

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau sering disebut utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses dalam pabrik. Unit pendukung proses umumnya meliputi unit penyediaan air, listrik, steam, udara tekan, bahan bakar, dan pengolahan limbah.

Unit pendukung proses atau utilitas yang direncanakan terdapat dalam pabrik isopropil alkohol ini yaitu:

1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air mulai dari air sanitasi dan domestik, air pendingin, dan air umpan boiler.

2. Unit Pengadaan Listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk kegiatan produksi meliputi keperluan proses, keperluan utilitas, serta penunjang lainnya seperti laboratorium, bengkel, dll. Selain itu juga untuk kegiatan operasional seperti penerangan, AC, alat elektronik komputer, dll.

3. Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit ini bertugas menyediakan udara tekan yang diperlukan dalam proses terutama untuk fasilitas instrumentasi dan kebutuhan umum lainnya.

4. Unit Pengadaan Steam

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan *steam* sebagai media pemanas pada *heat exchanger*, vaporizer, *reboiler*.

5. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan bahan bakar pada generator dan boiler.

6. Unit Pengolahan Limbah

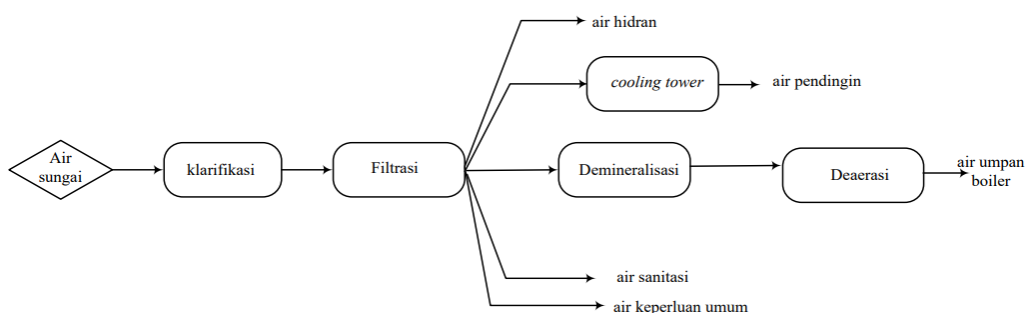
Unit ini bertugas mengolah limbah cair domestik yang berasal dari sanitasi, limbah cair dari peralatan proses, limbah padat dari aktivitas domestik, limbah gas dari proses produksi, serta limbah B3.

4.1. Unit Pendukung Proses

4.1.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

1. Deskripsi Pengolahan Air

Sumber air yang digunakan untuk kebutuhan pabrik diambil dari air sungai yang dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan. Air yang dijadikan air sanitasi dan umum, termasuk air hidran (pemadam kebakaran) menggunakan air bersih yang sudah melewati proses filtrasi, air pendingin menggunakan air bersih yang berada di *cooling tower*, sedangkan air umpan boiler menggunakan air bersih yang melewati proses filtrasi, demineralisasi, dan deaerasi terlebih dahulu. Tahapan pengolahan air ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Alir Proses Pengolahan Air

a) Penjernihan (*Clarification*)

Air sungai diambil dan dialirkan ke sistem *water intake* yang dilengkapi *screen* dan pompa. *Screen* berfungsi menyaring kotoran kasar sebelum air masuk ke unit pengolahan. Di sana, air melewati bak sedimentasi untuk mengendapkan lumpur, lalu mengalami proses koagulasi dan flokulasi guna menghilangkan partikel halus dan koloidal.

Sebelum masuk ke unit klarifikasi, dilakukan injeksi bahan kimia:

- Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sebagai koagulan utama,
- Soda kaustik (NaOH) untuk mengatur pH agar pembentukan flok optimal,
- Klorin untuk membunuh mikroorganisme.

Reaksi kimia membentuk flok (gumpalan partikel) yang akan mengendap di unit *clarifier*. Proses ini dikendalikan agar flok terbentuk sempurna dan endapan lumpur (*sludge*) terjaga merata. Pencampuran awal

dilakukan di *static mixer*, lalu air dijernihkan secara perlahan sambil menjaga lapisan lumpur tetap stabil dengan pengadukan lambat dan *blowdown*.

b) Penyaringan (*Filtration*)

Air baku untuk proses *ion exchange* disaring terlebih dahulu untuk mencegah *fouling* oleh kotoran. Proses penjernihan awal menggunakan koagulan untuk menghilangkan bahan organik, warna, dan bakteri. Air kemudian disaring menggunakan *sand filter*. Jika filter jenuh, dilakukan *backwash* (aliran balik) otomatis berdasarkan tekanan atau waktu operasi, guna membersihkan kotoran yang menumpuk. Air hasil *backwash* awal dibuang untuk mencegah pencemaran pada sistem.

