

BAB IV

UTILITAS

4.1 Unit Utilitas

Unit utilitas atau pendukung proses merupakan elemen penting dalam menunjang kelancaran proses produksi di dalam pabrik. Pada pabrik monopropilen glikol yang dirancang, unit utilitas meliputi penyediaan air (termasuk air pendingin, air konsumsi dan sanitasi, air umpan boiler, serta air proses), penyediaan steam, penyediaan listrik, bahan bakar, dan fasilitas laboratorium.

4.1.1 Unit Penyediaan Air

Sumber air utama yang digunakan di pabrik monopropilen glikol ini adalah air laut, yang diambil dari lokasi laut terdekat dengan area pabrik. Pemilihan air laut sebagai sumber air didasarkan pada beberapa alasan, yaitu:

- a. Ketersediaan dalam jumlah besar dengan biaya yang relatif rendah.
- b. Lokasi laut yang dekat mempermudah distribusi.
- c. Pengelolaan dan pengolahannya cukup mudah.
- d. Tidak mengalami dekomposisi.
- e. Kemampuannya dalam menyerap panas dalam jumlah besar per satuan volume.

Air laut yang telah melalui proses pengolahan akan disimpan dalam bak penampungan. Air bersih dari bak ini akan digunakan untuk keperluan pendinginan, air umpan boiler, air proses, serta kebutuhan konsumsi dan sanitasi.

4.1.1.1 Air Pendingin

Air pendingin digunakan dalam sistem heat exchanger sebagai media penurun suhu. Dalam penggunaannya, air laut harus melalui proses pengolahan karena mengandung:

- a. Partikel besar seperti organisme laut dan konstituen lain.
- b. Partikel mikro atau mikroorganisme laut (misalnya alga) yang dapat menimbulkan *fouling* pada peralatan.

Untuk mencegah terjadinya *fouling* pada alat penukar panas, air laut perlu diproses secara fisik dan kimia melalui teknologi desalinasi.

4.1.1.2 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air berkualitas tinggi yang harus diolah dan ditangani secara cermat. Pada pabrik ini, *Boiler Feed Water* (BFW) juga diperoleh dari hasil pengolahan air laut.

BFW digunakan untuk menghasilkan *steam* yang berfungsi sebagai pemanas dalam *reboiler*. Beberapa aspek penting yang harus diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler antara lain:

a. Korosi Pada Boiler

Korosi dapat merusak permukaan logam secara signifikan. Korosi yang terjadi di dalam boiler disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam dan garam-garam tertentu yang terlarut. Penyebab utama korosi adalah pH yang rendah, garam-garam terlarut, padatan tersuspensi, serta gas-gas yang terlarut dalam air seperti O₂, CO₂, dan lain-lain.

b. Kandungan Penyebab Kerak (*scale reforming*)

Kerak pada boiler terbentuk dari endapan zat pengotor atau suspensi yang menempel pada permukaan perpindahan panas, kemudian melekat pada logam dan menjadi keras. Kerak dapat mengakibatkan terjadinya *local over-heating*.

c. Kandungan Penyebab Pembusaan (*foaming*)

Pembentukan busa (*foaming*) adalah terbentuknya gelembung di permukaan air dalam drum boiler akibat kontaminasi bahan organik atau kontrol kimia yang tidak optimal. Busa dapat mempersempit ruang pelepasan uap-panas (*steam release space*) dan dapat menyebabkan terbawanya air serta kotoran bersama uap air. Air hasil desalinasi belum memenuhi standar sebagai air umpan boiler, maka perlu dilakukan proses lanjutan berupa demineralisasi (penghilangan ion mineral) dan deaerasi (penghilangan gas terlarut). Air umpan boiler harus memenuhi kriteria tertentu agar tidak menimbulkan masalah dalam operasional boiler.

4.1.1.3 Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Air yang digunakan untuk keperluan air minum, laboratorium, irigasi taman, hidran, dan cadangan harus memenuhi standar kualitas tertentu. Air untuk konsumsi dan sanitasi wajib memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan bakteriologis. Melalui proses desalinasi dan klorinasi, air laut dapat diolah sehingga layak digunakan untuk kebutuhan konsumsi dan sanitasi. Syarat-syarat tersebut mengikuti Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 – Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Parameter Fisis dalam STandar Baku Mutu Air (Permenkes No.32, 2017)

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (<i>total dissolved solid</i>)	mg/L	1.000
4.	Suhu	°C	± 30
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

Tabel 4.2 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Air (Permenkes No.32, 2017)

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

Tabel 4.3 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Air (Permenkes No.32, 2017)

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

4.1.1.4 Unit Pengolahan Air

Pengolahan air untuk kebutuhan pabrik meliputi pengolahan secara fisik dan kimia, penambahan disinfektan maupun penggunaan *ion exchanger*. Pengolahan air memiliki beberapa tahapan, yaitu:

a. Saringan Awal

Pada tahap awal, air laut yang diambil akan melalui proses penyaringan awal untuk menghilangkan padatan-padatan kasar yang terbawa air laut.

