

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau unit utilitas merupakan unit yang didesain untuk menunjang berlangsungnya operasional proses suatu pabrik. Selain bahan baku, diperlukan bahan penunjang lainnya seperti air, steam, bahan bakar, listrik, udara tekan, dan sebagainya. Untuk mendukung produksi sodium methyrate maka diperlukan beberapa unit pendukung proses sebagai berikut:

1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
Unit ini memiliki peranan menyediakan kebutuhan air, dari mulai pengadaan air proses, air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi untuk perkantoran.
2. Unit Pengadaan Listrik (*Power Plant System*)
Unit ini berfungsi sebagai tenaga penggerak pada peralatan proses maupun penerangan. Listrik akan disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator pribadi milik pabrik. Generator ini akan digunakan sebagai cadangan sumber listrik apabila listrik dari PLN mengalami gangguan.
3. Unit Pengadaan Steam (*Steam Generation System*)
Unit ini memiliki peranan untuk menyediakan steam yang akan digunakan untuk proses pemanasan pada heater dan reboiler.
4. Unit Pengadaan Bahan Bakar
Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar peralatan proses.
5. Unit Pengadaan Udara Instrumen (*Power Air System*)
Unit ini berfungsi untuk menyediakan udara bertekanan untuk kebutuhan instrumentasi di bagian proses dan bengkel.
6. Unit Laboratorium
Unit ini berfungsi untuk mengawasi kualitas produk hasil proses produksi.
7. Unit Pengolahan Limbah
Unit ini berfungsi untuk mengolah limbah pabrik baik berupa padat, cair maupun gas.
8. Unit Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup
Unit ini memiliki fungsi memberikan kebijakan baik dalam aspek perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, keselamatan kerja, dan kesehatan karyawan.
9. Instrumentasi
Unit ini berfungsi untuk mengontrol proses secara real time dan terpusat.

4.1 Unit Pengadaan Air

Air merupakan sumber daya alam terbarukan yang sangat dibutuhkan dalam setiap aspek kehidupan termasuk dalam industri kimia. Air merupakan kebutuhan utama dalam proses industri kimia, sehingga dibutuhkan pengolahan dan penyediaan air bersih dengan kualitas dan kuantitas yang dapat memenuhi kebutuhan pabrik agar pabrik dapat berjalan dengan baik (Desti & Ula, 2021). Unit pengadaan air adalah sebuah unit utilitas yang bertanggung jawab untuk menyediakan air yang aman serta memastikan ketersediaan air yang cukup untuk keperluan proses produksi maupun rumah tangga suatu pabrik.

4.1.1 Sumber Air

Pada umumnya sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah air permukaan yang dapat diperoleh dari air laut, sungai, maupun sumur. Dalam hal ini, pabrik sodium methylate memanfaatkan air dari industri pengolahan air yaitu PT Krakatau Tirta Industri yang merupakan penyedia air bersih untuk kawasan industri di Cilegon yang mengolah air bersumber dari Sungai Cidanau dan Sungai Cipasauran yang diolah terlebih dahulu melalui instalasi pengolahan air (*Water Treatment Plant*) sebelum didistribusikan ke industri dengan jaringan distribusi air PT Krakatau Tirta Industri (KTI) yang memiliki total panjang lebih dari 100 km, dengan kapasitas pompa total lebih dari 2.600 lps. Layanan air industri dari PT Krakatau Tirta Industri (KTI) dipilih karena ketersediaan yang kontinu, kualitas yang relatif stabil, serta efisiensi dari segi investasi dibandingkan dengan pengolahan air baku secara mandiri karena PT KTI dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan air proses pada operasi industri sesuai proses produksi pabrik yang diminta.

4.1.2 Kebutuhan Air

1) Air Pendingin

Air pendingin ini digunakan sebagai pendingin pada *cooler* dan kondensor. Air tersebut perlu di-*treatment* agar tidak terjadi *fouling* (pengotor) pada alat penukar panas. Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia yang sebelumnya melalui proses *ion exchanger*. Di dalam sistem pendingin terdapat suatu sistem yang dilalui oleh aliran air pendingin, sistem ini bertujuan untuk mengatasi terjadinya *overheating* (panas yang berlebihan) sehingga mesin dapat bekerja secara stabil. Media pendingin yang digunakan dalam sistem pendingin adalah air

pendingin. Air pendingin adalah air limbah yang berasal dari aliran air yang digunakan untuk penghilang panas dan tidak berkontak langsung dengan bahan baku, produk antara dan produk akhir sesuai dengan ISO 22449-1:2020 pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1. Syarat Air Pendingin

Parameter	Kebutuhan
pH	6,5 - 9
Kesadahan CaCO ₃	≤ 250 mg/l
Alkalinitas CaCO ₃	100 – 500 mg/l
BOD5	≤10 mg/l
CODcr	≤ 30
TSS	≤10 mg/l
TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	≤5000 mg/l
Conductivity	≤3000 µs/cm
Chloride	≤300 (stainless steel) ≤1 000 (other metals)

Air pendingin digunakan untuk mendinginkan agar menjaga suhu *cooler* dan kondensor. Adapun untuk kebutuhan air pendingin dalam prarancangan pabrik sodium methylyate ini yaitu:

Tabel 4.2. Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Kondensor-01 (CD-01)	76.347,543
<i>Cooler</i> -01 (C-01)	10.359,155
<i>Cooler</i> -02 (C-02)	1.864,874
Total	88.571,572

Kebutuhan air untuk proses air pendingin adalah sebesar 88.571,572 kg/jam atau sebesar 2.125,718 m³/hari. Air pendingin pada pabrik sodium methylyate tersebut akan masuk pada suhu 30°C dan keluar unit proses pada suhu 45°C. Air make-up ditambahkan 2% dari jumlah total dengan pertimbangan untuk mengantisipasi kebocoran yang terjadi pada pipa distribusi agar tidak mengganggu keberjalanan proses produksi (Green & Perry, 2008). Pada suhu 30°C densitas air adalah sebesar 995,7 kg/m³, maka kebutuhan air pada pendingin

adalah :

Kebutuhan air *make-up*

$$= 88.571,572 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 2\% = 1.771,43 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

$$= 1.771,43 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1/995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 42,69 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

Kebutuhan air *start up*

$$= 88.571,572 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 102\% = 90.343 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

$$= 90.343 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1/995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2.177,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

Maka, kebutuhan air *make-up* adalah 42,69 m³/hari dan kebutuhan air start up yaitu sebesar 2.177,6 m³/hari.

