

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

4.1.1 Fungsi Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Unit ini sangat berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir proses. Kebutuhan air pabrik *styrene monomer* ini dipenuhi oleh pasokan dari PT Sauh Bahtera Samudera yang berasal dari Laut Jawa dan Sungai Cibanten. Air tersebut digunakan untuk keperluan perkantoran dan air proses yang digunakan sebagai pendingin dan *steam* pada proses dehidrogenasi. Air yang digunakan untuk keperluan air proses sebelum digunakan diolah terlebih dahulu menjadi dua jenis oleh PT Sauh Bahtera Samudera yaitu:

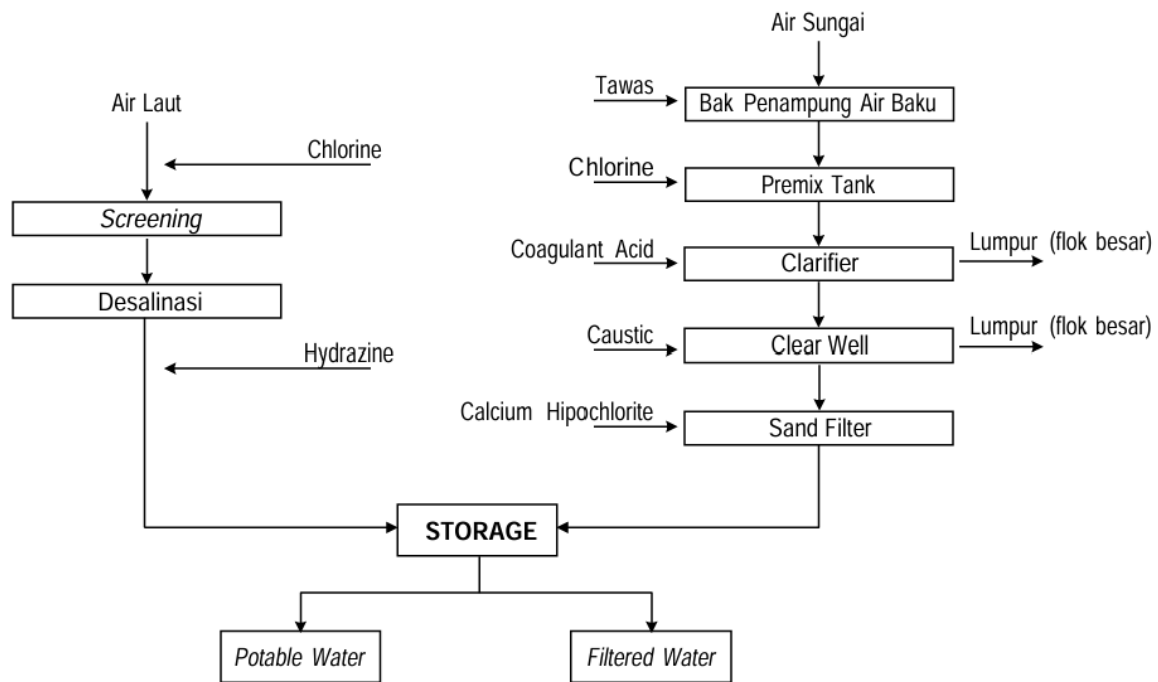
1. Potable Water

Potable water ini merupakan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan perkantoran seperti untuk air minum, mandi, dan cuci.

2. *Filtered Water*

Filtered water merupakan air yang digunakan dalam proses, misalnya untuk air pendingin dan air untuk proses dehidrogenasi.

Tahapan proses pengolahan air dilakukan oleh PT Sauh Bahtera Samudera sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Skema Pengolahan Air dari PT Sauh Bahtera Samudera

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik adalah untuk:

1. Air untuk Proses

Hal-hal yang diperhatikan dalam air proses :

- Kesadahan (*hardness*) yang dapat menyebabkan kerak
- Besi yang menimbulkan korosi
- Minyak yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan *film* yang mengakibatkan terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan

2. Air untuk Pendingin

Air pendingin adalah air yang digunakan sebagai pendingin pada alat penukar panas. Penggunaan pendingin dalam suatu industri mutlak dibutuhkan, karena media pendingin air mempunyai lebih banyak keuntungan dibanding media pendingin lain, maka air digunakan sebagai media pendingin dengan pertimbangan:

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dengan jumlah yang besar
- Mudah dalam pengaturan dan pengolahan
- Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan adanya temperatur pendinginan.

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada *cooling tower*. Kehilangan air

karena penguapan, terbawa tetesan oleh udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower* diganti dengan air yang disediakan oleh *filtered water storage*.

Air yang keluar dari *filtered water storage* dapat digunakan sebagai air pendingin. Air tersebut diproses sebagai air pendingin dan langsung digunakan sebagai media pendingin. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal di atas, maka ke dalam air pendingin tersebut diinjeksikan bahan-bahan kimia seperti berikut:

- Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak
- Klorin atau kaporit, berguna untuk membunuh mikroorganisme
- Zat dispersant, berguna untuk mencegah terjadinya penggumpalan atau pengendapan fosfat

Air yang sudah digunakan sebagai pendingin disirkulasi ke *cooling tower* untuk didinginkan dengan menggunakan udara atmosfer atau angin dari *fan*. Air yang turun dari *cooling tower* selanjutnya ditampung dalam bak air pendingin, kemudian disirkulasi kembali ke unit kondensor dan *heat exchanger*.

Tabel 4. 1 Syarat Baku Mutu Air Pendingin

No	Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
1	Konduktivitas	Mho/cm	<1000
2	Turbiditas	Ppm	<10
3	Suspended Solid	Ppm	<10
4	Hardness (CaCO ₃)	Ppm	<100
5	Iron	Ppm	<1,0
6	Residual Chlorine	Ppm	0,5 – 1,0
7	Silicate	Ppm	<150
8	Chromate	Ppm	1,5 – 2,5
9	pH	Ppm	6,5 – 7,5

Sumber: Setiadi, 2007

3. Air untuk Umpan Boiler

Steam pada prarancangan pabrik *styrene monomer* digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas pada alat penukar panas, *steam* diproduksi dengan menggunakan *boiler* dan ketel uap. Media pemanas yang digunakan untuk proses adalah *saturated steam*. Air sebagai umpan *boiler* diambil dari *boiler feed water* (air umpan *boiler*). Air umpan *boiler* adalah air yang dimasukkan atau ditambahkan ke dalam *boiler* untuk mengganti kehilangan air karena penguapan atau *blow down* (pembuangan air *boiler*) selama operasi berjalan. Jika umpan air *boiler* mutunya rendah,

maka dapat dapat menimbulkan kerak pada permukaan pipa atau seluruh sistem *boiler*. Sedangkan mutu air umpan *boiler*, ditentukan oleh kandungan bahan yang ada di dalam air tersebut. Persyaratan mutu air umpan boiler dapat dilihat pada Tabel 4.2.