b. Koagulasi

Pada tahap koagulasi, air yang tersaring kemudian dialirkan menuju bak penampungan untuk melewati proses koagulasi dimana pada proses ini akan terjadi penggumpalan. Umumnya koagulan yang digunakan adalah Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) atau tawas. Koagulan tersebut adalah garam yang terbuat dari perpaduan basa lemah dan asam kuat. Karena berasal dari perpaduan basa lemah dan asam kuat, sehingga air yang memiliki suasana basa akan dengan mudah terhidrolisa.

Selain penambahan koagulan tawas penambahan kapur juga dilakukan pada air. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses flokulasi. Kapur dapat berfungsi sebagai komponen yang memberikan sifat alkalis kedalam air sehingga bisa menghilangkan kesadahan karbonat di dalam air. Karena sifatnya yang basa, dapat mempermudah terjadinya penggumpalan. Tujuan dari proses flokulasi adalah untuk mengendapkan *impurities* yang terdispersi koloid dalam air dengan cara menggumpalkannya menggunakan koagulan.

c. Unit Desalinasi

Kebutuhan air konsumsi umum, air sanitasi dan air umpan boiler menggunakan teknologi *Reverse Osmosis* untuk menghasilkan air kebutuhan pabrik, unit desalinasi ini terdapat di pinggir pantai untuk memudahkan proses

pengambilan air laut.

Ada beberapa teknologi proses yang telah banyak digunakan yaitu:

- 1) Desalinasi air laut dengan proses *membrane reverse osmosis*
- 2) *Multi Effect Evaporation*
- 3) Proses Pertukaran Ion

Proses ini dilakukan pertama kali pada pengolahan air jika sumber air diambil dari laut dan berada di pinggir pantai yang bertujuan untuk memudahkan pengambilan air laut. Teknologi yang digunakan adalah teknologi *membrane reverse osmosis*. Dalam membran RO (*Reverse Osmosis*) tersebut terjadi proses penyaringan dengan ukuran molekul, yaitu partikel yang molekulnya lebih besar dari molekul air misalnya molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan terikat kedalam air buangan (*reject water*). Berdasarkan hal tersebut air yang akan masuk kedalam membran RO harus mempunyai persyaratan tertentu seperti kekeruhan harus nol, kadar besi harus lebih kecil 0,1 mg/L, pH harus dikontrol agar tidak terjadi pengendapan kalsium dan lainnya. Air baku (air laut) terutama yang berasal dari dekat pantai, masih mengandung padatan tersuspensi, mineral, plankton dan partikel lainnya harus diolah pendahuluan sebelum diproses dengan RO.

- Penyaringan

Air yang sudah dicampurkan dengan Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) akan menuju *travelling screen* untuk menghilangkan padatan dan partikel-partikel kecil yang terbawa air laut agar tidak menimbulkan *fouling*. Selanjutnya, sebagian air dipompa menuju unit proses untuk digunakan sebagai air pendingin dengan sistem terbuka (*once through cooling system*). Air pendingin dari proses langsung dibuang ke laut, sehingga tidak ada kebutuhan *make-up* air pendingin.

- *Reverse Osmosis*

Setelah melewati tahap pre-treatment, sebagian air dialirkan menuju *reverse osmosis* bertujuan untuk memisahkan air dari kandungan garam melalui *membrane semi permeable*. Proses RO dapat berlangsung apabila umpan diberi tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya. Air laut yang memasuki unit RO akan menghasilkan air bersih dengan perbandingan 2:1, hasil samping dari RO berupa *brine* yang kemudian dikembalikan ke laut. Setelah melewati proses ini air dipompa ke bak penampungan air bersih.

Air bersih dari bak penampungan dapat digunakan sebagai air konsumsi

dan sanitasi, sedangkan untuk air umpan boiler dan air proses akan melewati proses demineralisasi. Total kebutuhan air terdapat pada Tabel 4.4 – Tabel 4.8.