2) Air Umpan Boiler

Boiler *feed water* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* untuk kelangsungan proses. Pada proses penguapan dalam ketel uap, uap yang dihasilkan adalah uap murni dalam fasa uap (H₂O) dimana ion-ion yang terkandung dalam air boilernya tidak turut menguap sehingga konsentrasi ion-ion yang berada dalam fasa cairnya (air boiler) semakin lama semakin tinggi yang menyebabkan terjadinya pergerakan pada pipa-pipa *boiler*. Pada pra-rancangan pabrik sodium methyrate ini digunakan *steam* sebagai media pemanas pada alat penukar panas untuk memenuhi kebutuhan panas. Output dari boiler ini adalah *saturated steam* yang nantinya akan dijadikan sebagai pemanas pada *heater* (H-01) dan *reboiler* (RE-01). Untuk menghasilkan *steam*, air akan dipanaskan hingga suhu diatas 100°C. Input dari boiler ini harus diolah kembali, tahapan proses yang pertama adalah demineralisasi dan lanjut ke proses deaerasi. Air yang digunakan sebagai air umpan boiler harus memenuhi syarat-syarat sesuai SNI 7268-20091 pada tabel berikut:

Tabel 4.6. Kualitas Air Umpan Boiler

No	Parameter	Satuan	Nilai Standar	Keterangan
1	PH (25°C)	-	7 - 9	Netral – sedikit basa
2	Kesadahan (sebagai CaCO ₃)	Mg/L	Maks. 1	Untuk air yang telah diolah

3	Lemak dan minyak	Mg/L	0	Tidak boleh ada
4	Oksigen terlarut (O ₂)	Mg/L	0	Mencegah Korosi

Tabel 4.7 menyajikan kebutuhan air untuk umpan boiler.

Tabel 4.7. Kebutuhan air untuk steam

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)	Jenis Steam
Reboiler (RB-01)	112,311	LP Steam
<i>Heater</i> (H-01)	997,692	LP Steam
Total	1.110,004	

Dari tabel diatas dapat dilihat kebutuhan air untuk keperluan *steam* adalah sebesar 1.110,004 kg/jam atau 26,64 m³/hari. Dalam proses pembentukan steam akan ditemukan kehilangan air yang disebabkan oleh kejadian *blowdown* dan *steam traps*. *Blowdown* merupakan penghilangan sebagian air untuk menghilangkan pengotor dari air yang terkumpul di dalam *boiler* yang disebabkan oleh pengotor yang tidak teruapkan sehingga membentuk lumpur. Tujuan dari *steam traps* adalah untuk menghilangkan kondensat yang terbentuk di dalam pipa-pipa steam yang disebabkan oleh turunnya temperature pipa-pipa steam yang keluar dari *boiler*. Sehingga untuk mengantisipasi kedua hal tersebut, air umpan akan dilebihkan sebanyak 27% dengan pertimbangan 10% untuk *blowdown* (Sunudas & Prince, 2013) dan 17% untuk *steam traps* (DNV GL, 2020) sehingga kebutuhan air umpan total adalah sebagai berikut :

$$=1.110,004 \frac{kg}{jam} \times 127\% = 1.409,7 \frac{kg}{jam}$$

$$=1.409,7 \frac{kg}{jam} \times 24 \frac{jam}{hari} \times 1/995,7 \frac{kg}{m^3} = 35,4 \frac{m^3}{hari}$$

Jadi kebutuhan air untuk *blowdown* dan *steamtraps* :

$$=1.409,7 \frac{kg}{jam} - 1.110,004 = 299,7 \frac{kg}{jam}$$

Kebutuhan air untuk mengantisipasi *blowdown* dan *steamtraps* tersebut adalah 299,7 kg/jam yang akan dilebihkan 5% lagi untuk mengantisipasi kebocoran pipa (Frayne, 1999) sehingga menjadi 314,68 kg/jam atau 7,55

m^3 /hari. Total kebutuhan *boiler feed water* adalah 1414,68 kg/jam atau 33,95 m^3 /hari.

3) Air Sanitasi dan Kebutuhan Pemadam Kebakaran

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan air kebersihan, laboratorium, kantor, maupun rumah tangga. Syarat air sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 70 Tahun 2016 Tentang Standar Dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8. Karakteristik Air Sanitasi

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu	Keterangan
1	pH	-	6,5 – 8,5	Tidak korosif dan aman digunakan
2	Kekeruhan (Turbidity)	NTU	≤ 5	Air harus jernih
3	Warna	TCU	≤ 15	Tidak berwarna
4	Bau	-	Tidak berbau	Indikasi bebas kontaminan
5	Rasa	-	Tidak berasa	Aman untuk penggunaan domestik
6	Total Coliform	MPN/100 mL	0	Tidak ada bakteri indikator
7	E. coli	MPN/100 mL	0	Tidak boleh ada
8	Besi (Fe)	Mg/L	$\leq 0,3$	Mencegah warna & endapan
9	Mangan (Mn)	Mg/L	$\leq 0,1$	Mencegah noda

Kebutuhan air sanitasi adalah sebagai berikut:

- Air untuk karyawan

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 70 Tahun 2016 Tentang Standar Dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri, sanitasi minimal perorang adalah 60 L/hari. Dengan jumlah karyawan sebanyak 158 orang maka air yang dibutuhkan adalah sebesar 9.480 L/hari atau 9,48 m^3 /hari.

- Air untuk kebutuhan laboratorium

Menurut Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 23 Tahun 2020 (Permen LHK Nomor 23 Tahun 2020), kebutuhan minimum air untuk laboratorium adalah 2 m^3 /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 50 orang. Sehingga air yang dibutuhkan adalah 3000 m^3 /hari atau 3 m^3 /hari.

- Air yang digunakan untuk keperluan lain-lain adalah 6 m^3 /hari

Air ini akan digunakan untuk keperluan taman, musholla, dan kebutuhan lain-lain

- Air untuk pemadam kebakaran

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 m^3 . Dalam Peraturan SNI-03-1735-2000 juga menjelaskan bahwa satu pilar hydrant dapat melindungi area mencapai 1000 m^2 .

Pabrik sodium methylyate direncanakan akan dibangun seluas 15.800 m² sehingga untuk jumlah total hydrant yang dibutuhkan adalah sebanyak 15 buah. Pada Peraturan SNI-03-1735-2000, hydrant kedua dan selanjutnya harus mampu mengalirkan air sebesar 1.200 liter/menit. Maka jumlah air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air hydrant pada pabrik sodium methylyate adalah :

$$\text{Total air hydrant} = (1 \times 2400 \times 45 + 14 \times 1200 \times 45) \text{ L}$$

$$= 864.000 \text{ L}$$

$$= 864 \text{ m}^3$$

Berdasarkan perhitungan dan pertimbangan diatas, maka jumlah air yang dibutuhkan untuk pabrik ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Total kebutuhan air

Keperluan	Kebutuhan (m³/hari)
Air Pendinginan	2.125,718
Air umpan boiler	33,95
Air sanitasi	20,48
Air Hydrant	864

4.2 Unit Pengadaan Listrik

Pada perancangan pabrik sodium methylyate ini terdapat unit pengadaan listrik yang berfungsi sebagai penggerak peralatan proses ataupun penerangan. Berikut ini merupakan kebutuhan serta sumber listrik untuk keberjalanan pabrik sodium methylyate.