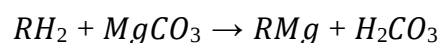
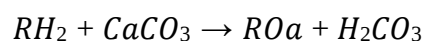
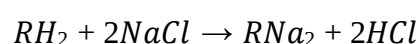
Tabel 4. 2 Syarat Mutu Air Umpan *Boiler*

No	Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
1	pH	Unit	10,5 – 115
2	TDS	Ppm	3500, Max
3	P-Alkalinity	Ppm	-
4	M-Alkalinity	Ppm	800, Max
5	O-Alkalinity	Ppm	2,5x SiO ₂ , Min
6	Silica	Ppm	150, Max
7	Besi	Ppm	2, Max
8	Phospat Residual	Ppm	20 – 50
9	Sulfite Residual	Ppm	20 – 50
10	pH Condensat	Unit	8,0 – 9,0

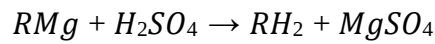
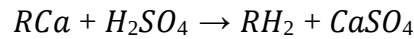
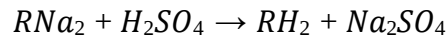
Sumber: Eonchemicals.com

Air dari *filtered water storage* kemudian masuk ke dalam *demineralizer* yang bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang masih terkandung di dalam air. Mineral yang dihilangkan antara lain Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, HCO³⁻, SO₄²⁻, dan Cl⁻ dengan menggunakan resin penukar anion dan kation. Air dari *filtered water storage* dipompakan ke *activated carbon filter* yang berisi karbon aktif yang tujuannya untuk menghilangkan kekeruhan, warna, bau, zat organik dan lain-lain. *Activated carbon filter* yang digunakan sebanyak 2 buah yang dipasang paralel dan bekerja secara bergantian. *Activated carbon filter* membutuhkan waktu 20 jam, sebelum dilakukan pencucian (*back wash*). Tujuan pencucian ini adalah menyingkirkan lapisan yang menutup permukaan karbon aktif.

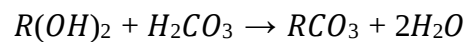
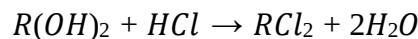
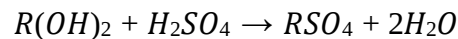
Air tersebut selanjutnya diumpankan ke dalam *cation exchanger*. *Cation exchanger* berfungsi untuk menghilangkan kation-kation yang berada dalam air, jenis kation yang perlu dihilangkan dalam air adalah: Mg²⁺ dan Ca²⁺. Dalam *cation exchanger* berisi resin resin asam lemah (metakrilat), yang menukar kation dengan ion H⁺ dengan reaksi sebagai berikut:



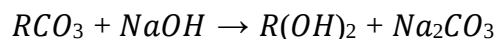
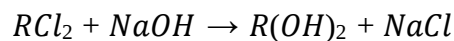
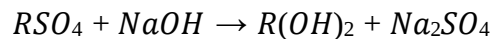
Resin yang telah jenuh diregenerasi menggunakan larutan asam (H_2SO_4), untuk mengikat H^+ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Air yang keluar dari *cation exchanger* kemudian diumpankan ke *anion exchanger* yang berfungsi menghilangkan kandungan asam yang terbentuk akibat air melewati *cation exchanger*. Kemungkinan jenis anion yang ditemui adalah: HCO_3^{3-} , CO_3^{2-} , Cl^- , NO^- , dan SiO_3^{2-} . *Anion exchanger* berisi resin basa lemah (aminopolistirena), yang menukar anion dengan ion OH^- . Reaksi yang terjadi:

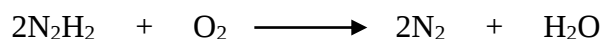


Resin yang telah jenuh diregenerasi menggunakan larutan basa ($NaOH$) untuk mengikat ion OH^- . Reaksi yang terjadi:



Air selanjutnya dikirim untuk diproses lebih lanjut sebagai BFW. Air umpan boiler masuk ke dalam deaerator. Pada *deaerator* diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- *Hidrazin* yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



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

- Larutan amonia yang berfungsi mengontrol pH

Air yang keluar dari *deaerator* pH-nya sekitar 8,5-9,5. Air umpan *boiler* yang keluar dari *deaerator*, kemudian diinjeksikan larutan fosfat ($Na_3PO_4H_2O$) untuk mencegah terbentuknya kerak *silica* dan *calsium* pada *boiler tube*. Sebelum diumpankan ke *boiler*, air tersebut terlebih dulu di beri dispersan.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah:

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi disebabkan air mengandung asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S yang masuk kebadan air.

- b. Zat yang menyebabkan kerak (*scale reforming*).

- c. Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

- d. Zat yang menyebabkan *foaming* dan *priming*.

Foaming adalah terbentuknya gelembung atau busa dipermukaan air dan keluar bersama *steam*. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bias menyebabkan besar. Efek pembusaan terjadi pada alakalinitas tinggi. *Priming* adalah adanya tetes air dalam *steam* (buih atau kabut) yang menghasilkan deposit kristal garam. *Priming* dapat disebabkan oleh konstruksi *boiler* yang kurang baik, kecepatan alir yang berlebihan atau fluktuasi tiba-tiba dalam aliran.

4. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan laboratorium, kantor dan domestik. Air sanitasi untuk perkantoran dan laboratorium juga harus memenuhi persyaratan tertentu. Air untuk sanitasi akan digunakan oleh karyawan pabrik, sehingga diperlukan air yang bersih dan bebas kandungan ion-ion yang berbahaya. Syarat mutu air sanitasi mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua, dan pemandian umum. Air sanitasi yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Syarat Baku Mutu Air Sanitasi

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat Padat Terlarut	Mg/l	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara 3
5	Rasa		Tidak berasa
6	Bau		Tidak berbau
7	Total Coliform	CFU/100ml	50
8	E.Coli	CFU/100ml	0
9	pH	Mg/l	6,5 – 8,5
10	Besi	Mg/l	1

11	Fluoride	Mg/l	1,5
12	Kesadahan (CaCO ₃)	Mg/l	500
13	Mangan	Mg/l	0,5
14	Nitrat, sebagai N	Mg/l	10
15	Nitrit, sebagai N	Mg/l	1
16	Sianida	Mg/l	0,1
17	Detergen	Mg/l	0,05
18	Pestisida Total	Mg/l	0,1
19	Air Raksa	Mg/l	0,001
20	Arsen	Mg/l	0,05
21	Kadmium	Mg/l	0,005
22	Kromium	Mg/l	0,05
23	Selenium	Mg/l	0,01
24	Seng	Mg/l	15
25	Sulfat	Mg/l	400
26	Timbal	Mg/l	0,05

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017

5. Air Hydrant

Salah satu bagian dari utilitas pabrik ini adalah air pemadam kebakaran (*hydrant*). Kebutuhan air untuk seksi ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Jadi, penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara rutin dan kontinyu, tetapi hanya bersifat *accidental*. Pada umumnya, air jenis ini tidak memerlukan persyaratan khusus.

4.1.2 Kebutuhan Air

a. Air Umpan Boiler

Kebutuhan air untuk *steam* pada pabrik *styrene monomer* ini disesuaikan berdasarkan perbandingan mol antara *steam* dan bahan baku *ethylbenzene* (6 : 1) yang telah disyaratkan untuk reaktor dan kebutuhan air untuk *steam* pada WHB yang telah dihitung pada neraca massa yakni sebesar:

$$= 31.915,478 \text{ kg/jam}$$

Diperkirakan BFW hilang karena *steam trap* dan kebocoran sebesar 10%. Maka kebutuhan BFW dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut sebesar:

$$= 110\% \times 31.915,478 \text{ kg/jam}$$

= 35.107,026 kg/jam

b. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air untuk Pendingin

Kebutuhan	Jumlah (kg)
Kondensor CD-201	1.795.202,804
Kondensor CD-301	715.107,952
Kondensor CD-302	27.731,682
Cooler C-201	9.188.203,452
Cooler C-301	83.839,072
Cooler C-303	1.585,971
Total	2.715.349,517

Kebutuhan air pendingin perlu mempertimbangkan mekanisme *blow down* sekaligus faktor kebocoran sebesar 10%. Kehilangan tersebut akan diganti dengan sistem *make up* di *cooling tower*. Sehingga kebutuhan air pendingin untuk operasi normal ialah sejumlah *make up* nya.