Soda kaustik diinjeksikan untuk mengatur pH, sedangkan klorin ditambahkan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Air hasil filter kemudian dialirkan untuk air sanitasi dan umum serta air pemadam kebakaran, untuk air pendingin dialirkan ke *cooling tower*, serta air umpan boiler dilanjutkan proses di unit demineralisasi.

c) Demineralisasi

Demineralisasi bertujuan menghilangkan seluruh ion dalam air sehingga menghasilkan air demin (*deionized water*) yang digunakan sebagai air umpan boiler. Proses ini penting karena air bersih saja tidak cukup untuk mencegah kerak akibat garam terlarut. Air hasil filter dialirkan ke:

- *Cation Exchanger* berisi resin asam lemah (metakrilat), yang menukar kation dengan ion H^+ .
- *Anion Exchanger* berisi resin basa lemah (aminopolistirena), yang menukar anion dengan ion OH^- .

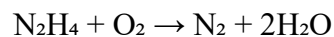
Hasil akhirnya adalah air demin bebas ion, yang kemudian disimpan di tangki demin. Ketika resin jenuh, dilakukan regenerasi dimana resin kation diregenerasi dengan H_2SO_4 , sedangkan resin anion diregenerasi dengan $NaOH$.

d) Deaerasi

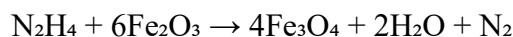
Proses deaerasi merupakan tahap penting dalam pengolahan air umpan boiler untuk menghilangkan gas-gas terlarut, khususnya oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2), yang dapat menyebabkan korosi pada pipa dan

permukaan logam di dalam tube-tube boiler. Proses ini dilakukan dengan dua metode utama, yaitu secara mekanis dan kimiawi.

Secara mekanis, penghilangan dilakukan dengan metode stripping menggunakan steam. Uap panas mengusir gas-gas terlarut dari air dengan cara mendorongnya keluar ke atmosfer. Metode ini dapat menurunkan kadar oksigen hingga sekitar 0,007 ppm. Selanjutnya, proses kimia dilakukan dengan penambahan senyawa hidrazin (N_2H_4) yang bereaksi dengan sisa oksigen membentuk gas nitrogen (N_2) dan air (H_2O). Reaksinya adalah:



Selain itu, N_2H_4 juga bereaksi dengan senyawa besi oksida (Fe_2O_3) membentuk magnetit (Fe_3O_4), yang bersifat pasif dan tidak merusak, serta menghasilkan uap air dan nitrogen:



Untuk menjaga kestabilan kimia dan meminimalkan korosi, pH air juga dinaikkan hingga sekitar 9,0 dengan penambahan amonia (NH_3). Air hasil dari proses ini disebut sebagai Boiler Feed Water (BFW), yaitu air yang telah bebas dari gas-gas pengotor dan siap digunakan sebagai air umpan boiler.

2. Deskripsi Kebutuhan Air

a. Air Sanitasi dan Umum

Air sanitasi dan umum merupakan air yang dibutuhkan untuk sarana dalam pemenuhan kebutuhan karyawan seperti mandi, cuci, kakus (MCK), kebutuhan laboratorium, taman, pemadam kebakaran, dan lainnya. Beberapa persyaratan untuk air sanitasi berdasarkan Kemenkes No. 32 Tahun 2017 adalah sebagai berikut:

1. Syarat fisik; suhu $\pm 3^\circ C$ dari suhu lingkungan, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, zat padat terlarut (TDS) maksimal 1000 mg/l.
2. Syarat kimia; tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air, dan logam berat lainnya yang beracun.
3. Syarat biologi; maksimum coliform 50 CFU/100 ml dan bakteri *E. coli* 0 CFU/100 ml

Air yang diperlukan untuk sanitasi dan umum dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Kebutuhan Air Sanitasi dan Umum

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1.	Air untuk sanitasi karyawan (193 orang) = 60 lt/orang/hari.	160,133	kg/jam
2.	Air untuk laboratorium	32,027	kg/jam
3.	Air untuk kebersihan dan pertamanan	96,080	kg/jam
4.	Air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air	403,536	kg/jam
Total		691,776	kg/jam

Rincian perhitungan kebutuhan air sanitasi dan umum yaitu sebagai berikut.