4.2.1 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 4.3. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	HP	Jumlah	Total HP
Pompa Metanol	1	1	1
Pompa Mixing Tank	1	1	1
Pompa Metanol <i>Recycle</i>	1	1	1
Pompa Vakum	2	1	2
<i>Belt Conveyor</i>	2	1	2

Alat	HP	Jumlah	Total HP
<i>Bucket Elevator</i>	3	1	3
<i>Mixing Tank</i>	60	1	60
Jumlah		7	70

4.2.2 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4.4. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	HP	Jumlah	Total HP
Pompa air sanitasi	2	1	2
Pompa air pendingin	2	1	2
Pompa unit demineralisasi	2	1	2
Pompa unit <i>hydrant</i>	1	6	6
Jumlah			12

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan listrik pengolahan} &= \text{Kebutuhan Proses} + \text{Kebutuhan Utilitas} \\
&= 70 \text{ HP} + 12 \text{ HP} \\
&= 82 \text{ HP} \\
&= 61,15 \text{ kW}
\end{aligned}$$

4.2.3 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan konsep *Luminous Efficiency*, yaitu tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan berikut:

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

$$\text{Area} = \text{luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m}^2\text{)}$$

$$\text{Lux} = \text{kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m}^2\text{)}$$

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar berdasarkan referensi *Lighting Handbook* oleh Zumtobel Lighting GmbH. Kebutuhan lumen ditunjukkan pada perhitungan berikut ini.

Besarnya intensitas pencahayaan (lux) berbeda-beda tergantung pada fungsi dan jenis area kerja yang akan diterangi. Dalam perancangan ini, nilai lux yang digunakan

mengacu pada standar pencahayaan industri AS/NZS 1680.

Tabel 4.5. Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik

No.	<i>Indoor</i>	Luas (m ²)	Lux (Lumen/m ²)	Lumen
1	Ruang kontrol	50	300	15.000
2	Gudang	200	150	30.000
3	Kantor	500	450	225.000
4	Musholla	100	300	30.000
5	Kantin	200	150	30.000
6	Poliklinik	50	150	7.500
7	Laboratorium	150	500	75.000
8	Unit proses	10.500	100	1.050.000
9	Bengkel	150	200	30.000
10	K3 & <i>Fire Safety</i>	200	150	30.000
Jumlah				1.522.500

No.	<i>Outdoor</i>	Luas (m ²)	Lux (Lumen/m ²)	Lumen
1	Pos Keamanan	50	150	7.500
2	Jalan dan tanam	500	50	25.000
3	Lapangan parkir	150	5	1.000
4	Area perluasan pabrik	2000	50	100.000
5	Unit utilitas	700	5	3.000
6	Unit pengolahan limbah	200	50	10.000
Jumlah				146.750

Lampu yang direncanakan untuk digunakan dari brand *Philips* dengan jenis lampu LED 14 Watt (untuk ruangan *indoor*) dan 18 Watt (untuk ruangan *outdoor*) dimana masing-masing besar lumennya adalah 1400 lumen dan 2000 lumen. Sehingga dapat dihitung jumlah lampu yang digunakan dan total daya penerangan lampu, sebagai berikut:

- Jumlah lumen di ruangan *indoor* = 2.592.500 lumen

- Jumlah lampu yang digunakan (*indoor*) = $2.592.500/1.400 = 1.851,8$ lampu
- Jumlah lumen di ruangan *outdoor* = 146.500 lumen
- Jumlah lampu yang digunakan (*outdoor*) = $146.500/2.000 = 73,25$ lampu
- Total daya penerangan
 $= (1.851,8 \text{ lampu} \times 14 \text{ Watt/lampu}) + (73,25 \text{ lampu} \times 18 \text{ Watt/lampu})$
 $= 27.243,7 \text{ Watt}$
 $= 27,24 \text{ kW}$

4.2.4 Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara

Tabel 4.6. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara

No.	Bangunan	Luas (m ²)
1	Ruang <i>control</i>	50
2	K-3 & <i>Fire Safety</i>	200
3	Kantor	500
4	Poliklinik	50
5	Laboratorium	150
Jumlah		950

Air Conditioner direncanakan menggunakan AC inverter. Sebuah AC 1 PK memerlukan daya listrik sebesar 520 watt. Luas area yang memerlukan AC adalah 950 m². Sebuah AC diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan seluas 4 x 6 m². Sehingga dibutuhkan AC sejumlah $950/24 = 40$ buah.

- Kebutuhan listrik untuk AC = $40 \times 520 \text{ Watt}$
 $= 20800 \text{ Watt}$
 $= 20,80 \text{ kW}$

4.2.5 Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium, Instrumentasi, dan Bengkel

Kebutuhan listrik untuk laboratorium, instrumentasi, bengkel, serta keperluan pendukung lainnya diperkirakan sebagai berikut:

Laboratorium sebesar = 25 kW

Instrumentasi sebesar = 10 kW

Bengkel sebesar = 35 kW

Kebutuhan lainnya sebesar = 10 kW

Penggunaan listrik untuk kebutuhan lainnya mencakup peralatan kantor, seperti komputer, server, printer, serta perangkat pendukung sistem DCS yang berada di control room.

Dengan demikian, total kebutuhan listrik untuk laboratorium, instrumentasi, bengkel, dan kebutuhan lainnya adalah sebesar 80 kW.

No.	Kebutuhan	kW
1.	Listrik untuk proses dan utilitas	61,15
3.	Listrik untuk penerangan	27,24
4.	Listrik untuk AC	24,96
5.	Listrik untuk laboratorium, bengkel, instrumentasi, dan kebutuhan lainnya	80,00
	Total	193,35

4.2.5.1. Sumber Listrik

Pada perancangan pabrik sodium methylate, kebutuhan listrik akan dipenuhi dari PLN. Selain itu kebutuhan listrik juga akan disuplai dari generator apabila terdapat gangguan dari PLN.

1. PLN

Sumber listrik berasal dari jaringan PLN interkoneksi Jawa–Bali dengan pembangkit utama wilayah Cilegon yaitu PLTU Suralaya dengan kapasitas 3.400 MW sedangkan sebagai antisipasi adanya gangguan listrik oleh PLN dimana proses produksi yang terjadi di pabrik sodium methylate berlangsung secara kontinyu maka diadakan generator sebagai sumber listrik cadangan.

2. Generator

Generator yang dipilih merupakan generator bolak-balik (AC) berjenis 3 fase dengan pertimbangan tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar dan tegangan yang dapat dinaikkan atau diturunkan dengan trafo sesuai kebutuhan, tegangan listrik stabil, fleksibel untuk memilih voltase antara 380 V dan 220 V, kemampuan daya kerja yang besar, menekan biaya dan efisiensi alat apabila terjadi kerusakan salah satu trafo sehingga proses masih dapat terus berjalan, lebih awet, motor 3 fase harganya relatif lebih murah dan sederhana.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut di atas diperoleh dari generator yang merupakan cadangan bila listrik dari PLN mengalami gangguan. Generator

digunakan dengan efisiensi (η) 80%.