= 110% x 2.715.349,517 kg/jam

= 2.986.884,468 kg/jam

c. Kebutuhan *Chilled Water*

Kebutuhan *chilled water* dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4. 5 Kebutuhan *Chilled Water* untuk Pendingin

Kebutuhan	Jumlah (kg)
Cooler C-302	6.795,842
Cooler C-304	222,447
Total	7.018,290

d. Air Sanitasi

Perhitungan Kebutuhan air sanitasi:

- Air untuk karyawan

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 70 tahun 2016 tentang standar dan persyaratan kesehatan lingkungan kerja industri, sanitasi minimal perorang adalah 60 L/hari. Untuk 187 karyawan kantor dan pabrik diperlukan air sebanyak:

$$= 187 \text{ orang} \times 20 \text{ L/orang/hari}$$

$$= 3.740 \text{ L/hari}$$

$$= 3,74 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Air untuk laboratorium

Menurut Permen LHK No. 23 tahun 2020 tentang Laboratorium Lingkungan, dengan mengacu pada *Rule of Thumb* kebutuhan minimum air untuk laboratorium adalah 1,5 m³/hari.

- Air untuk Kebutuhan Tamu

Tidak dapat dipungkiri bahwa suatu perusahaan akan didatangi oleh tamu-tamu untuk keperluan tertentu sehingga kebutuhan air untuk tamu juga perlu diperhitungkan. Diasumsikan kebutuhan air untuk tamu sama dengan air untuk karyawan dan tamu datang perhari adalah 20 orang.

e. *Air Hydrant*

Air untuk pemadam kebakaran hanya akan digunakan pada saat terjadi suatu kebakaran sehingga penggunaan air ini tidak dilakukan secara rutin namun hanya bersifat *incidental*. Syarat air pemadam kebakaran adalah tidak mengandung padatan dan kotoran seperti pasir, batuan kerikil, maupun daun. Berdasarkan Peraturan SNI 03-1735-2000 tentang instalasi *hydrant* gedung mengatur tata cara pelaksanaan akses bangunan dan akses lingkungan untuk mencegah bahaya kebakaran pada bangunan gedung, pasokan air untuk *hydrant* paling minimal adalah 2400 liter/menit dan mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit. Jumlah air yang dibutuhkan dengan spesifikasi seperti itu adalah 108 m³. Dalam Peraturan SNI 03-1735-2000 juga menjelaskan bahwa satu pilar *hydrant* dapat melindungi area mencapai 1000 m². Pabrik *styrene monomer* direncanakan akan dibangun seluas 51.120 m² sehingga untuk jumlah total *hydrant* yang dibutuhkan adalah sebanyak 52 buah. Pada Peraturan SNI 03-1735-2000, *hydrant* kedua dan selanjutnya harus mampu mengalirkan air sebesar 1200 liter/menit. Maka jumlah air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air *hydrant* pada pabrik *styrene monomer* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Total air hydrant} &= ((1 \times 2400 \times 45) + (52 \times 1200 \times 45)) \text{ L} \\ &= 2.916.000 \text{ L} \\ &= 2.916 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.2 Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh area pabrik, pemenuhan kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN (Suplai dari Perusahaan Listrik Negara) dan sebagai cadangan adalah generator set (pembangkit tenaga listrik sendiri) untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi pada PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik yaitu berdasarkan pertimbangan:

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

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

- a. Daya lebih besar
- b. Tenaga listrik stabil
- c. Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
- d. motor 3 fasa harganya relatif lebih murah dan sederhana

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari:

1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
2. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
3. Listrik untuk penerangan dan perkantoran
4. Listrik untuk AC

Besarnya kebutuhan listrik masing-masing keperluan diatas diperkirakan sabagai berikut:

1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan keperluan pengolahan air diperkirakan sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Kebutuhan Energi untuk Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah	HP
Pompa umpan <i>mixer</i>	P-101	1	4
Pompa umpan <i>preheater</i>	P-102	1	4
Pompa umpan <i>boiler feed water</i>	P-201	1	5
Pompa umpan separator drum	P-202	1	3
Pompa umpan kolom distilasi I	P-301	1	3
Pompa refluks kolom distilasi I	P-302	1	3
Pompa hasil bawah distilasi I	P-303	1	3
Pompa refluks kolom distilasi II	P-304	1	3

Pompa hasil bawah distilasi II	P-305	1	3
Total		9	31

Kebutuhan listrik untuk proses sebesar 31 Hp.

Tabel 4. 7 Total Daya yang Dibutuhkan untuk Utilitas

Nama Alat	HP	Jumlah	Total HP
Pompa <i>raw water</i>	3	2	6
Pompa air pendingin	5	2	10
Pompa <i>chilled water</i>	5	2	10
Pompa air sanitasi	3	2	6
Pompa injeksi bahan kimia	2	4	8
Pompa pengolahan limbah	5	2	10
Pompa bahan bakar	2	2	4
Pompa <i>boiler</i>	5	2	10
Kompresor udara tekan	4	2	8
Pompa air lunak	2	1	2
<i>Fan cooling tower</i>	4	2	8
Total		21	82

Kebutuhan listrik untuk utilitas sebesar 82 Hp.

Jadi jumlah listrik yang dikonsumsi untuk keperluan proses dan utilitas sebesar 113 Hp. Diperkirakan kebutuhan listrik untuk alat yang tidak terdiskripsikan sebesar 10% dari total kebutuhan. Maka total kebutuhan listrik adalah sebesar 124,3 Hp atau sebesar $124,3 \text{ Hp} \times 0,7457 = 92,7 \text{ kW}$.

2. Listrik untuk Pengolahan Limbah

Diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 9,27 kW (10% dari total listrik kebutuhan proses).

3. Listrik untuk Laboratorium, bengkel, dan instrumentasi

Diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 13,91 kW (15% dari total listrik kebutuhan proses).

4. Listrik untuk penerangan, AC, dan peralatan listrik

Untuk menentukan besarnya tenaga listrik digunakan 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 dengan persamaan sebagai berikut:

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

dimana:

L = Lumen per outlet

Area = Luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (ft^2)

Cd = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/ft^2)

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Kebutuhan lumen penerangan pabrik ditunjukkan pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4. 8 Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik

Bangunan	Luas (m^2)	Luas (ft^2)	Cd	Lumen
Pos Keamanan	80	861,1	20	17.222
Kantor	900	9.687,6	50	484.380
Kantin	320	3.444,5	20	68.890
Mushola	420	4.520,9	10	45.209
Laboratorium	500	5.382,0	50	269.100
Bengkel	700	7.534,7	30	226.042
Aula	400	4.305,6	20	86.112
Ruang Kontrol	700	7.534,7	50	376.736
Poliklinik	250	2.691,0	50	134.550
Gudang Peralatan	650	6.996,6	10	69.966
Gudang Bahan Kimia	400	4.305,6	10	43.056
<i>Shelter Evakuasi/Muster Point</i>	200	2.152,8	10	21.528
Total Indoor	5520	59.417,1		1.842.791
Parkir Motor	900	9.687,6	5	48.438
Parkir Mobil	600	6.458,4	5	32.292
Area Proses	9000	96.876,0	20	1.937.520
Area Produk	3500	37.674,0	10	376.740
Area Bahan Baku	3500	37.674,0	10	376.740
Area Utilitas	4000	43.056,0	10	430.560
Unit Pengolahan Limbah	1200	12.916,8	10	129.168
Unit Transportasi	600	6.458,4	10	64.584
Unit Damkar	200	2.152,8	20	43.056