1. Air Sanitasi Karyawan

Kebutuhan air untuk karyawan sebesar 60 L/orang/hari

Jumlah karyawan = 193 orang

Jam kerja karyawan = 8 jam/hari

Densitas air (30°C) = 995,647 kg/m³ (Perry, 1999)

Maka, kebutuhan air sanitasi karyawan yaitu:

$$= \frac{\text{air kebutuhan}}{24 \text{ jam}} \times \text{jumlah karyawan} \times \frac{\text{jam kerja}}{24 \text{ jam}}$$

$$= \frac{60 \text{ lt/orang/hari}}{24 \text{ jam}} \times 193 \text{ orang} \times \frac{8 \text{ jam/hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 160,833 \text{ liter/jam}$$

$$= 160,133 \text{ kg/jam}$$

2. Air untuk Laboratorium

$$20\% \text{ dari air sanitasi dan umum} = 20\% \times 160,133 \text{ kg/jam}$$

$$= 32,027 \text{ kg/jam}$$

3. Air untuk Kebersihan dan Pertamanan

$$60\% \text{ dari air sanitasi dan umum} = 60\% \times 160,133 \text{ kg/jam}$$

$$= 96,080 \text{ kg/jam}$$

4. Air Pemadam Kebakaran dan Cadangan Air

$$140\% \text{ dari kebutuhan (1+2+3)} = 140\% \times (160,133 + 32,027 + 96,080)$$

$$= 403,536 \text{ kg/jam}$$

Maka, total kebutuhan air sanitasi dan umum adalah sebesar 691,776 kg/jam

b. Air Pendingin

Air pendingin atau *cooling water* merupakan air yang diperlukan dalam proses pertukaran/perpindahan panas dalam *heat exchanger* dengan tujuan untuk memindahkan panas suatu zat di dalam aliran ke dalam air. Air pendingin diproduksi di menara pendingin (*cooling water*). Air pendingin yang telah digunakan sebagai media pendingin dan keluar dari alat penukar panas kemudian akan dialirkan kembali di *cooling tower* untuk digunakan kembali sebagai air pendingin. Di bagian atas *tower*, air dijatuhkan dan kontak dengan udara yang dihisap oleh *induce draft fan*, sehingga terjadi pengambilan panas dan penguapan sebagian air, yang menurunkan suhu air.

Air dingin dikumpulkan di basin, lalu dipompa kembali ke proses pabrik. Akibat adanya sebagian air menguap saat pendinginan, diperlukan penambahan *make up water* dari unit pengolahan air. Selain itu, hal-hal yang harus diperhatikan pada air pendingin yaitu:

- Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya kerak pada sistem perpipaan.
- Mikroorganisme seperti bakteri dan plankton yang dapat berkembang dan tumbuh, sehingga menyebabkan *fouling* pada alat *heat exchanger*.
- Kandungan besi yang dapat menimbulkan korosi, serta minyak yang dapat mengganggu *film corrosion inhibitor* dapat menjadi sumber nutrisi bagi mikroba sehingga menimbulkan endapan dan akhirnya menurunkan *heat transfer coefficient*.

Peralatan yang menggunakan air pendingin dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Peralatan yang Membutuhkan Air Pendingin

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan
1.	Cooler (CL-201)	9.138,319	kg/jam
2.	Condenser (CD-201)	3.587,553	kg/jam
3.	Condenser (CD-202)	4.893,669	kg/jam
Kebutuhan Total		17.619,540	kg/jam
Over Design 20%		21.143,448	kg/jam
Make up (Recovery 90%)		2.114,344	kg/jam

Rincian perhitungan kebutuhan air pendingin yaitu sebagai berikut.

1. Kebutuhan total air pendingin = 17.619,540 kg/jam

2. Over design 20% $= (1+20\%) \times \text{kebutuhan total aktual}$
 $= (1+20\%) \times 17.619,540 \text{ kg/jam}$
 $= 21.143,448 \text{ kg/jam}$
3. Make up water (recovery 90%) $= (1-90\%) \times \text{over design 20\%}$
 $= (1-90\%) \times 21.143,448 \text{ kg/jam}$
 $= 2.114,344 \text{ kg/jam}$

c. Air Umpan Boiler

Air ini khusus digunakan sebagai umpan *boiler* yang akan memproduksi *steam*. Sebelum digunakan sebagai air umpan boiler, air demin harus melalui proses deaerasi untuk menghilangkan gas terlarut seperti oksigen dan CO₂ yang dapat menyebabkan korosi pada perpipaan dan *tube boiler*. Proses deaerasi dilakukan dalam dua tahap, yaitu secara mekanis melalui proses *stripping* dengan uap untuk mengurangi oksigen hingga 0,007 ppm, dan secara kimia menggunakan hidrazin (N₂H₄) yang bereaksi dengan oksigen dan logam besi untuk menghilangkan sisa oksigen. Selain itu, pH air dinaikkan hingga 9,0 dengan injeksi amonia (NH₃) untuk mendukung reaksi kimia. Air hasil proses ini disebut *Boiler Feed Water* (BFW) atau air umpan boiler. Persyaratan air umpan boiler menurut Degremont (1991) yaitu sebagai berikut.