Tabel 4.4 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Reaktor (R-01)	5.785,836
2.	Condenser (Cd-01)	40.903,484
3.	Condenser (Cd-02)	3.291,134
4.	Condenser (Cd-03)	3.081,748
5.	Cooler (CO-01)	4.193,386
6.	Cooler (CO-02)	457,273
7.	Cooler (CO-03)	1.512,913
Total		59.225,773

Tabel 4.5 Kebutuhan Air Umpan Boiler

No.	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Heat Exchanger-01	1.194,028
2.	Heat Exchanger-02	357,029
3.	Heat Exchanger-05	2.591,247
4.	Heat Exchanger-06	2.230,087
5.	Reboiler-01	3.908,125
6.	Reboiler-02	3.056,176
Total		13.336,692

Tabel 4.6 Kebutuhan Air Konsumsi dan Sanitasi

No.	Jenis Kebutuhan Air	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Air untuk karyawan	240
2.	Air untuk bengkel, klinik, masjid, kantin	208,3
3.	Air untuk laboratorium	208,3
4.	Air untuk kebersihan dan lingkungan	208,3
Total		864,9

Tabel 4.7 Kebutuhan Air Proses

No.	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	TK-02	9.469,697
Total		9.469,697

Tabel 4.8 Kebutuhan Air Total

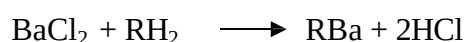
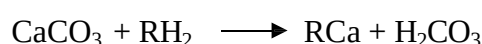
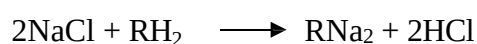
No.	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Air pendingin	59.225,773
2.	Air umpan <i>boiler</i>	13.336,692
3.	Air konsumsi dan sanitasi	864,9
4.	Air Proses	9.469,697
Total		82.897,062

d. Unit Demineralisasi

Air tawar hasil dari proses desalinasi dibagi menjadi dua aliran sesuai dengan kebutuhan: satu untuk keperluan air minum dan sanitasi, dan satu lagi untuk kebutuhan air umpan boiler serta air proses. Air yang digunakan untuk boiler dan proses harus memiliki kualitas tinggi—bebas dari zat yang dapat menimbulkan kerak (endapan), tidak menyebabkan korosi, bebas bakteri, dan tidak memicu pembentukan busa. Karena itu, air baku dari hasil desalinasi masih perlu melalui proses pemurnian tambahan sebelum digunakan. Tahapan pengolahan air agar dapat digunakan sebagai air proses meliputi:

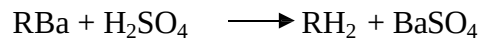
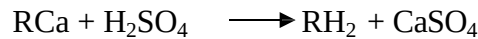
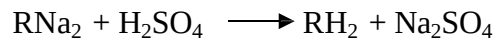
- *Kation Exchanger*

Kation Exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion positif yang terlarut dalam air lunak. Alat ini berupa silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion. Resin yang digunakan adalah C249/S80 dengan notasi RH_2 . Adapun reaksi terjadi di dalam *kation exchanger* adalah sebagai berikut:



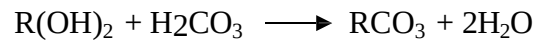
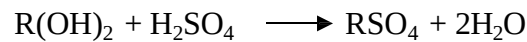
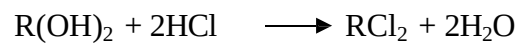
Apabila resin sudah jenuh, maka pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 2%, Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi

adalah sebagai berikut:

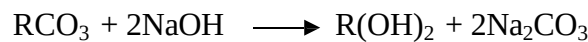
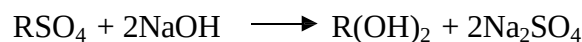
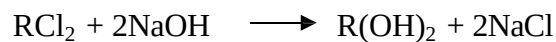


- *Anion Exchanger*

Alat ini hampir sama dengan *Kation Exchanger*, namun memiliki fungsi yang berbeda yaitu mengikat ion-ion negatif yang ada dalam air lunak. Resin yang digunakan adalah jenis M-500 dengan notasi R(OH)_2 . Reaksi yang terjadi di dalam *anion exchanger* adalah sebagai berikut:



Pencucian resin yang sudah jenuh digunakan larutan NaOH 4%. Reaksi yang terjadi saat regenerasi adalah sebagai berikut:



- Deaerasi

Air yang telah bebas dari kation dan anion kemudian dialirkan ke dalam tangki deaerator. Tujuan proses ini adalah untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2), yang dapat menyebabkan korosi pada peralatan. Penghilangan gas dilakukan dengan pemanasan, dan gas-gas tersebut dikeluarkan ke udara bebas. Air yang sudah bebas dari gas kemudian disalurkan ke tangki penyimpanan untuk digunakan sebagai air proses.

Bahan-bahan yang ditambahkan untuk mencegah terjadinya korosi dan kerak, antara lain:

- Hidrazin (N_2H_4)

Zat ini berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas terlarut terutama gas oksigen sehingga dapat mencegah korosi alat proses. Adapun reaksi yang terjadi adalah:



- NaH_2PO_4

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



4.1.2 Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit penyediaan udara tekan ini memiliki tujuan untuk memasok udara tekan yang dibutuhkan dalam sistem instrumentasi *pneumatic*, bengkel, dan kebutuhan umum lainnya. Dalam pabrik monopropilen glikol, udara tekan digunakan sebagai instrumentasi *pneumatic*. Unit ini berfungsi untuk memenuhi dua kebutuhan utama, yaitu sebagai instrument air yang digunakan dalam sistem kendali otomatis berbasis pneumatik, serta sebagai plant air untuk keperluan umum seperti pencucian peralatan (flushing) dan pengoperasian peralatan pneumatik (*pneumatic tools*).

