meliputi:

1. Alat Pelindung Diri (APD)

- Helm, digunakan untuk melindungi kepala dari benturan atau benda jatuh.
- Kacamata keselamatan (Safety Glass), ditujukan untuk pekerja di bagian maintenance, workshop, dan QC/laboratorium untuk melindungi mata dari percikan atau benda asing.
- Masker, dipakai untuk melindungi pekerja dari debu, gas beracun, atau zat korosif di udara.
- Sarung tangan, dipakai ketika pekerja menangani bahan langsung atau berpotensi menyebabkan iritasi atau luka akibat panas.
- Sepatu keselamatan (Safety Shoes), dipakai agar kaki terlindungi dari benda keras yang jatuh atau tumpahan bahan kimia.

2. Pengaman Mesin

Mesin produksi besar dilengkapi dengan pengaman seperti safety guard atau tombol emergency stop untuk mencegah kecelakaan kerja.

3. Penanggulangan Kebakaran

Untuk menangani bahaya kebakaran, perusahaan membentuk tim pemadam internal yang disesuaikan jumlah pekerjanya dengan besar unit produksi. Divisi ini berada di bawah pengelolaan SHE (Safety, Health & Environment) dan beroperasi mandiri dengan sistem terpadu yang mencakup:

a. Sistem Isyarat Bahaya Kebakaran

Dilengkapi sistem alarm kebakaran di tiap unit yang berbunyi saat kebakaran terjadi. Alarm ini dipasang di tempat strategis agar mudah terlihat dan diakses.

b. Peralatan Pemadam Kebakaran

- APAR (Alat Pemadam Api Ringan)

jenis foam dan powder tersedia di lokasi-lokasi penting. Setiap unit APAR dipasang pada ketinggian sekitar 150 cm dari lantai, berjauhan sekitar 15 meter satu sama lain, dan dilengkapi instruksi kerja (WI) yang mencantumkan jenis, tanggal pemeriksaan, dan tanggal kadaluarsa. Tempat gantungan APAR juga diberi nomor dan keterangan kondisi.

- Hydrant

Hydrant merupakan Pemadam yang diposisikan di lokasi strategis sekitar pabrik. Pemeriksaan dilakukan setiap dua minggu sekali oleh petugas keamanan untuk memastikan kondisi nozzle, sprayer, tekanan air, dan tanggal kadaluarsa. Air untuk hydrant berasal dari sumur dan tandon.

c. Regu Pemadam Kebakaran

Tim ini terdiri dari pekerja yang bertugas berdasarkan sistem shift, dengan minimal dua orang per shift. Koordinasi tanggung jawab kebakaran dilakukan oleh HSE dan *Safety Committee*.

4. Sistem Izin Kerja

Untuk pekerjaan berisiko tinggi, perusahaan menerapkan izin khusus seperti izin untuk pekerjaan panas, pengelasan, ketinggian, masuk ruang tertutup, atau kerja listrik. Pekerja wajib mengajukan izin terlebih dahulu kepada supervisor dan petugas keselamatan sebelum memulai pekerjaan.

5. Rambu dan Poster K3

Untuk menciptakan lingkungan kerja aman, perusahaan memasang poster dan rambu-rambu terkait K3 di area publik yang mudah terlihat oleh seluruh karyawan.

6. *Behavior Based Safety Management* (BBSM)

BBSM adalah program yang bertujuan mengubah perilaku pekerja agar mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Langkah-langkahnya meliputi pendataan perilaku berisiko, pengawasan oleh supervisor atau rekan kerja, dan monitoring kolektif. Program ini juga memberi penghargaan kepada pekerja yang menerapkan prinsip keselamatan dibanding sekadar menyelesaikan tugas cepat. Kendati demikian, BBSM dapat menimbulkan kekhawatiran bagi pekerja yang takut dilapor jika terjadi kecelakaan. BBSM mendidik pekerja agar sadar terhadap potensi risiko dan menggunakan kontrol administratif serta engineering untuk bekerja secara aman. Studi menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan BBSM mengalami penurunan angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja dari waktu ke waktu (Pertiwi, 2016).