- Total padatan (TDS) $\leq 4000 \text{ ppm}$
- Oksigen $\leq 0,007 \text{ ppm}$
- Alkalinitas $\leq 800 \text{ ppm}$
- Phospat Residual $\leq 100 \text{ ppm}$
- Silika $\leq 200 \text{ ppm}$
- Kesadahan $\leq 0 \text{ ppm}$
- Besi $\leq 2 \text{ ppm}$

Peralatan yang membutuhkan steam dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Peralatan yang Membutuhkan Air Umpan Boiler

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan
1.	Vaporizer (V-101)	53.143,678	kg/jam
2.	Heater (E-101)	3.628,47	kg/jam
3.	Reboiler (RE-201)	1.682,129	kg/jam
4.	Reboiler (RE-202)	3.850,447	kg/jam
Kebutuhan Total		62.304,724	kg/jam
Steam Trap 10%		6.230,472	kg/jam
Blow Down 2%		1.246,094	kg/jam

Rincian perhitungan kebutuhan air pendingin yaitu sebagai berikut.

1. Kebutuhan total steam = 62.304,724 kg/jam
2. Steam trap 10% = 10% × kebutuhan total steam
= 10% × 62.304,724 kg/jam
= 6.230,472 kg/jam
3. Blow down 2% = 2% × kebutuhan total steam
= 2% × 62.304,724 kg/jam
= 1.246,094 kg/jam
4. Kebutuhan boiler untuk start up = total steam + steam trap
= 62.304,72 + 6.230,47 (kg/jam)
= 68.535,197 kg/jam
5. Kebutuhan boiler untuk make up = steam trap + blow down
= 6.230,47 + 1.246,094 (kg/jam)
= 7.476,567 kg/jam

Jadi, perincian total kebutuhan air untuk pabrik Isopropil Alkohol yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Total Kebutuhan Air Pabrik Isopropil Alkohol

Total Kebutuhan untuk Start Up			
No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1.	Kebutuhan Sanitasi dan Umum	691,78	kg/jam
2.	Kebutuhan Air Pendingin	21.143,45	kg/jam
3.	Kebutuhan Air Umpan Boiler	68.535,20	kg/jam
Total Kebutuhan Air		90.370,42	kg/jam
Total Kebutuhan untuk Operasi Normal			
1.	Kebutuhan Sanitasi dan Umum	691,78	kg/jam
2.	Kebutuhan Air Pendingin	21.143,45	kg/jam
3.	Kebutuhan Air Umpan Boiler	7.476,57	kg/jam
Total Kebutuhan Air		29.311,79	kg/jam

4.1.2. Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan listrik pabrik isopropil alkohol disuplai dari PT. PLN dan generator set. Generator digerakkan oleh turbin uap dengan menggunakan *steam* yang dihasilkan dari boiler. Kebutuhan listrik untuk pabrik isopropil alkohol meliputi:

a. Listrik untuk Kegiatan Produksi

1. Keperluan Proses

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses dapat diperkirakan melalui tabel berikut.

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Peralatan Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah	HP	kW
Pompa Aseton	G-101	1	2	1,491
Pompa Destilasi	G-201	1	2	1,491
Pompa Produk	G-203	1	2	1,491
Pompa Recycle Hidrogen	G-202	1	1	0,746
Pompa Recycle Aceton	G-204	1	1	0,746
Kompresor Aseton	C-101	1	10,38	7,440
Kompresor Hidrogen	C-102	1	5,71	4,258
Total		7	24,09	17,964

2. Keperluan Utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan utilitas dapat diperkirakan melalui tabel berikut.

Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik Keperluan Utilitas

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP	kW
Pompa Air Pendingin	3	3	9	6,711
Pompa Air Sanitasi	1	3	3	2,237
Pompa Pengolahan Limbah	2	3	6	4,474
Pompa Unit Bahan Bakar	2	2	4	2,983
Pompa Boiler	4	3	12	8,948
Pompa Kompresor Udara Tekan	2	100	200	149,140
Pompa Air Hydrant	4	1	4	2,983
Total	15	118	238	177,477

3. Keperluan Penunjang Lainnya

Kebutuhan listrik untuk laboratorium, bengkel, dan instrumentasi di perkirakan sebesar 15 HP atau 11,185 kW.

Jadi, perincian total kebutuhan listrik untuk kegiatan produksi yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik total} &= \text{listrik proses} + \text{listrik utilitas} + \text{listrik penunjang lain} \\ &= 17,964 + 177,477 + 11,185 \text{ (kW)} \\ &= 206,626 \text{ kW}\end{aligned}$$

b. Listrik untuk Kegiatan Operasional

1. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Tabel 4. 7 Kebutuhan Lumen untuk Kebutuhan Penerangan