Tahapan pengadaan udara tekan dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pendinginan dan Pemisahan Air

Setelah melalui proses kompresi, udara menjadi panas. Oleh karena itu, udara dialirkan ke aftercooler guna menurunkan suhunya. Penurunan suhu ini menyebabkan terjadinya kondensasi sebagian uap air yang terkandung dalam udara.

2. Pengeringan Udara (*Air Dryer*)

Untuk keperluan sistem instrumentasi, udara harus dikeringkan lebih lanjut melalui instrument air dryer (I/A dryer). Tahap ini bertujuan untuk mengurangi kandungan uap air yang dapat menimbulkan korosi pada peralatan kendali dan mengganggu keandalan system.

3. Kompresi Udara

Udara dari atmosfer diambil dan dimampatkan menggunakan air compressor untuk meningkatkan tekanannya hingga mencapai tekanan operasional sistem, yang umumnya berada pada kisaran 6–8 bar, khususnya untuk aplikasi instrumentasi pneumatik.

4. Penyimpanan di Buffer Tank

Sebagai langkah akhir, udara bersih dan kering disimpan dalam buffer tank untuk menstabilkan tekanan dan volume sebelum dialirkan ke sistem distribusi. Buffer ini berperan penting dalam menjaga kontinuitas pasokan udara, khususnya saat terjadi fluktuasi kebutuhan.

5. Penyimpanan Awal pada Air Receiver

Udara bertekanan kemudian disalurkan ke dalam receiver tank yang berfungsi sebagai wadah penampung sementara untuk menstabilkan tekanan, menyimpan cadangan udara, dan memisahkan kandungan air serta partikel-partikel kasar sebelum udara dikeringkan.

6. Proses Penyaringan (*Air Filter*)

Udara yang telah dikeringkan selanjutnya disaring menggunakan micro filter untuk menghilangkan partikel mikro, minyak, dan kontaminan lainnya yang dapat merusak komponen pneumatic.

4.1.3 Unit Pengadaan *Steam*

Steam digunakan sebagai media pemanas pada *reboiler* dalam proses produksi. Produksi *steam* dilakukan di *boiler*. Jenis *steam* yang digunakan adalah *High Pressure Saturated Steam*. Banyaknya kebutuhan *steam* pada pabrik ini adalah 13.336,692 kg/jam dengan kondisi tekanan 4,7 atm dan suhu 150°C. Tabel kebutuhan steam pabrik monopropilen glikol sebagai berikut:

Tabel 4.9 Kebutuhan Steam Pabrik Monopropilen Glikol

No.	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	<i>Heat Exchanger-01</i>	1.194,028
2.	<i>Heat Exchanger-02</i>	357,029
3.	<i>Heat Exchanger-05</i>	2.591,247
4.	<i>Heat Exchanger-06</i>	2.230,087
5.	<i>Reboiler-01</i>	3.908,125
6.	<i>Reboiler-02</i>	3.056,176
Total		13.336,692

a. Perancangan *Boiler*

Boiler dirancang untuk memenuhi kebutuhan *steam* proses. *Steam* yang dihasilkan memiliki kondisi sebagai berikut:

$$T = 150^{\circ}\text{C} = 302^{\circ}\text{F}$$

$$P = 4,7 \text{ atm}$$

Boiler yang digunakan adalah jenis *water tube boiler*

- Perhitungan luas penampang perpindahan panas

Daya yang diperlukan *boiler* untuk menghasilkan *steam* dihitung dengan persamaan 4.1 (Severn & Degler, 1964).

$$Daya = \frac{ms(h - hf)}{970,3 \times 34,5}$$

Keterangan:

ms = massa *steam* yang dihasilkan (lb/jam) = 29.402,338 lb/jam
h = entalpi *steam* pada P, T tertentu (btu/lbm) = 1.180,7839 btu/lbm
hf = entalpi umpan (btu/lbm) = 271,7974 btu/lbm

Umpan air terdiri dari air laut yang telah diproses dengan suhu 35°C (h = 27,013 btu/lbm) dan kondensat.