Taman dan Jalan	15000	161.460,0	2	322.920
Area Perluasan	6000	64.584,0	2	129.168
Area antar Bangunan	1100	11.840,4	5	59.202
Total Outdoor	45600	490.838,4		3.950.388
Total Luas	51120	550.255,5		5.793.179

Total lumen ruangan *indoor* = 1.842.791

Total lumen ruangan *outdoor* = 3.950.388

Lampu yang direncanakan untuk indoor ialah jenis lampu LED 20 Watt merk Philips, di mana tiap lampu lumennya 2100 (Sumber: <http://www.philips.co.in/LED/index.page>). Sedangkan untuk outdoor digunakan lampu Mercury 250 Watt dengan nilai Lumen 10.000 (Perry et al., 1986). Sehingga dapat dihitung jumlah lampu yang digunakan dan total daya penerangan lampu, sebagai berikut:

Kebutuhan Lampu *Indoor*

- Jumlah lampu yang dihasilkan = $1.842.791/2100$
= 877,52 lampu
= 878 lampu

Kebutuhan Lampu *Outdoor*

- Jumlah lampu yang digunakan = $3.950.388/10.000$
= 395,03 lampu
= 395 lampu

Kebutuhan Listrik

- Total daya penerangan *indoor* = $878 \times 20 \text{ watt}$
= 17.560 watt
= 17,56 kW
- Total daya penerangan *outdoor* = $395 \times 250 \text{ watt}$
= 98.750 watt
= 98,75 kW

Kebutuhan listrik untuk AC diawali terlebih dahulu dengan menghitung jumlah luas ruangan yang memakai AC, adapun jumlahnya terdapat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Jumlah Luas Ruangan yang Memakai AC

No	Area Ruangan	Luas (m ²)
1	Kantor	900

2	Laboratorium	500
3	Ruang Kontrol	700
4	Mushola	420
5	Poliklinik	250
6	Aula	400
TOTAL		3.170

Menghitung jumlah total beban kalor ruang dengan asumsi bahwa standar beban kalor ruangan per m² adalah sebesar 500 (BTU/hr m²). Sehingga didapat hasil perhitungan sebagai berikut:

- Total beban kalor ruang = $3.170 \text{ m}^2 \times 500 \text{ BTU/hr.m}^2$
= 1.585.000 BTU/hr

Direncanakan akan digunakan AC merek LG type Inverter Hercules (S-09LPBX) berukuran 1 pk dengan daya konsumsi listriknya sebesar 590 watt. Diketahui bahwa daya AC 1 pk nilai konversinya sama dengan 9000 BTU/hr. Sehingga dapat dihitung jumlah AC yang akan digunakan sebagai berikut:

- Jumlah AC yang digunakan = $1.585.000 \text{ BTU/hr} / 9.000 \text{ BTU/hr}$
= 176 buah
- Total daya AC = $176 \text{ buah} \times 590 \text{ watt/buah}$
= 103.840 W
= 103,84 kW

Selain itu terdapat pula penggunaan listrik untuk peralatan kantor seperti komputer, *printer*, server komputer, dan alat komputer untuk sistem DCS di *control room*. Asumsi yang digunakan untuk total daya penggunaan listrik tersebut adalah 10 kW. Total Kebutuhan listrik untuk penerangan, AC, dan peralatan listrik lainnya sebagai berikut:

Total Kebutuhan listrik untuk penerangan, AC, dan peralatan listrik

$$= (17,56 + 98,75 + 103,84 + 10) \text{ kW}$$

$$= 230,15 \text{ kW}$$

Total besar Kebutuhan listrik pada perancangan pabrik ini adalah sebesar:

$$\text{Total keb. Listrik} = \text{Listrik proses} + \text{Listrik utilitas} + \text{Listrik pengolahan limbah} + \text{Listrik}$$

$$\text{Laboratorium, bengkel \& Instrumentasi} + \text{Listrik penerangan, AC, dan peralatan listrik}$$

$$= (92,70 + 9,27 + 13,91 + 230,15) \text{ kW}$$

$$= 346,03 \text{ kW}$$

Generator

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut di atas diperoleh dari generator yang merupakan cadangan bila listrik dari PLN mengalami gangguan. Generator digunakan dengan efisiensi 80%.

$$\begin{aligned}\text{Input generator} &= 80\% \times 346,03 \\ &= 432,54 \text{ kW}\end{aligned}$$

Dibutuhkan generator dengan input sebesar 750 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia

$$\begin{aligned}&= (750 - 432,54) \text{ kW} \\ &= 317,46 \text{ kW}\end{aligned}$$

4.3 Unit Pengadaan Steam

Unit : Boiler
Tipe : Fire tube boiler
Fungsi : Membuat saturated steam
Tekanan : 476 Kpa = 4,69 atm
Temperatur : 150°C = 423,15 K

Total kebutuhan *steam* dapat dilihat pada Tabel 4.10. Untuk menjaga kemungkinan kebocoran pada saat distribusi jumlah steam dlebihkan sebanyak 10%.

Tabel 4. 10 Kebutuhan Steam dari WHB

Kebutuhan	Kebutuhan steam (kg)
Heater (HE – 301)	974,558
Reboiler (Re – 301)	1.318,600
Reboiler (Re – 302)	584, 433
Total	2.877,591
Total + air make-up	3.165,350

$$\begin{aligned}\text{Blow down} &= 10\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\ &= 0,1 \times 3.165,350 \text{ kg/jam} \\ &= 316,535 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Umpan air masuk boiler} &= \text{blow down} + \text{steam yang dihasilkan} \\ &= 316,535 \text{ kg} + 3.165,350 \text{ kg/jam} \\ &= 3.481,885 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kondensat yang kembali} &= 75\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\ &= 0,75 \times 3.165,350 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2.374,012 \text{ kg/jam} \\
 \text{Kondensat yang hilang} &= \text{steam yang dihasilkan} - \text{kondensat yang kembali} \\
 &= 3.165,350 - 2.374,012 \text{ kg/jam} \\
 &= 791,338 \text{ kg/jam} \\
 \text{Make-up air untuk boiler} &= \text{kondensat yang hilang} + \text{blow down} \\
 &= 791,338 + 316,535 \text{ kg/jam} \\
 &= 1.107,873 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 11 Kebutuhan *Steam* dari Boiler

Kebutuhan	Kebutuhan steam (kg)
Static Mixer (SM – 101)	25.987,433
Total	25.987,433
Total + air make-up	28.586,176

$$\begin{aligned}
 \text{Blow down} &= 10\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\
 &= 0,1 \times 28.586,176 \text{ kg/jam} \\
 &= 2.858,618 \text{ kg/jam} \\
 \text{Umpan air masuk boiler} &= \text{blow down} + \text{steam yang dihasilkan} \\
 &= 2.858,618 \text{ kg} + 28.586,176 \text{ kg/jam} \\
 &= 31.444,794 \text{ kg/jam} \\
 \text{Kondensat yang kembali} &= 75\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\
 &= 0,75 \times 28.586,176 \text{ kg/jam} \\
 &= 21.439,632 \text{ kg/jam} \\
 \text{Kondensat yang hilang} &= \text{steam yang dihasilkan} - \text{kondensat yang kembali} \\
 &= 28.586,176 - 21.439,632 \text{ kg/jam} \\
 &= 7.146,544 \text{ kg/jam} \\
 \text{Make-up air untuk boiler} &= \text{kondensat yang hilang} + \text{blow down} \\
 &= 7.146,544 + 2.858,618 \text{ kg/jam} \\
 &= 4.287,926 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