No.	Bangunan Indoor	Luas (m ²)	Luas (ft ²)	Cd/ft ²	Lumen
1.	Pos Keamanan	30	322,917	10	3229,173
2.	Gedung Kantor Utama	400	4305,564	25	107639,104
3.	Kantin dan perpustakaan	200	2152,782	20	43055,642
4.	Laboratorium	195	2098,963	15	31484,438
5.	Unit Pemadam Kebakaran	150	1614,587	10	16145,866
6.	Gudang	4480	48222,319	15	723334,780
7.	Loading raw material	500	5381,955	15	80729,328
8.	Bengkel	150	1614,587	10	16145,866
9.	Control Room	200	2152,782	15	32291,731
10.	Masjid	300	3229,173	10	32291,731
11.	Gedung Serbaguna	600	6458,346	25	161458,656
12.	Klinik	150	1614,587	10	16145,866
13.	Unit Pengolahan Limbah	300	3229,173	15	48437,597
14.	Utilitas	700	7534,737	15	113021,059
15.	Area Proses	5000	53819,552	30	1614586,563
16.	Pos Keamanan	30	322,917	10	3229,173
Total					3039997,399

No.	Bangunan Outdoor	Luas (m ²)	Luas (ft ²)	Cd/ft ²	Lumen
17.	Tempat Parkir	1300	13993,084	10	139930,835
18.	Jalan & Taman	1100	11840,301	10	118403,015
19.	Area Perluasan Pabrik	2100	22604,212	10	226042,119
Total					484375,969

Rincian perhitungan kebutuhan listrik untuk penerangan yaitu sebagai berikut.

- **Kebutuhan Listrik Indoor**

Lumen output tiap lampu = 1960

Daya 1 lampu = 40 watt (LED Philips)

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $\frac{\text{total lumen indoor}}{\text{jumlah lumen tiap lampu}}$
= $\frac{3.039.997,399}{1960}$

= 1552 buah

Daya listrik yang dibutuhkan = $\frac{\text{jumlah lampu} \times \text{daya lampu}}{1000}$
= $\frac{1552 \text{ buah} \times 40 \text{ watt}}{1000}$

= 62,08 kW

- **Kebutuhan Listrik Outdoor**

$$\begin{aligned}
 \text{Lumen output tiap lampu} &= 3000 \\
 \text{Daya 1 lampu} &= 100 \text{ watt (LED Philips)} \\
 \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= \frac{\text{total lumen outdoor}}{\text{jumlah lumen tiap lampu}} \\
 &= \frac{484.375,969}{3000} \\
 &= 162 \text{ buah} \\
 \text{Daya listrik yang dibutuhkan} &= \frac{\text{jumlah lampu} \times \text{daya lampu}}{1000} \\
 &= \frac{162 \text{ buah} \times 100 \text{ watt}}{1000} \\
 &= 16,02 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Jadi, perincian total kebutuhan listrik untuk penerangan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan listrik total} &= \text{kebutuhan listrik indoor} + \text{kebutuhan listrik outdoor} \\
 &= 62,08 + 16,02 \text{ (kW)} \\
 &= 78,28 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

2. Kebutuhan Listrik untuk AC

Direncanakan menggunakan Panasonic PU12XKJ AC Split 1,5 PK Inverter dengan daya listrik 950 watt. AC tersebut dapat digunakan untuk ruangan seluas 32 m². Luas ruangan yang membutuhkan AC dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 8 Luas Ruangan untuk Kebutuhan AC

No.	Ruangan	Luas (m ²)
1.	Gedung kantor utama	400
2.	Kantin dan perpustakaan	200
3.	Klinik	150
4.	Gedung serbaguna	600
5.	Laboratorium	195
6.	Masjid	300
7.	Control room	200
Total		2045

Jadi, perincian jumlah AC dan total daya listrik yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah AC yang dibutuhkan} &= \frac{\text{luas total bangunan}}{\text{luas per 1 AC}} \\
 &= \frac{2045 \text{ m}^2}{32 \text{ m}^2} \\
 &= 64 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya listrik yang dibutuhkan} &= \frac{\text{jumlah AC} \times \text{daya AC}}{1000} \\
 &= \frac{64 \text{ buah} \times 950 \text{ watt}}{1000} \\
 &= 60,8 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

3. Kebutuhan Listrik untuk Instrumentasi

Listrik untuk bengkel, laboratorium, dsb. diperkirakan sebesar 15 kW

Listrik untuk komputer dan alat elektronika lain diperkirakan sebesar 30 kW

Sehingga, total daya listrik yang dibutuhkan yaitu sebesar 45 kW

Jadi, perincian total kebutuhan listrik untuk kegiatan operasional yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan listrik total} &= \text{listrik penerangan} + \text{listrik AC} + \text{listrik instrumentasi} \\
 &= 78,28 + 60,8 + 45 \text{ (kW)} \\
 &= 184,08 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang sudah didapatkan maka perincian total kebutuhan listrik untuk kegiatan produksi dan operasional yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan listrik total} &= \text{kebutuhan listrik produksi} + \text{kebutuhan listrik operasional} \\
 &= 206,626 + 184,08 \text{ (kW)} \\
 &= 390,706 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor keamanan } 10\% = 110\% \times 390,706 \text{ kW} = 429,777 \text{ kW}$$