Input generator (Q) = $99,623 / 0,80 = 124,53$ kW

Ditetapkan output generator sebesar 200 kW,

Spesifikasi generator:

Type = AC Generator

Kapasitas = 200 kW

Tegangan = 220 / 360 Volt

Efisiensi = 80%

Frekuensi = 50 Hz

Phase = 3 phase

Jumlah = 1 buah

Bahan bakar = Solar

Bahan bakar yang digunakan oleh generator adalah solar. Berikut adalah data spesifikasi solar:

- Heating value = 42.791 kJ/kg
- Massa jenis = 815 kg/m³

Menghitung massa bahan bakar yang diperlukan

$$m = \frac{Q}{f \times \eta} = \frac{124,53 \text{ kJ/s}}{42.791 \text{ kJ/kg} \times 0,8} = 0,0036 \text{ kg/s} = 12,96 \text{ kg/jam}$$

Keterangan :

m = massa bahan bakar yang digunakan (kg/jam)

Q = kapasitas generator (kJ/s)

η = power factor generator

Menghitung laju volumetrik

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{12,96 \text{ kg/jam}}{815 \text{ kg/m}^3} = 0,015 \text{ m}^3/\text{jam} = 15 \text{ L/jam}$$

Sehingga bahan bakar yang dibutuhkan untuk generator sebanyak 15L/jam atau 360L/hari.

4.3 Unit Pengadaan Steam

4.3.1 Kebutuhan Steam

Untuk menghasilkan uap air yang digunakan untuk proses pabrik adalah dengan boiler. Pemilihan boiler biasanya ditentukan oleh kapasitas dan tekanan uap yang dihasilkan, bahan bakar yang digunakan, keawetan instalasi, biaya perawatan

dan operasi serta faktor-faktor ekonomi lain. Pabrik sodium methylyate ini menggunakan *steam* untuk memenuhi kebutuhan panas pada alat *heater* (H-01) dan *reboiler* (RE-01) yang dihasilkan oleh *boiler*.

Tabel 4.7. Kebutuhan Steam

No.	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	<i>Reboiler</i> -01 (RE-01)	112,311
2	<i>Heater</i> -01 (H-01)	997,692
Total		1.110,004

Umpan boiler disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan steam yaitu total sebesar 1.110,004 kg/jam.

4.3.2 Perhitungan Kapasitas Boiler

Penentuan kapasitas boiler dilakukan berdasarkan kebutuhan *low pressure steam* yang digunakan dalam proses produksi pabrik sodium methylyate.

Massa steam = 1.100,004 kg/jam

$T_{\text{BFW}} = 30^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{steam}} = 148^{\circ}\text{C}$

$C_p = 4,18\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$

Efisiensi = 80%

$\lambda = 2125\text{ kJ/kg}$

$Q = M_{\text{BFW}} \times C_p \times \Delta T + \eta \times M_{\text{BFW}} \times \lambda$

$Q = 1.100,004\text{ kg/jam} \times 4,18\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C} \times (148-30)^{\circ}\text{C} + 0,8 \times 1.100,004\text{ kg/jam} \times 2125\text{ kJ/kg}$

$Q = 2.412.572,77\text{ kJ/jam}$

4.3.3 Jenis dan Spesifikasi Boiler

Fungsi: menghasilkan steam untuk proses produksi

Jenis boiler : Water Tube Boiler

Kapasitas : 125.000 lbs/jam

Jumlah : 1 unit

Suhu : 148°C

Tekanan : 4 bar

Efisiensi : 80%

Bahan Bakar : minyak residu (*fuel oil grade 4*)

4.3.4 Perhitungan Bahan Bakar untuk Boiler

Bahan bakar yang digunakan untuk boiler adalah minyak residu (*fuel oil grade 4*). Dari Hougen (1943) didapat :

Heating Value (NHV) = 19,676 Btu/lb

Densitas = 59,32 lb/ft³

Specific gravity = 0,8691

Efisiensi Boiler = 80 %

Kebutuhan Bahan Bakar untuk Boiler:

$$mf = \frac{Q}{n \times NHV}$$

Keterangan:

Q = Beban Panas

N = Efisiensi Bahan Bakar = 75%

Maka:

$$\begin{aligned} mf &= \frac{Q}{n \times NHV} \\ &= \frac{20.616.528,4}{0,80 \times 19,676} \\ &= 1.309.750,991 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Volume Bahan Bakar:

$$\begin{aligned} V &= \frac{\text{massa bahan bakar}}{\text{densitas bahan bakar}} \\ &= \frac{1.309.750,991 \text{ lb/jam}}{59,32 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 22.079,41657 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 625.219,45 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini berfungsi untuk menunjang operasional boiler dan generator listrik. Pada perancangan pabrik sodium methyate, bahan bakar yang direncanakan untuk digunakan adalah biosolar B40 yang dipasok oleh Pertamina. Pemilihan bahan bakar ini didasarkan pada ketersediaannya yang mudah diperoleh, sifatnya yang lebih ramah lingkungan, serta harganya yang relatif ekonomis. Spesifikasi biosolar B40 mengacu pada dokumen yang diunggah pada situs Pertamina Patra Niaga, yang disajikan sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Spesifikasi biosolar B40 (Pertamina Patra Niaga, 2025)

Parameter	Nilai
Bilangan Setana	Min. 51
Berat Jenis	815-880 kg/m ³
Viskositas	2-5mm ² /s
Kandungan sulfur	Max. 0,2%/m/m
Residu karbon	Max. 0,1%/m/m
Kandungan abu	Max. 0,01%/m/m
Kandungan sedimen	Max. 0,01%/m/m
Bilangan asam total	Max. 0,6mg KOH/g
Campuran biodiesel : solar	40:60

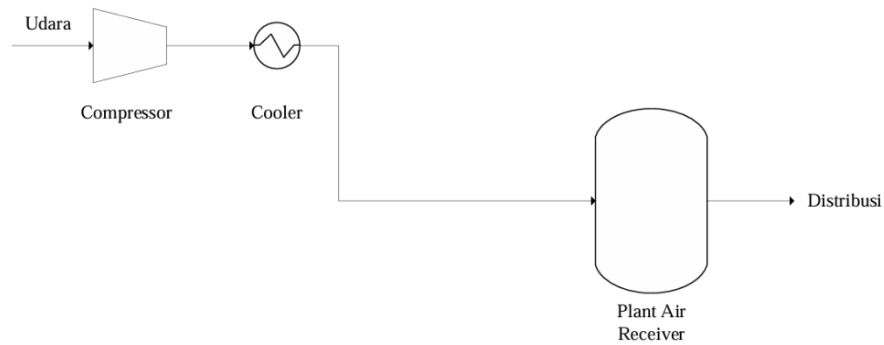
Jadi, total kebutuhan bahan bakar merupakan akumulasi dari kebutuhan bahan bakar untuk generator dan boiler, yaitu sebesar 625.231,45 L/jam atau 15.005.554,8 L/hari.

4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan

Penyediaan udara tekan pada pabrik umumnya dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dalam proses produksi maupun pengolahan bahan. Udara tekan dimanfaatkan sebagai sumber tenaga penggerak serta sebagai media penyedia udara yang bersih dan kering guna menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Selain itu, udara tekan juga digunakan dalam sistem kontrol sebagai aliran *pneumatic* untuk mengoperasikan peralatan pengendali proses (*valve*) pada proses produksi. Secara umum, penggunaan udara tekan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *plant air unit* dan *instrument air*.