Daya yang dibutuhkan = 3,6807 hp

Luas bidang pemanasan = 12 ft²/h

Total *heating surface* = 3,4195 ft²

- Perhitungan Kapasitas Boiler

Q = ms (h-hf)
= 29.402,3381 x (1180,78 – 271,797)/1000
= 28.197,7693 btu/jam

- Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah *Fuel Oil*

Heating value = 1.355,4870 lb/jam

Densitas = 980 kg/m³

Jumlah bahan bakar *Fuel Oil* untuk memenuhi kebutuhan panas di boiler sebanyak 627,3863 L/jam.

b. Spesifikasi Boiler

Kode : B
Fungsi : Menghasilkan kebutuhan *steam* untuk keperluan proses
Tipe : *Water tube boiler*
Jumlah : 1 buah
Heating surface : 3,4195 ft²
Kapasitas : 28.197,7693 kJ/jam
Tekanan *steam* : 4,7 atm
Kebutuhan BBM : 0,6274 m³/jam
Suhu *steam* : 150°C
Efisiensi : 80%
Bahan bakar : *Fuel Oil*

4.1.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *boiler* dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah *Solar*. Kebutuhan solar sebesar 127,8959 lb/hr. Bahan bakar untuk *boiler* adalah *Fuel Oil* dengan kebutuhan sebesar 627,3863 L/jam.

Sumber bahan bakar berasal dari Pertamina dan distributor resminya. Pemilihan jenis bahan bakar ini mempertimbangkan beberapa aspek utama, yaitu:

- Ketersediaan pasokan yang stabil
- Kemudahan akses dari lokasi pabrik
- Kemudahan dalam sistem distribusinya

Kebutuhan bahan bakar dapat diperkirakan sebagai berikut.

a. Kebutuhan bahan bakar *boiler*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis bahan bakar} &= \text{Fuel Oil} \\
 \text{Heating value} &= 1.355,4870 \text{ Btu/lb} \\
 \text{Efisiensi pembakaran} &= 80\% \\
 \text{Kapasitas boiler} &= 28.197,7693 \text{ kJ/jam} \\
 \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{\text{Kapasitas boiler}}{\text{Efisiensi} \times \text{heating value} \times \rho} \\
 &= 627,3863 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan bahan bakar untuk *generator*

$$\begin{aligned}
 \text{Jenis bahan bakar} &= \text{Solar} \\
 \text{Heating value} &= 19.561,49 \text{ Btu/lb} \\
 \text{Efisiensi pembakaran} &= 80\% \\
 \text{Kapasitas generator} &= 847 \text{ kW} \\
 \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{\text{Kapasitas generator}}{\text{Efisiensi} \times \text{heating value} \times \rho} \\
 &= 127,8959 \text{ lb/hr}
 \end{aligned}$$

4.1.5 Unit Pengadaan Listrik

Unit ini berperan dalam menyediakan energi listrik yang digunakan untuk mengoperasikan peralatan proses, sistem pengolahan air, peralatan elektronik seperti AC, serta kebutuhan penerangan di pabrik. Kebutuhan listrik pabrik ini sebesar 336,12 kW per jam yang disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan dari *generator* sebagai cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan.

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik monopropilen glikol dipenuhi oleh PLN dan *generator* pabrik. *Generator* yang digunakan adalah *generator* arus bolak-balik dengan pertimbangan:

- a. Dapat menghasilkan daya listrik dalam jumlah besar
- b. Tegangan yang dihasilkan dapat disesuaikan (dinaikkan atau diturunkan) sesuai dengan kebutuhan operasional

Kebutuhan Listrik di pabrik ini terdiri dari:

- Listrik untuk sistem penerangan
- Listrik untuk laboratorium dan instrumen kontrol
- Listrik untuk menjalankan proses produksi dan unit utilitas
- Listrik untuk berbagai peralatan elektronik lainnya
- Listrik untuk pengoperasian pendingin ruangan (AC)

Besarnya kebutuhan listrik masing-masing keperluan tersebut dapat diperkirakan sebagai berikut:

- a. Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Pabrik monopropilen glikol beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Kebutuhan listrik unit proses dan utilitas selama setahun dihitung dalam satuan kilowatt jam (kWh) dengan menyesuaikan kebutuhan tiap peralatan proses. Masing-masing kebutuhan listrik unit proses dan utilitas disajikan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses

Alat	Jumlah	Total Daya		
		(Hp/alat)	(Hp)	(kWh)
Reaktor	1	5,00	5,00	3,7285
Cooler	3	2,00	6,00	4,4742
Flash Drum	1	2,00	2,00	1,4914
Heat Exchanger	6	1,00	6,00	4,4742
Menara Distilasi	2	10,00	20,00	14,9140
Pompa Tangki	11	1,00	11,00	8,2027
Penyimpanan	6	0,50	3,00	2,2371
Total		128,75	53,00	39,5221

Tabel 4.11 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas

Alat	Jumlah	Total Daya		
		(Hp/alat)	(Hp)	(kWh) 1
Compressor	1	40,00	10,00	7,4570
Boiler	1	40,00	40,00	29,8280
Tangki Penyimpanan	1	0,50	2,00	1,4914
Pompa	6	1,00	1,00	0,7457
Cooling Tower	1	10,00	1,00	0,7457
Total		43,00	63,00	40,2678

Jadi, kebutuhan Listrik yang digunakan untuk memenuhi kegiatan pada unit proses dan utilitas sebesar 79,790 kW. Kebutuhan listrik untuk alat yang tidak terdeskripsikan diperkirakan sebesar 20% dari total kebutuhan. Maka, total kebutuhan listrik unit proses dan utilitas sebesar 159,57 kW

b. Listrik untuk Penerangan

Kebutuhan daya listrik untuk penerangan yang berada di pabrik dapat diketahui dengan pendekatan berdasarkan efikasi cahaya (*luminous efficacy*), yaitu kemampuan sumber cahaya dalam menghasilkan cahaya tampak (lumen) dari energi listrik.