Maka kebutuhan listrik total dari kegiatan produksi dan operasional setelah ditambahkan faktor keamanan 10% menjadi sebesar **429,777 kW**.

c) Generator

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, maka digunakan generator yang merupakan sumber energi listrik cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan. Generator yang digunakan memiliki efisiensi 80%.

$$\begin{aligned}
 \text{Input generator} &= \frac{\text{total kebutuhan listrik}}{\text{efisiensi generator}} \\
 &= \frac{429,777 \text{ kW}}{80\%} \\
 &= 537,221 \text{ kW} = 1.837.295,017 \text{ btu/jam}
 \end{aligned}$$

Ditetapkan input generator sebesar 1000 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia:

$$\begin{aligned}\text{Sisa kebutuhan generator} &= 1000 - 537,221 \\ &= 462,779 \text{ kW}\end{aligned}$$

- Spesifikasi Generator

Tipe	: AC Generator
Kapasitas	: 1000 kW
Tegangan	: 220/360 volt
Efisiensi	: 80%
Frekuensi	: 50 Hz
Phase	: 3 Phase
Jumlah	: 1 buah
Bahan Bakar	: Solar

- Kapasitas Generator $= 1000 \text{ kW} \times \frac{0,95 \text{ btu/s}}{1 \text{ kW}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}}$
 $= 3.420.000 \text{ btu/jam}$

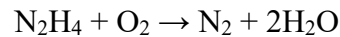
4.1.3. Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit pengadaan udara tekan bertugas untuk menjalankan instrumentasi seperti untuk menggerakkan *control valve* dan proses pembersihan peralatan pabrik. Udara tekan bersumber dari udara di sekitar lingkungan pabrik, tetapi udara tersebut harus dinaikkan tekanannya dengan menggunakan kompresor. Untuk memenuhi kebutuhan udara tekan, digunakan kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa.

4.1.4. Unit Pengadaan Steam

Sistem pengadaan *steam* terdiri dari deaerator dan boiler. Proses deaerasi terjadi dalam deaerator berfungsi untuk membebaskan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray, sparger* yang berkontak secara *counter current* dengan *steam*. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung dalam drum dari deaerator. Deaerator memiliki waktu tinggal 30 menit.

Larutan hidrazin diinjeksikan ke dalam deaerator untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air bebas mineral dengan reaksi:



Kandungan oksigen keluar dari deaerator didesain tidak lebih besar dari 0,007 ppm. Pembentukan steam terjadi di dalam boiler. Untuk pabrik Isopropil alkohol dibutuhkan steam sebesar 62.304,724 kg/jam dan temperature 200°C. Jenis boiler yang digunakan adalah *water tube boiler* dengan air umpan boiler melalui tube dan terjadi pembentukan steam pada tube. *Water tube boiler* digunakan untuk membangkitkan *steam* dengan tekanan 404,2 kPa dan temperatur 200°C.

4.1.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar, yaitu jenis bahan bakar cair yang diperoleh dari PERTAMINA atau distributor resminya. Pemilihan solar didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain mudah diperoleh, tersedia secara kontinyu, serta mudah dalam proses penyimpanannya.

Untuk menjalankan generator tersebut, maka diperlukan kebutuhan bahan bakar:

- Jenis Bahan Bakar : Solar
- Heating Value : 19.561 Btu/lb
- Densitas : 51,81 lb/ft³
- Efisiensi : 80%
- Spesific Gravity : 0,8691

$$\text{Kapasitas Bahan Bakar} = \frac{\text{kapasitas generator}}{\text{efisiensi} \times \text{spesific gravity} \times \text{heating value}}$$

$$= \frac{3.420.000 \text{ btu/jam}}{80\% \times 0,8691 \times 18.848}$$

$$= 260,976 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Kebutuhan Solar} = \frac{\text{massa solar}}{\text{densitas solar}}$$

$$= \frac{260,976 \text{ lb/jam}}{49,83 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 5,037 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

4.1.6. Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah bertugas mengelola dan mengolah limbah yang dihasilkan dari pabrik. Beberapa limbah yang dihasilkan pabrik isopropil alkohol ini yaitu:

a. Limbah Cair

- Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik berasal dari penggunaan air sanitasi seperti air cuci atau air mandi serta air toilet. Air buangan ini dibuang ke tempat pembuangan khusus yaitu *septic tank*.