1. Perhitungan Kapasitas Boiler

Dari (Severn, 1950),

$$Q = m_s (hV - hf)$$

Dimana : Q = kapasitas boiler

m_s = massa steam

h = entalpi steam pada P dan T tertentu (Btu/lb)

h_f = entalpi steam pada 1 atm (Btu/lb)

Kondisi steam (Smith dkk., 2001) :

Temperatur = 423,15 K (150°C), $h_v = 2.745,4 \text{ kJ/kg} = 1.181,3235 \text{ Btu/lb}$

Make-up air pada suhu 303,15 K (30°C), $h_L = 125,7 \text{ kJ/kg} = 54,087 \text{ Btu/lb}$

Kondensat kembali pada suhu 403,15 K (130°C), $h_L = 546,38 \text{ kJ/kg} = 234,938 \text{ Btu/lb}$

Karena steam yang masuk terdiri dari 25% fresh feed (make up water) dan 75% kondensat, maka:

$$h_f = (0,25 \times H_{\text{liq } 303,15 \text{ K}}) + (0,75 \times H_{\text{liq } 403,15 \text{ K}})$$

$$\begin{aligned} h_f &= (0,25 \times 54,087) + (0,75 \times 234,938) \text{ Btu/lb} \\ &= 189,725 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 28.586,176 \times (1.181,3253 - 189,725) \\ &= 28.349.333,85 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Efisiensi boiler 80% jadi panas yang diperlukan untuk pembentukan steam:

$$\begin{aligned} Q &= 28.349.333,85 \times 80\% \\ &= 35.436.667,31 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan energi pada dua peralatan utama, yaitu Furnace dan Boiler. Pemilihan jenis bahan bakar didasarkan pada ketersediaan, nilai kalor, kemudahan penanganan, serta efisiensi operasional.

4.4.1 Furnace

Furnace menggunakan bahan bakar berupa gas alam (natural gas) dengan komposisi Metana (CH_4) sebesar 75% mol dan Etana (C_2H_6) sebesar 25% mol. Pemilihan natural gas sebagai bahan bakar furnace didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

- 1) Nilai kalor yang tinggi.
- 2) Mudah didapat di kawasan industri.
- 3) Tidak memerlukan penyimpanan khusus karena menggunakan sistem perpipaan.
- 4) *Pipeliene* yang telah terintegrasi dengan sistem suplai bahan baku pabrik.

Kebutuhan bahan bakar furnace dihitung berdasarkan beban panas total yang harus dipenuhi, nilai HHV bahan bakar, dan efisiensi furnace sebesar 78%.

Tabel 4. 12 Kebutuhan Bahan Bakar *Furnace*

Parameter	Nilai	Satuan
Jenis Bahan Bakar	Gas Alam (Natural Gas)	-
HHV	1.204	Btu/scf
Efisiensi Furnace	78%	-
Beban Panas Total	22.951.284,161	kJ/jam
Beban Panas Total	21.754.771,717	Btu/jam
Kebutuhan Bahan Bakar	23.165,060	scf/jam
Kebutuhan Bahan Bakar	555.961,454	scf/hari

4.4.2 Boiler

Boiler utilitas berfungsi untuk menghasilkan steam jenuh yang dibutuhkan dalam proses produksi. Bahan bakar yang digunakan adalah Fuel Oil No. 2, yang dipilih berdasarkan ketersediaannya di pasar industri serta nilai kalornya yang memadai untuk kebutuhan boiler.

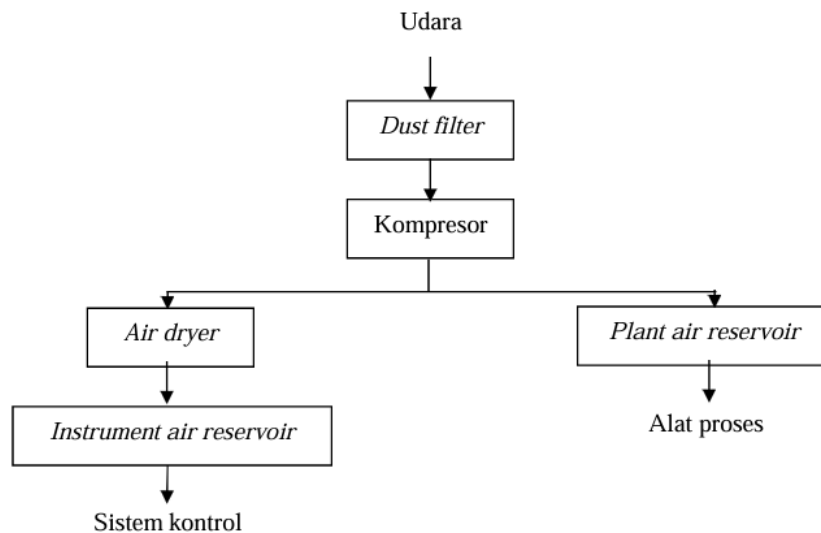
Kebutuhan bahan bakar boiler dihitung berdasarkan beban panas yang diperlukan untuk menghasilkan steam, nilai HHV Fuel Oil No. 2, dan efisiensi boiler.

Tabel 4. 13 Kebutuhan Bahan Bakar *Boiler* Utilitas

Parameter	Nilai	Satuan
Jenis Bahan Bakar	Fuel Oil No. 2	-
HHV	140.000	Btu/gal
Efisiensi Boiler	80%	-
Massa Steam	28.865,024	kg/jam
λ Steam Jenuh	2.745,4	kJ/kg
Beban Panas Boiler	79.246.035,82	kJ/jam
Beban Panas Boiler	75.109.392,75	Btu/jam
Kebutuhan Bahan Bakar	670,62	gal/jam
Kebutuhan Bahan Bakar	89,65	ft ³ /jam
Kebutuhan Bahan Bakar	2.538,58	L/jam
Kebutuhan Bahan Bakar	60.925,81	L/hari

4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan

Kebutuhan udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi seperti menggerakkan *control valve* yang dikendalikan dengan sistem kontrol, maupun udara untuk peralatan proses, serta untuk pembersihan peralatan pabrik di bengkel pabrik disuplai dari kompresor IA/PA yang dibagi menjadi dua, yaitu untuk kebutuhan instrumentasi dan kebutuhan *plant* (proses). Perbedaan pengolahan udara untuk instrumentasi dengan untuk kebutuhan alat proses yaitu udara tekan untuk instrumentasi harus bersifat kering, tidak boleh mengandung air sehingga harus masuk ke *air dryer* dengan media berupa *activated alumina* atau *silica gel*. Dan untuk proses dari kompresor ditampung di *Plant Air Reservoir*. Diagram alir proses pengolahan udara tekan di pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Alir Proses Pengolahan Udara Tekan

4.6 Unit Laboratorium

Laboratorium memiliki peranan sangat besar didalam suatu pabrik untuk memperoleh data-data yang diperlukan. Data-data tersebut digunakan untuk evaluasi unit-unit yang ada, menentukan tingkat efisiensi, dan untuk pengendalian mutu. Pengendalian mutu atau pengawasan mutu di dalam suatu pabrik pada hakekatnya dilakukan dengan tujuan mengendalikan mutu produk yang dihasilkan agar sesuai dengan standar yang ditentukan. Pengendalian mutu dilakukan mulai dari bahan baku, saat proses berlangsung dan juga pada hasil atau produk.