4.5.1 Plant Air Unit

Plant air unit berfungsi untuk menyediakan udara bersih yang digunakan dalam pembersihan peralatan proses dan utilitas, serta untuk kebutuhan proses produksi yang tidak memerlukan udara dengan kadar kelembapan rendah. Sistem *plant air unit* dioperasikan pada tekanan sebesar 10 kg/cm². Udara pertama-tama dialirkan melalui kompresor jenis *reciprocating single acting*, kemudian didinginkan menggunakan *cooler*, dan selanjutnya disimpan dalam *plant air receiver* sebelum didistribusikan ke peralatan di dalam pabrik.

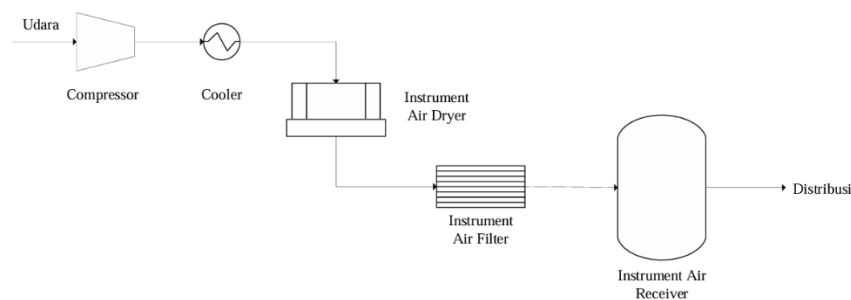


Gambar 4. 1 *Plant air unit block diagram*

4.5.2 *Instrument Air Unit*

Instrument air unit digunakan sebagai media atau sumber tenaga penggerak bagi peralatan kontrol, seperti *flow control*, *pressure control*, dan sistem pengendalian lainnya, dengan tekanan operasi sebesar 7 kg/cm². Pada tahap awal, proses pada *instrument air unit* serupa dengan *plant air unit*, di mana udara dikompresi menggunakan kompresor tipe *reciprocating single acting* dan kemudian didinginkan melalui *cooler*.

Perbedaan utama terletak pada tahap pengolahan lanjut, di mana udara dialirkan melalui *air dryer* dan *air filter* sebelum disimpan dalam *instrument air receiver*. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air serta menghilangkan partikel-partikel pengotor dalam udara, sehingga kinerja sistem instrumentasi tidak terganggu. Oleh karena itu, kualitas udara yang dihasilkan oleh *instrument air unit* lebih baik dibandingkan dengan *plant air unit*.



Gambar 4. 2 *Instrument air unit block diagram*

4.6 **Laboratorium**

Tugas dan fungsi utama Laboratorium adalah pencatatan, pelaporan, dan menganalisa faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas bahan baku, produk, metode kerja, serta manusia.

4.6.1 Bagian-Bagian Laboratorium

Pabrik sodium methyrate menjalankan pengendalian mutu produk melalui berbagai pengujian di laboratorium. Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium tersebut dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Pengendalian Mutu Produk (*Quality Control*)

Pengertian pengendalian mutu adalah kegiatan terpadu mulai dari pengendalian standar kualitas mutu bahan, standar proses produksi, barang setengah jadi, barang jadi, hingga kestandar pengiriman produk akhir kekonsumen agar barang (jasa) yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi mutu yang direncanakan. Uji Bahan Baku dilakukan untuk membuktikan apakah bahan baku sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh pabrik dengan menggunakan metode gas kromatografi untuk mengetahui kadar metanol yang terkandung. Jika bahan baku tidak sesuai dengan spesifikasi pabrik Departemen *Quality Control* berhak untuk menerbitkan surat *return*. Uji Produk Setengah Jadi dilakukan dengan menguji kadar *sodium methyrate* yaitu $\geq 15\%$. Jumlah sodium methyrate yang terkandung menunjukkan apakah reaksi berjalan dengan baik sehingga menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Uji Produk Jadi dengan menghitung kadar sodium methyrate yaitu sebesar 30%. Uji Produk Setengah Jadi dan Produk Jadi diukur kadar sodium methyrate menggunakan alat Sodium 2300 Na, dimana alat ini adalah pendeteksi *online* kadar Na dalam larutan.

2. Pengendalian Baku Mutu Lingkungan

Program kegiatan ini mencakup analisa limbah hasil proses produksi seperti limbah cair, limbah gas. Selain itu menganalisa limbah yang telah diolah melalui unit pengolahan limbah sebelum melakukan pembuangan ke lingkungan, dan menganalisa buangan *cooling water* yang telah digunakan pada unit alat proses.

3. Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*)

Penelitian dan pengembangan bermanfaat dalam mengatasi permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait dalam proses untuk meningkatkan hasil produk dan mengimbangi kebutuhan pasar.

4.6.2 Pengujian yang Dilakukan di Laboratorium

Untuk menjamin mutu bahan baku serta produk yang dihasilkan, laboratorium pada pabrik sodium methyrate dilengkapi dengan berbagai jenis pengujian, antara lain:

1. Analisa Pengujian Kadar Produk

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar sodium methylate dalam produk. Metode yang digunakan adalah titrasi asam-basa dengan menggunakan larutan standar asam klorida (HCl). Prinsip pengujian ini didasarkan pada reaksi netralisasi antara sodium methylate dengan HCl yang menghasilkan metanol dan natrium klorida. Dalam pelaksanaannya, sampel larutan sodium methylate dalam metanol diambil dengan volume tertentu, kemudian ditambahkan indikator fenolftalein. Selanjutnya dilakukan titrasi menggunakan larutan HCl hingga terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi tidak berwarna sebagai tanda tercapainya titik akhir titrasi. Volume larutan HCl yang digunakan kemudian dicatat dan digunakan untuk menghitung kadar sodium methylate dalam sampel.

2. Analisa Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air dalam produk larutan sodium methylate. Metode yang digunakan adalah titrasi Karl Fischer karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk analisis kadar air dalam pelarut organik seperti metanol. Prinsip pengujian ini didasarkan pada reaksi antara air dalam sampel dengan reagen Karl Fischer. Dalam pelaksanaannya, sampel larutan sodium methylate diinjeksikan ke dalam alat Karl Fischer titrator, kemudian dititrasi secara otomatis hingga mencapai titik akhir yang ditandai dengan perubahan sinyal listrik pada alat. Jumlah reagen yang digunakan sebanding dengan kadar air dalam sampel, sehingga dapat digunakan untuk menghitung kandungan air secara kuantitatif.

3. Analisa Densitas (*Specific Gravity*)

Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui massa jenis larutan sodium methylate dalam metanol sebagai salah satu parameter fisik yang menunjukkan konsistensi dan konsentrasi produk. Metode yang digunakan adalah pengukuran menggunakan piknometer atau densitometer. Prinsip pengujian ini didasarkan pada perbandingan massa terhadap volume larutan pada suhu tertentu. Dalam pelaksanaannya, sampel dimasukkan ke dalam alat ukur, kemudian massa dan volume larutan ditentukan sehingga diperoleh nilai densitas. Nilai densitas ini selanjutnya dibandingkan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan untuk memastikan kualitas produk.