- Limbah Cair dari Peralatan Proses

Limbah cair ini mengandung bahan organik yang berasal dari peralatan proses yang mungkin disebabkan oleh kebocoran peralatan, tumpah saat pengisian, atau pencucian dan perbaikan peralatan.

b. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari limbah padat domestic berupa sampah dari kegiatan harian seperti plastik dan kertas. Limbah padat ini dapat ditampung di bak penampungan untuk dikirim menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

c. Limbah Gas

Limbah gas berasal dari keluaran Condenser Partial (CD-201 dan CD-202). Gas yang keluar mengandung H_2 , N_2 , dan O_2 . Gas - gas tersebut dialirkan terlebih dahulu ke cerobong asap dengan ketinggian tertentu sebagai alat untuk pembuangan asap, karena bahan bakar *boiler* menggunakan natural gas yang tidak menghasilkan *fly ash* atau emisi yang dapat membahayakan lingkungan. Pembangunan cerobong asap perlu memperhatikan Keputusan Kepala Bapedal Nomor Kep. 205/Bapedal/ 07/1996 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara.

d. Limbah B3

Limbah B3 yang dihasilkan pabrik isopropil alkohol yaitu terdiri dari:

- Oli bekas, sumber dari pompa, mesin, dan kendaraan.
- Accu bekas, sumber dari kendaraan, genset, dan listrik.
- Filter bekas, sumber dari kendaraan dan genset.
- Kain lap bekas terkontaminasi, sumber dari semua unit.
- Lampu TL (*Tube Luminescent*) bekas, sumber kantor listrik dan pabrik.

- Limbah kemasan/kimia, sumber dari laboratorium.

Pengolahan dari limbah ini yaitu semua limbah ditampung di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3, kemudian dipisahkan sesuai dengan jenisnya. Lama penyimpanan limbah berbeda-beda. Kemudian, dari TPS limbah akan dikirim ke pihak ketiga yang telah mendapat izin resmi dari Kementerian Lingkungan Hidup dalam mengolah limbah B3 untuk diolah lebih lanjut.

4.2.Laboratorium

Laboratorium memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran proses produksi dan menjaga kualitas produk. Melalui data analisis dari laboratorium, proses produksi dapat dikontrol secara konsisten agar mutu produk tetap sesuai standar. Selain itu, laboratorium juga turut berperan dalam pengawasan terhadap potensi pencemaran lingkungan. Secara umum, tugas utama laboratorium meliputi:

1. Mengendalikan mutu bahan baku dan produk akhir.
2. Melakukan analisis terhadap dampak lingkungan, termasuk udara, limbah cair, dan padat dari unit produksi.
3. Mengontrol kualitas berbagai jenis air yang digunakan dalam proses, seperti air proses, air pendingin, air umpan boiler, dan uap.

Laboratorium beroperasi selama 24 jam dalam sistem kerja shift dan non-shift:

1. Kelompok *Non-Shift* bertugas menangani analisis yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia. Tugasnya meliputi penyediaan bahan kimia untuk laboratorium, analisis terhadap limbah penyebab polusi, serta pelaksanaan penelitian guna menunjang proses produksi.
2. Kelompok *Shift* bertanggung jawab atas analisis rutin seperti analisis kualitas bahan baku, pemeriksaan produk, pemantauan limbah, dan pemantauan proses produksi dengan sistem kerja bergilir, di mana setiap *shift* berlangsung selama 8 jam.

Dalam pelaksanaan tugasnya, laboratorium terbagi dalam beberapa bagian fungsional yaitu:

a) Laboratorium Fisika

Bagian ini bertugas menganalisis sifat fisik bahan dan produk, seperti berat jenis, viskositas, dan kadar air.

b) Laboratorium Analitik

Bagian ini bertugas memeriksa sifat kimia bahan baku dan produk, termasuk kadar pengotor, logam berat, dan logam lainnya.

c) Laboratorium Riset dan Pengembangan

Bagian ini bertugas melakukan penelitian produk, termasuk diversifikasi dan pengelolaan limbah, serta penelitian non-rutin yang mendukung efisiensi bahan baku.

d) Laboratorium Analisis Air

Bagian ini bertugas menganalisis berbagai jenis air (baku, demin, pendingin, dan umpan boiler) dengan parameter seperti pH, warna, klorin, kesadahan, kandungan minyak, sulfat, silika, dan konduktivitas. Selain itu, air demin hasil unit demineralisasi juga diuji terhadap parameter seperti pH, konduktivitas, dan silikat. Sedangkan untuk air umpan boiler, diuji kandungan hidrazin, amonia, dan ion fosfat. Beberapa alat yang digunakan antara lain:

- pH meter untuk mengukur keasaman atau kebasaan,
- Spektrometer untuk konsentrasi senyawa terlarut berwarna,
- Spektroskopi untuk analisis sulfat,
- Gravimetri untuk kandungan padatan,
- Titrasi untuk kadar klorida, kesadahan, dan alkalinitas,
- *Conductivity meter* untuk mengukur daya hantar listrik air.