Penentuan besar intensitas penerangan digunakan persamaan:

$$E = \frac{Q}{A}$$

Dengan:

E : Intensitas penerangan, lux

Q : *Flux* cahaya, lumen

A : Luas permukaan bidang, m²

Menurut Tukiman dkk (2015). Penentuan jumlah armature titik lampu digunakan persamaan:

$$N = \frac{1,25 \cdot E \cdot A}{Q \cdot nLB \cdot nR}$$

Dengan:

N : Jumlah *armature* titik lampu

1,25 : Faktor perencanaan

E : Intensitas penerangan, *lux*
A : Luas permukaan bidang, m²
Q : *Flux* Cahaya, lumen
nLB : Efisiensi *armature*, %
nR : Faktor utilitas ruangan, %

Tabel 4.12 Penentuan Jumlah Lumen Pabrik

No.	Area Bangunan	Luas (m ²)	Lux (lumen/m ²)	Q Lumen
1.	Kantor keamanan utama	150	100	15.000
	Parkir			37.500
2.	Kantor Pusat	375	100	183.750
3.	Masjid	525	350	45.000
4.	Poliklinik	225	200	75.000
5.	Kantin	300	250	45.000
6.	UPL	225	200	67.500
7.	Gedung K3	225	300	60.000
8.	Laboratorium	300	200	112.500
9.	Generator	225	500	30.000
10.	Bengkel	300	100	45.000
11.	Gudang	225	200	22.500
12.	Pemadam Kebakaran	225	100	60.000
13.	Utilitas	300	200	120.000
14.	Area Perluasan	600	200	167.400
15.	Titik Kumpul	3644	500	364.400
16.	Jalan	1674	100	78.000
17.	Taman dan Pos Satpam	225	100	22.500
18.	Unit Proses	60	100	1.822.000
Total Area		14.167		3.373.050

Seluruh area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu Philips LED 40 Watt yang mempunyai lumen *output* sebesar 1.145 lumen/buah. Jumlah lampu dalam ruangan sebanyak 531 buah.

Penerangan bagian luar ruangan menggunakan lampu Philips LED 78 NW 110-277V TS yang setiap lampu memiliki lumen *output* sebesar 7.800 lumen/buah. Jumlah lampu di luar ruangan sebanyak 616 buah.

$$\begin{aligned}\text{Total daya penerangan} &= (19 \text{ W} \times 531 + 78 \text{ W} \times 616) \\ &= 58.137 \text{ W} \\ &= 58.137 \text{ kW} = 460.445,04 \text{ kWh/tahun}\end{aligned}$$

c. Listrik untuk AC

Penggunaan AC diperlukan di sejumlah area penting seperti kantor keamanan utama, laboratorium, *control room*, masjid, poliklinik, gedung K3, perkantoran, dan perpustakaan. Satu unit AC berkapasitas 1 PK membutuhkan daya listrik sekitar 660 Watt dan dapat melayani area seluas $4 \times 6 \text{ m}^2$ (24 m^2). Dengan total luas area yang membutuhkan pendinginan sebesar 2.175 m^2 , maka diperlukan sekitar:

Kebutuhan AC sejumlah $2175/24 = 87$ buah.

Sehingga kebutuhan listrik dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik} &= 87 \times 660 \text{ Watt} \\ &= 57.420 \text{ Watt} \\ &= 57,42 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi, total kebutuhan listrik untuk AC sebesar 57,42 kW.

Kebutuhan total listrik = keperluan pengolahan + keperluan utilitas + penerangan + AC

Jadi total kebutuhan listrik untuk AC sebesar $= 159,57 \text{ kW} + 130,93 \text{ kW} + 57,42 \text{ kW} = 268,147 \text{ kW}$. Untuk memastikan pasokan listrik tetap stabil dan aman, total kebutuhan listrik diperhitungkan dengan tambahan 10%, maka total kebutuhan listrik total sebesar 294,962 kW.

4.1.6 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik monopropilen glikol menghasilkan limbah dalam bentuk zat cair dan padat. Pengelolaan limbah dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, dengan sistem pengolahan yang dibagi menjadi dua kategori, yaitu limbah cair dan limbah padat.

a. Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair pabrik ini berupa:

- Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik

Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran sisa proses yang menempel pada peralatan.