4.7 Unit Pengolahan Limbah

4.7.1 Identifikasi Limbah

1. Limbah Cair

Limbah cair pada pabrik sodium methylate terutama berasal dari aliran buangan proses, kegiatan pencucian peralatan, serta unit utilitas dan sanitasi. Salah satu sumber utama adalah aliran dari unit reaksi yang dialirkan ke unit pengolahan limbah cair (WWTP), yang mengandung sisa bahan seperti metanol, natrium hidroksida (NaOH), dan sodium methylate. Aliran ini dikategorikan sebagai limbah cair proses karena tidak menjadi produk dan memiliki karakteristik basa dengan nilai pH tinggi serta kandungan bahan organik yang cukup besar, yang tercermin dari nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Selain itu, limbah cair juga dihasilkan dari air pencucian peralatan proses, blowdown utilitas seperti boiler dan cooling tower, serta limbah domestik dari kegiatan sanitasi pekerja. Secara umum, limbah cair yang dihasilkan memiliki karakteristik berupa pH basa, kandungan zat organik dari metanol, serta senyawa kimia reaktif, sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut agar memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang ke badan air penerima.

2. Limbah Padat

Limbah padat pada pabrik sodium methylate terutama dihasilkan dari unit pengolahan limbah cair serta kegiatan operasional dan pemeliharaan. Salah satu sumber utama adalah *sludge* atau lumpur yang terbentuk dari unit pengolahan limbah cair (WWTP), yang mengandung endapan senyawa anorganik seperti garam natrium serta sisa bahan organik hasil pengolahan. Jumlah dan karakteristik *sludge* yang dihasilkan bergantung pada metode pengolahan limbah cair yang digunakan.

Selain itu, limbah padat juga berasal dari kegiatan operasional seperti kemasan bahan baku, material pendukung, serta limbah domestik berupa sampah kertas, plastik, dan sisa makanan. Limbah dari kegiatan pemeliharaan seperti kain majun terkontaminasi bahan kimia dan limbah padat lainnya juga dapat dihasilkan. Secara umum, limbah padat ini dapat bersifat non-B3 maupun B3 apabila terkontaminasi bahan kimia seperti natrium hidroksida atau metanol, sehingga memerlukan penanganan sesuai dengan karakteristiknya.

4.7.2 Baku Mutu Limbah

1. Limbah Cair

Berdasarkan Permen LH No.5 Tahun 2014 secara spesifik diwajibkan untuk memenuhi parameter yang tercantum pada Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4. 9 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Petrokimia Hulu (Permen LH No.5 Tahun 2014)

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
pH	-	6-9
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	150
Minyak dan Lemak	mg/L	15
Fenol	mg/L	1
Cr	mg/L	1
Cu	mg/L	3
Zn	mg/L	10
Ni	mg/L	0,5
Kuantitas Air Limbah Paling Tinggi	m ³ /ton bahan baku	0,6

Limbah cair yang dihasilkan pabrik sodium methylate dihasilkan dari proses reaksi. Pada proses reaksi dari kolom *Reactive Distillation* akan terbentuk produk samping berupa air sebanyak 1.010,381 kg/jam. Limbah ini akan dikirim ke unit pengolahan air limbah (*waste water treatment plant*) untuk distabilisasi terlebih dahulu sebelum dibuang ke tempat penimbunan akhir.

2. Limbah Padat

Pada pabrik ini, limbah padat yang dihasilkan terutama berasal dari unit *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) berupa *sludge* atau lumpur hasil pengolahan limbah cair. *Sludge* WWTP terbentuk dari proses pengolahan fisik, kimia, maupun biologis yang bertujuan untuk menurunkan kandungan pencemar dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Meskipun jumlah *sludge* yang dihasilkan belum ditentukan secara kuantitatif, keberadaan limbah ini tetap perlu diperhatikan karena berpotensi mengandung zat pencemar yang dapat dikategorikan sebagai limbah B3. Oleh karena itu, *sludge* yang dihasilkan perlu dilakukan pengujian karakteristik

sesuai dengan ketentuan yang berlaku untuk menentukan klasifikasi dan metode pengelolaan yang tepat.

Berdasarkan ketentuan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Pasal 278, limbah yang tidak tercantum dalam daftar Limbah B3 tetap wajib dilakukan pengujian karakteristik untuk menentukan apakah limbah tersebut termasuk dalam kategori Limbah B3 atau non-B3. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi klasifikasi limbah menjadi Limbah B3 kategori 1, Limbah B3 kategori 2, atau limbah non-B3.

Karakteristik yang digunakan dalam penentuan Limbah B3 meliputi:

- a. mudah meledak;
- b. mudah menyala;
- c. reaktif;
- d. infeksius;
- e. korosif; dan/atau
- f. beracun.

Uji karakteristik untuk mengidentifikasi Limbah B3 kategori 1 meliputi:

- a. pengujian sifat mudah meledak, mudah menyala, reaktif, infeksius, dan/atau korosif sesuai parameter yang ditetapkan;
- b. pengujian karakteristik beracun melalui metode TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) untuk menentukan konsentrasi zat pencemar dalam limbah; dan
- c. uji toksikologi dengan parameter LD_{50} , di mana limbah dikategorikan sebagai Limbah B3 kategori 1 apabila memiliki nilai LD_{50} kurang dari 50 mg/kg berat badan hewan uji.

Sementara itu, uji karakteristik untuk mengidentifikasi Limbah B3 kategori 2 meliputi:

- a. pengujian karakteristik beracun melalui metode TCLP untuk menentukan konsentrasi zat pencemar, dengan kriteria konsentrasi berada pada rentang tertentu sesuai standar;
- b. uji toksikologi dengan parameter LD_{50} , di mana limbah memiliki nilai lebih besar dari 50 mg/kg namun kurang dari atau sama dengan 5.000 mg/kg berat badan hewan uji; dan
- c. uji toksikologi subkronis sesuai parameter yang berlaku.

Seluruh rangkaian uji karakteristik tersebut dilakukan secara bertahap untuk memastikan klasifikasi limbah secara tepat, sehingga pengelolaan limbah padat dapat dilakukan sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan meminimalkan dampak terhadap lingkungan.

4.7.3 Pengolahan Limbah

1. Limbah Cair

Limbah cair berasal dari air bocoran-bocoran proses, buangan utilitas, serta limbah buangan sanitasi dari kamar mandi, dan dapur. Limbah ini dapat diolah dengan cara:

a) Reaktor UASB / Reaktor *Anaerobic*

Di dalam reaktor *upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) ini, air limbah akan melewati lumpur *anaerobic* berbentuk granular. Kemudian, memisahkan larutan dengan biogas dengan memanfaatkan separator 3 fasa (air-lumpur-biogas) yang ada pada bagian atas reaktor. Sedangkan, lumpur bakteri keluar dari blanket, yang kemudian kembali ke reaktor. *Efluen reactor anaerobic* mengalir ke tangki aerasi dimana BOD dan COD air limbah diturunkan lebih lanjut sampai di bawah batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Biogas yang terbentuk dari reaktor anaerobik dibakar.

b) Reaktor Aerobik

Air limbah yang keluar dari reaktor UASB diolah kembali dengan menggunakan mikroorganisme aerobik. Aerasi diperlukan pada reaktor ini untuk keperluan mikroorganisme dan juga untuk pengadukan. Dalam reaktor ini senyawa-senyawa dalam air limbah diubah menjadi mikroba baru dan senyawa yang lebih sederhana. Hasil dari reaktor aerobik kemudian dialirkan ke *clarifier* agar mikroorganisme yang terikut dapat terendapkan. Sebagian lumpur yang terendapkan didaur ulang ke reaktor aerobik dan sebagian lagi dipompa ke tangki lumpur untuk dikurangi kadar airnya (*dewatering*).