Laboratorium juga dilengkapi dengan alat-alat analisis tambahan seperti:

- Water Content Tester untuk mengukur kadar air produk,
- Viscometer Bath untuk mengukur viskositas produk keluar dari reaktor,
- Hydrometer untuk mengukur berat jenis (*specific gravity*).

4.3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan kerja merupakan aspek krusial dalam melindungi tenaga kerja dari risiko yang berhubungan dengan alat kerja, mesin, bahan kimia, serta lingkungan kerja dan cara kerja. Tujuan utama dari penerapan sistem keselamatan ini adalah menjamin kelangsungan proses produksi, distribusi, dan keseluruhan operasional perusahaan. Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 serta Undang-Undang No. 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan menyatakan bahwa setiap tempat kerja wajib menyediakan perlindungan yang layak terhadap risiko kerja, baik secara formal maupun informal.

Beberapa tujuan dari keselamatan dan kesehatan kerja meliputi:

- Mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.
- Memastikan bahwa peralatan kerja digunakan secara aman dan efisien.
- Meningkatkan efisiensi kerja melalui lingkungan kerja yang aman dan sehat.
- Menjaga kesejahteraan pekerja secara fisik dan mental.
- Meningkatkan produktivitas dengan menjaga kondisi kerja yang optimal.

Jenis-jenis pekerjaan yang memiliki potensi bahaya tinggi dan memerlukan penerapan keselamatan kerja antara lain:

1. Pekerjaan di area dengan suhu tinggi.
2. Pekerjaan di tempat terbatas atau ruang tertutup (*confined space*).
3. Aktivitas pembongkaran atau perakitan.
4. Pengelasan dan pemotongan logam seperti *welding*, *grinding*, *cutting*, dan *drilling*.
5. Pekerjaan yang melibatkan zat kimia berbahaya atau bersuhu tinggi.

Perusahaan harus menyediakan langkah-langkah preventif melalui:

- Penerangan, pelatihan, dan pembinaan kepada pekerja agar mampu menghindari risiko kebakaran, kecelakaan, atau ledakan.
- Edukasi mengenai prosedur pertolongan pertama saat terjadi kecelakaan.
- Penyediaan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai standar, seperti: safety goggle, safety shoes, ear muff atau ear plug, safety helmet, masker.
- Sosialisasi rutin mengenai prosedur kerja aman, termasuk penanganan darurat.
- Penyediaan fasilitas pendukung yang mampu menjaga kesehatan fisik dan mental tenaga kerja.

4.4. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan perangkat atau alat yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan proses produksi dalam pabrik. Fungsi pengendalian ini harus dilakukan secara teliti dan tepat agar kapasitas produksi sesuai dengan target dan kondisi operasi tetap dalam batas kesalahan (*error*) yang minimal sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi standar kualitas yang diharapkan (Perry & Green, 2007).

Menurut Timmerhaus (2004), instrumen diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, yaitu: alat pengontrol (*regulator*), penunjuk (*indicator*), pencatat (*recorder*), dan pemberi tanda bahaya (*alarm*). Instrumen dapat dioperasikan secara manual ataupun otomatis:

1. Manual

Pemantauan dilakukan dengan alat penunjuk atau pencatat yang hanya menunjukkan nilai proses dan tidak membutuhkan ketelitian tinggi.

2. Otomatis

Proses kontrol dilakukan secara otomatis menggunakan alat seperti *controller* yang mampu mengatur variabel proses dengan presisi tinggi. Sistem otomatis ini sangat berguna saat diperlukan ketepatan tinggi karena secara langsung dapat memengaruhi kualitas dan kuantitas hasil produksi.

Tujuan dari penggunaan alat instrumentasi dalam sistem proses produksi antara lain:

- Menjaga variabel proses dalam batas aman dan mendeteksi risiko proses sedini mungkin.
- Menjaga konsistensi mutu produk.
- Mempermudah dalam pengoperasian alat.
- Mengontrol *rate* aliran bahan agar sesuai dengan kebutuhan proses.
- Menjamin keselamatan dan efisiensi kerja di lapangan.

Pabrik Isopropanol menggunakan beberapa alat instrumentasi yang terdiri dari indikator dan controller. Beberapa jenis instrumentasi yang digunakan antara lain:

- *Level Indicator* (LI): Alat penunjuk tinggi permukaan cairan dalam suatu tangki.
- *Level Controller* (LC): Mengatur tinggi permukaan cairan agar sesuai dengan kebutuhan proses.
- *Temperature Controller* (TC): Mengendalikan suhu dalam proses, khususnya jumlah aliran panas yang ditransfer dalam heat exchanger.
- *Pressure Controller* (PC): Mengatur tekanan dalam sistem. Sinyal dari PC dapat dikirim ke alat kendali otomatis (misalnya katup) yang akan membuka/menutup saluran sesuai kebutuhan untuk menjaga tekanan pada set point tertentu.