Pengendalian rutin dilakukan untuk menjaga agar kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dengan pemeriksaan secara rutin

juga dapat diketahui apakah proses berjalan normal atau menyimpang. Jika diketahui analisis produk tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dengan mudah dapat diketahui atau diatasi. Laboratorium mempunyai tugas pokok antara lain:

- a. Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan pengontrol kualitas produk.
- b. Sebagai pengontrol terhadap proses produksi.
- c. Sebagai pengontrol terhadap mutu air pendingin, air umpan waste heat boiler dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium melaksanakan kerja 24 jam sehari dalam kelompok kerja shift dan non-shift.

1) Kelompok Shift

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisis-analisis rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya, kelompok ini menggunakan sistem bergilir, yaitu sistem kerja shift selama 24 jam dengan dibagi menjadi 3 shift dalam 4 regu kerja. Masing-masing shift bekerja selama 8 jam.

2) Kelompok non shift

Kelompok ini mempunyai tugas analisis khusus yaitu analisis yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan di laboratorium. Dalam rangka membantu kelancaran pekerjaan kelompok shift, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas antara lain:

- a. Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.
- b. Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

1. Dalam menjalankan tugasnya, bagian laboratorium dibagi menjadi:

1) Laboratorium Fisik

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

2) Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan mengenai sifat kimianya. Analisis yang dilakukan antara lain kadar kandungan kimiawi dalam produk utama, dan kadar kandungan kimiawi dalam produk samping.

3) Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian misalnya diversifikasi produk, dan perlindungan terhadap lingkungan.

Analisa yang dilakukan untuk pengendalian mutu bahan baku antara lain:

1) Densitas (SNI 8247:2016)

Alat : Hidrometer

Standard : $0,865 \text{ kg/m}^3$

Cara pengujian :

- a. Menuang sampel ke dalam gelas ukur 1 liter (usahakan tidak terbentuk gelembung).
- b. Memasukkan hydrometer yang telah dipilih sesuai dengan sampel.
- c. Memasukkan hydrometer terapung pada sampel sampai konstan lalu membaca skala pada hydrometer tersebut.
- d. Mengkonversi menggunakan table yang tersedia.

2) Viskositas

Alat : Viskosimeter tube, bath, stopwatch, thermometer

Standard : $0,62 \text{ Cp}$

Cara pengujian:

- a. Mengisikan sampel dengan volume tertentu (sesuai dengan kapasitas kapiler) ke dalam viskosimeter *tube* yang telah dipilih.
- b. Memasukkan sampel ke dalam bath, diamkan selama 15 menit agar temperatur sampel sesuai dengan temperatur bath/temperature pengetesan.
- c. Pengetesan dilakukan dengan mengalirkan sampel melalui kapiler sambil menghitung alirnya.

Analisa yang dilakukan untuk pengendalian mutu produk antara lain:

1) Kromatografi Cair (*Liquid Chromatography*)

Sampel produk yang akan diuji dimasukkan ke dalam alat kromatografi cair. Selanjutnya sampel akan melewati sebuah kolom yang berisi bahan kimia (stationary phase) dimana rantai hidrokarbon akan tertarik ke dalam fase diam. Di dalam kolom inilah rantai-rantai hidrokarbon akan mengalir lebih lama dengan waktu tempuh yang berbeda-beda untuk setiap jenis sampel tergantung dari bahan kimia penyusunnya, dari sinilah dapat teridentifikasi secara elektronik senyawa yang terkandung di dalam sampel.

2) Analisa kualitas air.

Air yang dianalisis meliputi air baku, air demineralisasi, air konsumsi dan sanitasi, dan juga air limbah. Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, sulfat, silica, dan konduktivitas air.

Alat-alat yang digunakan dalam laboratorium analisis air ini antara lain:

- 1) pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman dan kebasaan air (Netral).
- 2) Spektrofotometer, digunakan untuk mengetahui konsentrasi suatu zat padat terlarut dalam air. (Maks. 500 mg/L).

- 3) Peralatan titrasi, untuk mengetahui jumlah kandungan klorida, kesadahan dan alkalinitas. (Kesadahan 500 mg/l), (Alkalinitas 80 – 200 mg/l), (Klorida 2 – 3 mg/l).
- 4) *Conductivity meter*, untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air. (0 – 200 $\mu\text{s/cm}$).

Air umpan boiler juga diuji oleh laboratorium ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat (SiO_2), kandungan Mg^{2+} , dan Ca^{2+} .

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit ini merupakan salah satu unit yang harus disediakan oleh suatu pabrik. Limbah yang dihasilkan di pabrik stirena ini terdiri atas empat jenis, yakni limbah yang berupa gas, cair, padat, dan limbah B3.

1) Limbah Gas

1. *Purge Gas Recovery Unit (PRGU)*

Fase gas yang keluar dari separator drum masih mengandung H_2 dimana gas ini memiliki nilai jual yang tinggi. Recovery hidrogen dilakukan dengan sistem PSA karena dapat menghasilkan H_2 dengan kemurnian 99,9% dengan nilai *recovered* H_2 hingga 90% (Baboo, 2016).

2. *Purging Stack*

Sistem pengolahan limbah gas yang dirancang pada perancangan pabrik *styrene* ini menggunakan fasilitas cerobong (*stack*) pada alat proses drum separator. *Stack* digunakan untuk membuang sisa gas yang tidak terkondensasi dari kondensor parsial CD-01 dan berbentuk pipa vertikal yang tinggi agar gas mengalir dengan mudah.

2) Limbah Cair

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik stirena antara lain adalah limbah dari bahan baku, produk, air buangan sanitasi, air buangan proses, dan air yang tercampur dengan minyak bahan bakar.

a. Limbah cair domestik

Limbah cair domestik berasal dari toilet disekitar pabrik dan perkantoran akan dibuang ke septic tank. Sedangkan limbah-limbah cair dari kantin akan dibuang ke saluran drainase.

b. Residu dari bahan baku, proses, dan produk

Zat-zat kimia cair yang berasal dari bahan baku, produk, tetesan maupun rembesan alat-alat proses serta buangan laboratorium ditampung di dalam bak penampung. Limbah dari proses dehidrogenasi ini merupakan limbah yang bersifat biodegradable dalam sistem aerobik. Pengolahan yang dilakukan adalah secara biologis dengan sistem aerobik di dalam suatu reaktor dimana limbah cair tersebut akan teroksidasi dengan bantuan bakteri aerobik dan dengan

pemanasan dari luar sehingga dapat diolah menjadi air dan CO atau CO₂ dengan mengalirkan udara ke dalam reaktor (Wesley E., 2000).

c. Oli atau pelumas bekas

Oli atau pelumas yang telah dipakai dikirim ke pendaur ulang pelumas bekas yang bersertifikasi sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Akan tetapi, apabila sistem pengolahan limbah ini tidak berjalan maka pelumas bekas akan disimpan dahulu di dalam drum yang diletakkan dalam gudang khusus hingga ditemukan pendaur ulang pelumas bekas ini.

3) Limbah Padat

Limbah padat berasal dari kegiatan domestik. Limbah padat dari kegiatan domestik dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah.

4) Limbah B3

Limbah B3 memerlukan penanganan khusus dalam pengolahannya sebelum dibuang ke lingkungan karena sifatnya yang beracun, mudah terbakar, reaktif, dan korosif sehingga dapat merusak, mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia. Berdasarkan sifat dari limbah B3 tersebut, limbah yang paling berpotensi menjadi limbah B3 dalam pabrik ini adalah katalis bekas dari kegiatan proses produksi.

Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun, serta dikarenakan pengolahan limbah B3 tidak dapat dilakukan sendiri, maka limbah B3 tersebut akan diserahkan ke lembaga pengolah limbah yang dalam hal ini adalah PT Siskem Aneka Indonesia yang terletak di Bekasi, Jawa Barat.