- **Limbah Domestik dan Kantor**

Limbah ini mengandung bahan organik yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan cair. Limbah cair merupakan hasil buangan limbah domestik dan limbah utilitas semua diolah di dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

- **Limbah Laboratorium**

Limbah yang berasal dari yang mengandung bahan kimia hasil kegiatan analisis bahan baku, produk, maupun penelitian dan pengembangan. Limbah laboratorium diklasifikasikan sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), sehingga pengelolaannya wajib dikirim ke pengelola resmi limbah B3.

b. Pengolahan Limbah Padat

Berdasarkan standar yang ditetapkan Badan Standardisasi Nasional, 2002, pengolahan limbah padat merujuk pada SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah.

1. Pola Pewadahan

Pewadahan sampah dilakukan dilakukan sesuai dengan jenis sampah yang telah terpilah, yaitu:

- Sampah organik (seperti sisa makanan, sayuran, daun): wadah berwarna gelap
- Sampah anorganik (seperti logam, kaca, plastik): wadah berwarna cerah
- Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dengan warna merah yang diberi lambang khusus

2. Kriteria Lokasi dan Pewadahan

Lokasi penempatan wadah sebagai berikut:

- Wadah individual ditempatkan di area depan atau belakang sumber sampah
- Wadah komunal ditempatkan di lokasi yang dekat dengan sumber sampah, tidak mengambil lahan trotoar, dan tidak mengganggu pemakai jalan atau sarana umum lainnya

3. Pola Pengumpulan Sampah

Frekuensi pengambilan sampah dilakukan setiap satu hingga dua hari sekali, dengan batas maksimal tiga hari, tergantung dari komposisi sampah yang

dihasilkan. Jika persentase sampah organik cukup tinggi, maka pengambilan sebaiknya dilakukan setiap hari. Untuk sampah non-organik atau sampah kering, pengumpulan dapat dilakukan lebih jarang, mengikuti jadwal yang telah ditentukan, bahkan lebih dari tiga hari. Sampah B3 disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku yaitu, mempunyai daerah pelayanan tertentu dan tetap, mempunyai petugas pelaksana yang tetap dan dipindahkan secara periodik, serta pembebasan pekerjaan diusahakan merata dengan kriteria jumlah sampah terangkut, jarak tempuh, dan kondisi daerah.

4. Peralatan Pengangkut Sampah

Kendaraan pengangkut sampah harus dilengkapi dengan penutup, minimal berupa jaring pengaman, untuk mencegah sampah tercecer. Tinggi maksimum bak penampung adalah 1,6 meter, sebaiknya menggunakan alat angkut khusus. Kapasitas disesuaikan dengan kelas jalan yang akan dilalui. Bak truk/dasar kontainer sebaiknya dilengkapi pengaman air sampah.

5. Teknik Pengolahan Sampah

Pengomposan berdasarkan proses (alami, biologis dengan cacing, biologis dengan organisme tambahan). Daur ulang dilakukan berdasarkan jenis sampah, baik organik maupun anorganik. Pengurangan volume limbah dilakukan dengan cara pencacahan, biogasifikasi, atau pemanfaatan energi dari proses pengolahan limbah.

6. Pemilihan Lokasi TPA

Metode pembuangan akhir limbah dilakukan melalui metode sanitary landfill (penimbunan yang dikendalikan), dengan dilengkapi pengolahan lindi dan gas hasil dekomposisi. Untuk wilayah yang rawan pasang surut, metode yang digunakan adalah sistem kolam, mencakup tahapan anaerob, fakultatif, dan maturasi untuk pengolahan limbah secara berlapis.

4.2 Laboratorium

Laboratorium memegang peranan penting dalam menyediakan data-data penting yang diperlukan dalam operasional pabrik. Informasi ini digunakan untuk mengevaluasi performa unit-unit proses, menilai efisiensi, serta menjalankan pengendalian mutu. Mutu monopropilen glikol dikendalikan melalui pengujian bahan baku, proses produksi, dan hasil akhirnya. Pemeriksaan secara berkala dilakukan untuk memastikan kualitas tetap sesuai spesifikasi yang diharapkan dan untuk mendeteksi penyimpangan proses sedini mungkin agar dapat segera ditangani.

Peran laboratorium untuk memberikan data–data yang akurat untuk meningkatkan sistem manajemen mutu pabrik berdasarkan standar ISO 9001 tahun 2008 atau diadopsi oleh Indonesia menjadi SNI ISO 9001: 2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2002). Menurut SNI ISO 9001: 2008, hasil uji dapat dikatakan mempunyai mutu yang tinggi apabila:

- Data hasil uji dapat memuaskan dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis sehingga presisi dan akurasi atau ketepatan dan ketelitian yang tinggi dapat dicapai.
- Data harus mempunyai kemampu-telusuran pengukuran dan terdokumentasi, sehingga dapat dilaporkan secara ilmiah maupun hukum.