2. Limbah Padat

Limbah padat berupa *sludge* yang dihasilkan dari unit pengolahan air dan juga kegiatan domestik rumah tangga. Limbah padat dari unit pengolahan air akan dikurangi kadar airnya sehingga dapat dijadikan sebagai pupuk. Limbah rumah tangga akan dibuang ke tempat pembuangan akhir. Selanjutnya, solusi pengolahan pertama yang bisa dilakukan pada limbah padat adalah penimbunan terbuka.

Limbah padat dibagi menjadi organik dan juga anorganik. Limbah padat organik akan lebih baik ditimbun, karena akan diuraikan oleh organisme- organisme pengurai, sehingga akan membuat tanah menjadi lebih subur. Kemudian, *sanitary landfill* dengan menggunakan lubang yang sudah dilapisi tanah liat dan juga plastik untuk mencegah pembesaran di tanah dan gas metana yang terbentuk dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.

4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

Pabrik sodium methyate mengambil kebijakan dalam aspek perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pemeliharaan instalasi peralatan dan keselamatan karyawan. Menurut Sholikin & Herawati (2020), pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja ini berdasarkan pada :

1. UU Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja;
2. UU Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Republik Indonesia No. 6 Tahun 2023 Tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang No. 2 Tahun 2022 Tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang;
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 88 Tahun 2019 Tentang Kesehatan Kerja, 2019;
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja;
5. Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2019 tentang Penyakit Akibat Kerja;
6. Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 34 Tahun 2014 tentang Pengesahan *Convention Concerning The Promotional Framework for Occupational Safety and Health/Convention 187, 2006* (Konvensi Mengenai Kerangka Kerja Peningkatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja/Konvensi 187, 2006);
7. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja;
8. Permenaker No. 18 Tahun 2016 Tentang Dewan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja;
9. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 48 Tahun 2016 Tentang Standar Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Perkantoran);
10. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 56 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Pelayanan Penyakit Akibat Kerja;

11. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 26 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Penilaian Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja;
12. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 70 Tahun 2016 Tentang Standar Dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri

Untuk menerapkan aspek-aspek K3 dilingkungan pabrik dan perusahaan, maka perusahaan akan membuat prosedur kerja, langkah pencegahan kecelakaan, serta cara menaggulangi kecelakaan kerja. Selain itu perusahaan juga akan memberikan pendidikan dan pelatihan mengenai kesehatan dan keselamatan kerja kepada seluruh karyawan.

4.8.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Berdasarkan UU Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, pengurus atau orang yang mempunyai tugas memimpin langsung sesuatu tempat kerja atau bagiannya yang berdiri sendiri diwajibkan :

- a. Secara tertulis menempatkan dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua syarat keselamatan kerja yang diwajibkan, Undang undang ini dan semua peraturan pelaksanaannya yang berlaku bagi tempat kerja yang bersangkutan, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca dan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja;
- b. Memasang semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli Keselamatan Kerja;
- c. Menyediakan semua alat perlindungan diri yang diwajibkan pada tenaga kerja yang berada di bawah pimpinannya dan menyediakan bagi setiap orang lain yang memasuki tempat kerja tersebut, disertai dengan petunjuk-petunjuk yang diperlukan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja.

4.8.2 Kelestarian Lingkungan Hidup

Dalam rangka menjaga keberlanjutan lingkungan hidup, diperlukan penerapan berbagai langkah strategis sebagai berikut:

1. Menaati ketentuan peraturan dan standar yang berlaku terkait pengelolaan limbah dan emisi, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2. Mematuhi regulasi mengenai pengelolaan sampah sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.
3. Melakukan kajian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) atau *Environmental Impact Assessment* (EIA) sebelum tahap pembangunan maupun operasional pabrik, guna mengidentifikasi potensi dampak terhadap lingkungan.
4. Memelihara kualitas air, udara, dan tanah di sekitar area industri melalui pemantauan berkala terhadap parameter baku mutu limbah yang dibuang.
5. Menerapkan teknologi pengolahan dan pembuangan limbah yang berwawasan lingkungan.
6. Menyelenggarakan kegiatan sosialisasi kepada karyawan serta masyarakat di sekitar lokasi industri terkait pentingnya pelestarian lingkungan.
7. Melaksanakan program konservasi mangrove sebagai bagian dari upaya perlindungan ekosistem.

4.8.3 HIRADC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control*)

Analisis keselamatan kerja pada pabrik sodium methyrate dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap tahapan proses, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan kejadian dan dampaknya, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Hasil analisis tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4. 10 *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) pada Pabrik Sodium Methylate

No	Tahapan Kegiatan	Potensi Bahaya	Dampak Risiko	L	S	Risk Level	Kategori	Pengendalian
1	Penyimpanan metanol	Uap mudah terbakar	Kebakaran/ledakan	4	5	20	Tinggi	Gunakan tangki tertutup dengan nitrogen blanketing untuk mencegah kontak dengan oksigen; pasang flame arrester; sistem grounding untuk mencegah listrik statis; area dilengkapi detektor gas & fire alarm; larangan sumber api (no ignition source)
2	Penyimpanan NaOH	Korosif	Luka bakar	3	4	12	Sedang	Gunakan tangki tahan korosi (SS); area dilengkapi secondary containment; SOP penanganan bahan korosif; tersedia <i>eyewash & safety shower</i>
3	Transfer metanol	Kebocoran	Paparan & kebakaran	3	5	15	Tinggi	Gunakan pipa tertutup + flange standar; inspeksi kebocoran berkala; instalasi gas detector; sistem <i>emergency shut-off valve</i> (ESDV)
4	Reaksi NaOH + metanol	Reaksi eksotermis	Overheating	4	4	16	Tinggi	Gunakan <i>temperature control otomatis (PID)</i> ; <i>jacket cooling</i> ; <i>monitoring suhu real-time</i> ; <i>interlock system</i> untuk shutdown jika suhu melebihi batas
5	Operasi reaktor	Tekanan tinggi	Ledakan	3	5	15	Tinggi	Pasang <i>pressure relief valve</i> (PRV) dan <i>rupture disk</i> ; <i>pressure indicator & alarm</i> ; desain reaktor sesuai standar ASME