4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

Undang-undang No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja menetapkan bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapatkan perlindungan demi keselamatan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional. Untuk mencapai hal itu perlu mengambil langkah-langkah yang pada prinsipnya adalah melakukan pencegahan dan penanggulangan terhadap kemungkinan terjadinya bahaya.

4.8.1 Jenis Bahaya

Jenis bahaya di tempat kerja bermacam-macam, seperti:

- a. Bahaya zat kimia baik berupa gas maupun cairan yang beracun atau mudah terbakar.
- b. Debu-debu di sekitar tempat kerja yang dapat mengganggu pernafasan.
- c. Aliran listrik tegangan tinggi.
- d. Kebisingan yang melebihi ambang batas pendengaran.

- e. Mesin-mesin yang bekerja tanpa alat pengaman sehingga menimbulkan bahaya mekanis.
- f. Peralatan yang bekerja pada tekanan dan suhu yang tinggi sehingga dapat menimbulkan peledakan dan kebakaran.
- g. Penerangan/lampu yang kurang memadai.
- h. *House keeping* yang tidak baik mengakibatkan tempat kerja kotor serta alat – alat yang tidak teratur sehingga menyulitkan dalam penanggulangan kebakaran dan kecelakaan.
- i. Jam kerja yang berlebihan dan kerja rutin sehingga dapat menyebabkan kelelahan dan kejenuhan.

4.8.2 Sebab Kecelakaan

1. Kesalahan Manusia (*Human Error*)
 - a. Kurangnya pengetahuan
 - b. Kelalaian dan sikap meremehkan
 - c. Kekurangmampuan atau ketidakpuasan
 - d. Kekurangan peralatan dan sarana
 - e. Bekerja tanpa diberi wewenang
 - f. Memakai jalan pintas
 - g. Tidak mematuhi peraturan
2. Kondisi yang Tidak Aman (*Unsafe Condition*)
 - a. Peralatan pelindung yang tidak memenuhi standar keselamatan
 - b. Bahan dan peralatan yang rusak atau cacat
 - c. Bising
 - d. Terlalu sesak
 - e. Ventilasi dan penerangan yang kurang
 - f. Perawatan yang jelek
 - g. Tidak mematuhi peraturan
 - h. Paparan radiasi
3. Lain-Lain (*Force Majeure*)
 - a. Bencana alam
 - b. Kerusakan (demonstrasi)

4.8.3 Kerugian Akibat Kecelakaan Kerja

1. Aspek Manusia (*Human Aspect*)
 - a. Ketegangan
 - b. Sakit
 - c. Kehilangan upah

- d. Mengadakan pengeluaran ekstra
 - e. Menjadi cacat tetap, tidak mampu bekerja
 - f. Meninggal dunia
 - g. Efek ke keluarga dan sanak saudara
2. Aspek Keuangan (*Financial Aspect*)
- a. Kehilangan pekerja ahli dan berpengalaman
 - b. Kerugian akibat produksi
 - c. Kehilangan profit
 - d. Pengeluaran untuk menggantikan pekerja
 - e. Menaikkan premi asuransi
 - f. Klaim asuransi dari pihak ketiga bila dampaknya sampai keluar perusahaan

4.8.4 Program Kecelakaan Nihil

Sebagai usaha mencapai nihil kecelakaan, harus didukung oleh semua jajaran karyawan dari bawah sampai ke atas untuk ikut aktif dan bertanggung jawab terhadap program K3 yang diarahkan kepada pengamatan perbaikan terhadap ketimpangan yang ada dalam perencanaan, pengorganisasian, pengembangan, dan pengawasan secara terpadu dalam semua kegiatan perusahaan.

Aktivitas yang dilakukan untuk mencapai nihil kecelakaan di antaranya adalah:

1. Penerapan sistem manajemen K3 pada operasional perusahaan
2. Pembinaan, pengawasan, dan pengembangan K3
3. Mengidentifikasi dan mengintervensi sumber-sumber bahaya
4. Membuat standar-standar K3
5. Membuat analisis data dan permasalahan K3
6. Menyediakan peralatan K3
7. Menyerahkan surat izin keselamatan kerja
8. Pemeriksaan alat angkat dan alat angkut
9. Melaksanakan *safety* kontak, *safety talk*, *safety patrol*, dan *safety promotion*
10. Membuat *safety poster* dan *safety sign*
11. Melaksanakan pengukuran/ evaluasi K3

4.8.5 Alat Pelindung Diri

Alat pelindung diri bukan merupakan alat untuk menghilangkan bahaya di tempat kerja, tetapi hanya merupakan usaha pencegahan dan eliminasi kontak antara bahayadan tenaga kerja sesuai dengan standard kerja yang ditetapkan. Sesuai dengan UU No.1 tahun 1970 tentang

Keselamatan Kerja, penyediaan alat pelindung diri adalah menjadi kewajiban dan tanggung jawab bagi pengusaha atau pimpinan perusahaan.

Macam-macam alat pelindung diri yaitu:

1. Topi Keselamatan

Topi keselamatan berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan kemungkinan tertimpa benda-benda yang jatuh, melindungi bagian kepala dari kejutan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena bahan kimia yang berbahaya.

2. Alat pelindung mata (*eye goggle*)

Alat pelindung mata berfungsi untuk melindungi mata terhadap benda yang melayang, geram, percikan, bahan kimia, dan cahaya yang menyilaukan. Juga dipakai di tempat yang berdebu menggerinda, memahat, mengebor, membubut, di mana terdapat bahan atau bahan kimia berbahaya, termasuk asam atau alkali, pengelasan.

3. Pelindung muka (*face shield*)

Pelindung muka berfungsi untuk melindungi muka dari dahi sampai batas leher dari bahan-bahan yang berbahaya, antara lain bahan kimia berbahaya, pancaran panas, sinar ultraviolet, dan infra merah.

4. Pelindung telinga

Pelindung telinga berfungsi untuk melindungi terhadap kebisingan dimana bila alat tersebut tidak dipergunakan dapat menurunkan daya pendengaran dan ketulian yang bersifat tetap. Ada dua jenis pelindung telinga:

- a. *Ear Plug* yang digunakan untuk daerah dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB.
- b. *Ear Muff* yang digunakan untuk daerah dengan tingkat kebisingan lebih besar dari 95 dB.

5. Pelindung pernapasan

Alat pelindung pernapasan berfungsi untuk melindungi mulut dan hidung dari berbagai gangguan yang dapat membahayakan karyawan. Terdiri dari:

- a. Masker kain, dipakai di tempat kerja di mana terdapat debu pada ukuran lebih dari 10 mikron.
- b. Masker dengan filter debu, digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan dapat menyaring debu pada ukuran rata-rata 0,6 mikron sebanyak 98%.
- c. Masker dan filter untuk debu dan gas, digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan gas asam, uap bahan organik, fumes, asap, dan kabut. Dapat menyaring debu pada ukuran rata-rata 0,6 mikron sebanyak 99,9% dan dapat menyerap gas/ uap/ fumes sampai 0,1% volume atau 10 kali konsentrasi maksimum yang diizinkan.