4.15 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)

AMDAL merupakan suatu proses penelaahan terhadap potensi dampak signifikan dari sebuah kegiatan atau usaha yang direncanakan terhadap lingkungan, dan menjadi bagian penting dalam pengambilan keputusan terkait penyelenggaraan kegiatan tersebut. Dalam pelaksanaannya, AMDAL mencakup kajian terhadap berbagai aspek, antara lain kondisi fisik-kimia, ekologi, ekonomi-sosial, budaya masyarakat, serta kesehatan publik, sebagai pelengkap dalam studi kelayakan proyek atau aktivitas yang dirancang. Di satu sisi, analisis dampak lingkungan menjadi komponen integral dalam studi kelayakan guna memastikan kesiapan pelaksanaan suatu kegiatan. Di sisi lain, dokumen AMDAL juga berfungsi sebagai syarat administratif yang wajib dipenuhi guna memperoleh izin penyelenggaraan kegiatan atau usaha tersebut. Melalui analisis ini, pemangku kepentingan dapat memahami secara mendalam

besarnya potensi dampak, baik yang bersifat menguntungkan maupun yang berisiko merugikan terhadap kelestarian lingkungan (Pertiwi, 2016).

4.16 Instrumentasi

- Temperature Indicator (TI)

Temperature Indicator merupakan perangkat yang berfungsi untuk memantau dan menunjukkan besaran suhu dalam suatu sistem atau lingkungan tertentu.

Cara kerja:

Alat ini diterapkan pada sistem yang memerlukan pembacaan suhu yang sangat presisi dan kestabilan tinggi sepanjang proses berlangsung.

- Temperature Controller (TC)

Temperature Controller adalah instrumen yang digunakan untuk mengendalikan suhu atau mendeteksi perubahan sinyal baik secara mekanis maupun elektrik. Pengaturan suhu dicapai dengan mengendalikan jumlah material yang dimasukkan atau dikeluarkan dalam proses yang sedang berlangsung.

Cara kerja:

Aliran fluida yang masuk atau keluar dikendalikan melalui valve tipe diafragma. Laju aliran ini akan mengirimkan sinyal ke alat TC untuk membaca dan mengatur suhu pada titik yang telah ditentukan (set point).

- Pressure Controller (PC)

Pressure Controller merupakan alat yang berfungsi untuk menjaga kestabilan tekanan dalam suatu sistem, sekaligus dapat membaca tekanan atau mengubah sinyal berbasis gas menjadi bentuk mekanis. Pengendalian tekanan dilakukan dengan mengatur jumlah gas atau uap yang dilepaskan dari peralatan terkait.

Cara kerja:

PC bekerja dengan merespons tekanan uap yang menyebabkan valve diafragma terbuka atau tertutup. Gerakan pada valve ini lalu memberikan sinyal kepada alat PC guna membaca dan mengatur tekanan sesuai nilai set point yang telah ditetapkan.

- Flow Controller (FC)

Flow Controller adalah alat yang berguna untuk mengatur laju aliran fluida pada sistem perpipaan maupun unit proses lainnya. Kecepatan aliran dikontrol melalui pengaturan output dari sistem agar volume aliran dalam pipa dapat disesuaikan.

Cara kerja:

Laju aliran dikontrol oleh valve pengatur yang mengubah tekanan keluaran dari pompa. Tekanan ini mempengaruhi bukaan valve, lalu FC menerima sinyal tersebut untuk mengukur dan mengatur laju aliran agar sesuai dengan nilai set point.

- Level Controller (LC)

Level Controller merupakan perangkat yang dirancang untuk menjaga ketinggian fluida dalam suatu wadah atau tangki proses. Tinggi permukaan cairan dikontrol melalui pengoperasian katup kendali yang menyesuaikan aliran fluida masuk maupun keluar.

Cara kerja:

Volume aliran dikendalikan menggunakan control valve, dan besarnya aliran ini akan menghasilkan sinyal bagi LC untuk mengamati dan mengontrol ketinggian cairan berdasarkan nilai set point yang telah ditentukan.