Sebagai Upaya mencapai mutu data hasil uji lab yang tinggi maka:

- Seluruh metode dan prosedur operasional laboratorium harus terpadu.
- Keterpaduan tersebut meliputi dari perencanaan pengambilan contoh uji, penanganan, pengujian, sampai pemberian laporan hasil uji ke pelanggan
- Laboratorium harus selalu mengembangkan dan menerapkan pengendalian mutu (*quality control*) dan jaminan mutu (*quality assurance*).

Laboratorium berada di bawah seksi laboratorium yang mempunyai tugas pokok antara lain:

- Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan produk
- Sebagai pengontrol terhadap proses produksi
- Sebagai pengontrol terhadap mutu air pendingin, air limbah 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 analisa rutin terhadap proses produksi dengan sistem bergilir. Sistem bergilir yaitu sistem kerja *shift* selama 24 jam dengan pembagian 4 *shift*, sehingga setiap *shift* bekerja 8 jam.

2. Kelompok *non-shift*

Kelompok ini mempunyai tugas melakukan analisa khusus yaitu analisa 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:

- Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.
- Melakukan analisis bahan pembuangan penyebab polusi.
- Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

Ketika menjalankan tugasnya, bagian laboratorium dibagi menjadi:

- Laboratorium analisis bahan baku dan produk
- Laboratorium penguji kualitas air
- Laboratorium penelitian dan pengembangan

4.2.1 Laboratorium Analisis Bahan Baku dan Produk

4.2.1.1 Analisis Bahan Baku

Bahan baku methanol meliputi viskositas, densitas, dan kemurnian. Alat analisis yang digunakan yaitu:

a. Densitas

Alat : Hidrometer

Cara pengujian :

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

b. Viskositas

Alat : *Viscometer tube, bath, stopwatch, thermometer.*

Cara pengujian :

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

c. Kemurnian

Alat : *Gas liquid chromatography*

Cara pengujian :

- Mengambil sampel bahan baku secukupnya
- Menginjeksikan sampel melalui kolom yang terdapat pada alat
- Menganalisis hasil yang tercatat pada *recorder*.

4.2.1.2 Analisis Produk

Analisis produk monopropilen glikol meliputi viskositas, densitas, dan kemurnian. Alat analisis yang digunakan yaitu:

a. Densitas

Alat : Hidrometer

Cara pengujian :

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

b. Viskositas

Alat : *Viscometer tube, bath, stopwatch, thermometer.*

Cara pengujian :

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

c. Kemurnian

Alat : *Gas liquid chromatography*

Cara pengujian :

- Mengambil sampel bahan baku secukupnya
- Menginjeksikan sampel melalui kolom yang terdapat pada alat
- Menganalisis hasil yang tercatat pada *recorder*

4.2.1.3 Laboratorium Penguji Kualitas Air

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap kualitas air yaitu:

- Air pendingin meliputi: pH dan kesadahan
- Air umpan boiler: pH dan kesadahan

Alat analisis yang digunakan:

- pH meter digunakan untuk analisis pH (mengetahui tingkat keasaman dan kebasaan air).

- *Spectrofotometer* UV-VIS digunakan untuk analisis kesadahan air.

4.2.2 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya:

- Diversifikasi produk
- Perlindungan terhadap lingkungan

Selain mengadakan penelitian rutin laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non rutin yaitu penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasanya dilakukan penelitian guna mendapatkan alternatif lain terhadap penggunaan bahan baku.

Tabel 4.14 Pengujian Sampel

No	Sampel	Titik Pengambilan	Parameter Uji	Metode Analisis	Alat	Frekuensi	Nilai Standar
1.	MPG	Arus 8	Kadar	ASTM D7901-20	Gas chromatography	2 kali per shift	Min. 99,5%
			Viskositas	ASTM D7901-20	Viskometer	2 kali per shift	0,432 cP
			Densitas	ASTM D7901-20	Hidrometer	2 kali per shift	0,318 g/cm ³
2.	DPG	Arus 9	Kadar	ASTM E346-08	Gas chromatography	2 kali per shift	91,67%
			Viskositas	ASTM E346-08	Viskometer	2 kali per shift	0,173 cP
			Densitas	ASTM E346-08	Hidrometer	2 kali per shift	0,333 g/cm ³
3.	Air	Unit utilitas	pH	ASTM D1293	pH meter	2 kali per shift	6,5 – 7,5

Kesadahan	ASTM	<i>Spectrofoto</i>		<100
	D3875-15	<i>meter</i> UV-Vis	2 kali per <i>shift</i>	ppm dalam CaCO ₃