- d. Masker gas dengan tabung penyaring (*canister filter*), digunakan untuk melindungi mata, hidung, mulut dari gas/ uap yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan kerja. Syarat pemakaian:
 - 1) Tidak boleh untuk pekerjaan penyelamatan korban atau dipergunakan di ruangan tertutup.
 - 2) Tidak boleh digunakan bila kontaminasi gas tidak dikenal atau di daerah dengan kontaminasi lebih dari 1% untuk ammonia.
 - 3) Konsentrasi oksigen harus di atas 16%.
 - 4) Tabung penyaring yang dipergunakan harus sesuai dengan kontaminasi uap/gas.
- e. Masker gas dengan udara bertekanan dalam tabung (*self containing breathing apparatus*), digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas/ uap/ fumes yang dapat menimbulkan gangguan keselamatan dan kesehatan karyawan. Syarat pemakaian:
 - 1) Digunakan di daerah dengan konsentrasi oksigen kurang dari 16%.
 - 2) Digunakan bilamana kontaminasi tidak bisa diserap dengan pemakaian tabung penyaring (kontaminasi > 1%).
 - 3) Dapat digunakan untuk penyelamatan korban.
 - 4) Waktu pemakaian 30 menit.
- f. Masker gas dengan udara tekan yang dibersihkan (*supplied air respirator*), digunakan di daerah yang konsentrasi oksigennya rendah, kontaminasi gas/uap yang tinggi dan dapat dipergunakan terus-menerus selama suplai udara dari pabrik (*plant air*) tersedia.
- g. Masker gas dengan udara dari blower yang digerakkan tangan (*a hand operated blower*). Khusus digunakan di daerah yang kadar oksigennya kurang, kontaminasi uap/ gas/ fumes yang tinggi dan dapat dipergunakan terus-menerus sepanjang blower diputar. Pengambilan udara blower harus dari tempat bersih dan bebas dari kontaminasi.

6. Pelindung Kepala

Alat pelindung kepala berfungsi untuk melindungi kepala dari berbagai bahaya yang dapat membahayakan karyawan. Terdiri dari:

- a. Kerudung kepala (*hood*), digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka terhadap kotoran bahan lainnya yang dapat membahayakan maupun yang dapat mengganggu kesehatan karyawan.
- b. Kerudung kepala dengan alat pelindung pernafasan, digunakan di daerah kerja yang berdebu, terdapat gas/uap/fumes yang tidak lebih dari 1% volume atau 10 kali dari konsentrasi maksimum yang diizinkan.

- c. Kerudung kepala anti asam atau alkali, digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka dari percikan bahan kimia yang bersifat asam atau alkali.

7. Sarung Tangan

Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya fisik, kimia, dan listrik.

Terdiri dari:

- a. Sarung tangan kulit, dipakai bila bekerja dengan benda yang kasar dan tajam.
- b. Sarung tangan asbes, digunakan bila bekerja dengan benda yang panas.
- c. Sarung tangan katun, digunakan bila bekerja dengan peralatan oksigen.
- d. Sarung tangan karet, digunakan bila bekerja dengan bahan kimia yang berbahaya, korosif, dan iritatif.
- e. Sarung tangan listrik, digunakan bila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik.

8. Sepatu Pengaman

Sepatu pengaman digunakan untuk melindungi kaki dari gangguan yang membahayakan karyawan di tempat kerja. Terdapat dari:

- a. Sepatu keselamatan, digunakan untuk melindungi kaki dari benda yang keras atau tajam, luka bakar karena bahan kimia yang korosif, tertembus benda tajam dan/atau untuk menjaga agar seseorang tidak jatuh terpeleset oleh minyak atau air.
- b. Sepatu karet, dipergunakan untuk melindungi kaki dari bahan kimia berbahaya.
- c. Sepatu listrik, digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terdapat bahaya.

9. Baju Pelindung

Baju pelindung yang tahan terhadap asam atau alkali (warna kuning), digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan bahan kimia yang berbahaya baik asam maupun alkali. Baju pelindung terhadap percikan pasir digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan pasir pada saat membersihkan logam dengan semprotan pasir.

4.8.6 Pembagian Kelompok Kerja K3

Untuk mengatasi akibat yang ditimbulkan oleh jenis-jenis bahaya yang telah dipaparkan sebelumnya, maka diperlukan kesatuan kelompok kerja dalam sistem terpadu. Sistem keselamatan kerja di lingkungan Pabrik melibatkan enam kelompok kerja yaitu:

- a. Bagian keselamatan dan pemadam kebakaran (*fire and safety*)
- b. Bagian pemeliharaan dan lapangan
- c. Bagian kesehatan
- d. Bagian ekologi

Selain kelompok kerja di atas, sangat penting juga adanya kesadaran dari seluruh karyawan untuk mencegah serta menghindari adanya bahaya yang dapat merugikan diri sendiri, orang lain maupun perusahaan. Untuk mengingatkan para karyawan, maka setiap pagi dan sore selalu dibacakan pesan-pesan keselamatan kerja oleh bagian keselamatan dan pemadam kebakaran.

4.8.7 Bagian Keselamatan dan Pemadam Kebakaran

Bagian ini berkedudukan di bawah divisi inspeksi dan keselamatan yang dibagi menjadi dua seksi yaitu seksi pencegahan dan seksi penanggulangan kecelakaan atau kebakaran.

Bagian ini dilengkapi sarana penunjang seperti:

- a. Mobil ambulan
- b. Kendaraan pemadam kebakaran, fire truck multi purpose dan fire jeep precure
- c. Jaringan air hidran dari kawasan pabrik sampai perumahan
- d. Masker gas dan debu, safety goggle dan ear plug
- e. Racun api, pendeteksi api dan peralatannya
- f. Kotak PPPK
- g. Poster-poster keselamatan

4.8.8 Bagian Keamanan

Bagian keamanan terdiri dari dua pasukan yaitu pasukan penjagaan, pasukan penyelidikan dan pasukan penanggulangan. Tugas utama dari bagian ini adalah menjaga keamanan lingkungan.

4.8.9 Bagian Pemeliharaan dan Lapangan

Bagian ini menyediakan sarana bagi karyawan berupa perlengkapan kerja, misalnya pakaian kerja dan peralatan lainnya. Bagian ini juga menyediakan konsultasi bagi karyawan yang ditangani oleh seorang psikolog.

4.8.10 Bagian Kesehatan

Bagian ini dilengkapi dengan dokter umum, perawat dan dokter gigi, bertugas untuk memberikan pelayanan kesehatan kepada seluruh karyawan dan keluarga.

4.8.11 Bagian Ekologi

Bagian ini bertugas untuk menjaga kelestarian lingkungan dan mencegah terjadinya pencemaran lingkungan baik pencemaran udara maupun suara.

4.8.12 Bagian Perbendaharaan dan Asuransi

Bertugas mengurus masalah asuransi tenaga kerja dan pemberian santunan kepada karyawan yang mendapatkan musibah kecelakaan. Dengan adanya asuransi ini diharapkan akan memberikan rasa aman kepada karyawan dalam menjalankan tugasnya.

4.8.13 Lingkungan Hidup

Limbah yang dihasilkan dari pabrik stirena ini berupa limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik ini antara lain limbah buangan sanitasi. Air buangan sanitasi berasal dari perkantoran dan kawasan pabrik seperti air bekas pencucian, air masak dan lain-lain. Penanganan limbah ini tidak memerlukan hal khusus karena seperti limbah rumah tangga lainnya, air buangan ini tidak mengandung bahan – bahan kimia yang berbahaya.

4.9 Instrumentasi

Instrumentasi adalah peralatan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang sangat penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Beberapa instrumentasi yang harus ada dalam pabrik styrene monomer adalah LIC (*Level Indicator Control*) pada Tangki penampungan dan *decanter*, FIC (*Flow Indicator Control*) pada Pompa, TIC (*Temperature Indicator Control*) pada *vaporizer*, *furnace*, kondensor, *heat exchanger*, reaktor dan PIC (*Pressure Indicator Control*) pada reaktor.