6	Agitator	Kegagalan mekanik	Cedera	2	3	6	Sedang	Gunakan <i>safety guard</i> pada agitator; <i>preventive maintenance</i> ; <i>lock-out tag-out</i> (LOTO) saat perbaikan
7	Pemanasan reaktor	Suhu tinggi	Luka bakar	2	3	6	Sedang	Isolasi termal pada reaktor & pipa; signage “ <i>HOT SURFACE</i> ”; operator wajib pakai sarung tangan tahan panas
8	Sistem pendingin	Kebocoran	Kontaminasi	2	2	4	Rendah	Monitoring tekanan <i>cooling water</i> ; inspeksi <i>heat exchanger</i> ; gunakan sistem closed loop
9	Penyimpanan produk	Reaktif dengan air	Reaksi berbahaya	3	4	12	Sedang	Simpan dalam kondisi kering & inert (nitrogen); hindari kontak dengan air; gunakan drum/tangki tertutup rapat
10	Pengemasan	Kontak bahan kimia	Iritasi	2	3	6	Sedang	Gunakan APD lengkap (sarung tangan, goggles); sistem filling tertutup; ventilasi lokal (LEV)
11	Limbah kimia	Limbah korosif	Pencemaran	3	4	12	Sedang	Netralisasi limbah sebelum dibuang; gunakan IPAL; monitoring pH sebelum discharge; SOP limbah B3
12	Area kerja	Uap kimia	Gangguan pernapasan	3	3	9	Sedang	Sistem ventilasi umum + local exhaust ventilation (LEV); penggunaan respirator jika perlu
13	Instrumentasi	Kegagalan alat	Operasi tidak stabil	3	4	12	Sedang	Kalibrasi rutin; sistem redundant sensor; alarm & interlock otomatis
14	Sistem listrik	Percikan	Kebakaran	2	5	10	Sedang	Gunakan peralatan explosion-proof (Exp-proof); grounding; inspeksi kabel berkala

15	Maintenance	Paparan bahan kimia	Cedera	3	3	9	Sedang	Terapkan permit to work (PTW); LOTO; APD lengkap; isolasi sistem sebelum perbaikan
16	Keadaan darurat	Kebocoran besar	Paparan massal	2	5	10	Sedang	Sediakan emergency response plan; jalur evakuasi; pelatihan simulasi; spill kit & APAR

4.9 Instrumentasi

Dalam industri kimia, sistem instrumentasi memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga kestabilan serta pengendalian proses. Instrumentasi berfungsi sebagai alat ukur yang terdiri atas indikator (penunjuk), pencatat, serta alat pengendali (controller). Parameter operasi yang dikontrol meliputi suhu, tekanan, laju alir, dan tinggi cairan dalam suatu peralatan seperti tangki maupun unit proses lainnya.

Pengendalian proses dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Sistem manual digunakan apabila proses masih dapat dikendalikan langsung oleh operator. Sedangkan sistem otomatis diterapkan pada proses yang membutuhkan ketelitian tinggi, respon cepat, dan tidak memungkinkan dikendalikan secara manual. Selain itu, penggunaan sistem otomatis umumnya lebih efisien dari segi operasional dibandingkan sistem manual.

Pengendalian secara otomatis memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

1. Mengurangi kebutuhan tenaga kerja.
2. Meminimalkan kesalahan akibat faktor manusia.
3. Menjamin kualitas produk lebih konsisten.
4. Ketelitian dalam pengaturan kondisi operasi lebih tinggi.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka pada perancangan pabrik ini sebagian besar peralatan menggunakan sistem kontrol otomatis. Namun demikian, tenaga kerja tetap dibutuhkan untuk kegiatan pengawasan dan pengendalian secara umum.

4.9.1 Pemilihan Instrumentasi

Penentuan jenis instrumentasi yang digunakan pada setiap peralatan harus mempertimbangkan kondisi operasi yang berlangsung. Oleh karena itu, perlu diketahui variabel input yang tidak dapat dikontrol serta output yang diharapkan dari sistem pengendalian.

Pemilihan instrumentasi harus memberikan keuntungan baik dari segi teknis maupun ekonomis. Adapun kriteria yang digunakan meliputi:

1. Mudah dalam pengoperasian dan pengawasan.
2. Mudah dalam perawatan serta perbaikan.
3. Ketersediaan suku cadang yang memadai.

4. Biaya peralatan relatif ekonomis dengan kualitas yang baik.

4.9.2 Jenis-jenis Instrumentasi

Instrumentasi yang digunakan dalam pabrik ini meliputi beberapa jenis pengendalian, yaitu:

1. Pengendalian Suhu
 - a) TI (*Temperature Indicator*)
Berfungsi sebagai penunjuk nilai suhu pada suatu peralatan.
 - b) TIC (*Temperature Controller*)
Berfungsi untuk mengatur suhu agar tetap berada pada nilai yang telah ditentukan.
2. Pengendalian Tekanan
 - a) PI (*Pressure Indicator*)
Digunakan untuk menunjukkan besarnya tekanan dalam sistem.
 - b) PIC (*Pressure Controller*)
Berfungsi mengontrol tekanan agar tetap stabil sesuai kondisi operasi yang diinginkan.
3. Pengendalian Laju Alir
 - a) FC (*Flow Controller*)
Mengatur laju alir fluida agar sesuai dengan kebutuhan proses.
 - b) FIC (*Flow Indicator Controller*)
Berfungsi mencatat sekaligus mengontrol laju aliran fluida.
4. Pengendalian Tinggi Cairan
 - a) LI (*Level Indicator*)
Menunjukkan tinggi permukaan cairan dalam suatu peralatan.
 - b) LIC (*Level Controller*)
Mengontrol tinggi cairan agar tetap pada batas yang telah ditentukan.

4.9.3 Daftar Instrumentasi pada Peralatan

Berikut Tabel 4.10 menyajikan jenis instrumentasi yang digunakan pada masing-masing peralatan dalam pabrik:

Tabel 4. 11 Daftar Instrumentasi pada Peralatan di Pabrik Sodium Methylate

No	Kode Alat	Nama Alat	Variabel	Instrumentasi
1	T-01	Tangki Metanol	Level	LIC

2	T-02	Tangki Air	Level	LIC
3	T-03	Tangki Sodium Methylate	Level	LIC
4	MT-01	<i>Mixing Tank</i>	Temperatur	TIC, TI
5	RD-01	<i>Reactive Distillation</i>	Temperatur	TIC, TI
6	RD-01	<i>Reactive Distillation</i>	Level (bottom)	LIC
7	RE-01	<i>Reboiler</i>	Temperatur	TIC, TI
8	CD-01	Kondensor	Temperatur	TIC, TI
9	C-01	<i>Cooler Sodium Methylate</i>	Temperatur	TI
10	C-02	<i>Cooler Air</i>	Temperatur	TI
11	H-01	<i>Heater NaOH</i>	Temperatur	TIC, TI
12	MP-01	Membran Pervaporasi	Tekanan/Aliran	FIC
13	P-01	Pompa Metanol	Laju alir	FIC
14	P-02	Pompa Larutan NaOH	Laju alir	FIC
15	P-03	Pompa Recycle Metanol	Laju alir	FIC
16	VP-01	Pompa Vakum	Tekanan	PI
17	Line ke IPAL	Aliran limbah	Laju alir	FIC