BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Pabrik memiliki sarana penunjang proses (utilitas) pabrik dapat beroperasi dengan baik. Unit utilitas bertugas untuk menyediakan kebutuhan air (air pendingin, air sanitasi, air *hydrant*, dan air umpan boiler), boiler, listrik, udara tekan instrumentasi, dan bahan bakar. Selain itu, di dalam pabrik terdapat unit pendukung proses yaitu unit pengolahan limbah dan laboratorium.

Unit utilitas pada pabrik methanol ini meliputi antara lain:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pembangkit Uap
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Penyediaan Udara Instrumen
5. Unit Penyedia Bahan Bakar
6. Unit Laboratorium
7. Unit Pengolahan Limbah
8. Unit Kesehatan dan Keselamatan Kerja

4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Unit penyediaan air berfungsi untuk menyediakan kebutuhan air pabrik, mulai dari pengadaan, pengolahan, hingga air tersebut siap digunakan untuk air proses, air pendingin, air umpan boiler, air *hydrant,* dan air sanitasi. Pabrik methanol ini menggunakan air sungai Ci Baranta dan Gunung Sari untuk memenuhi kebutuhan air di industri.

4.1.1 Unit Pengadaan Air

1. Air Pendingin *(Cooling Water)*

Di dalam sistem penukar panas 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 (KEP-49/MENLH/11/2010).

Unit air pendingin berfungsi untuk menyediakan media pendingin pada alat *heat exchanger*, *cooler*, dan *condensor* guna menyerap dan memindahkan panasnya. Air tersebut perlu *treatment* agar tidak terjadi *fouling* (pengotor), korosi akibat aktivitas mikroba pada alat penukar panas.

Syarat-syarat air pendingin adalah:

a. Tidak menyebabkan korosi.
b. Tidak menyebabkan *fouling* (kerak) yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa saat air masuk ke unit pengolahan, seperti mikroba dan zat organik lainnya.
c. Air harus jernih dan air harus bersih, tidak terdapat partkel-partikel kasar seperti batu dan kerikil, atau partikel halus seperti pasir, tanah, dan lumut, serta tidak mengandung bahan kimia.

Parameter penting yang menjadi pertimbangan dalam pengolahan air pendingin yaitu:

a. Air merupakan materi yang diperoleh dalam jumlah besar dan mudah pengolahannya.
b. Air dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume tinggi dan tidak mudah terdekomposisi.
c. Air tidak mudah menyusut dalam batasan dengan adanya auhu pendingin.
d. Konduktivitas untuk mengindikasikan jumlah total *Dissolve* (TDS) mineral dalam air dan total *suspended solid* (TSS) lumut yang menyebabkan *fouling* (pengotor).
e. pH untuk mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaan air.
f. Alkalinitas berupa ion karbonat dan ion bikarbonat.
g. *Hardness* atau kesadahan untuk menunjukkan jumlah ion kalsium, magnesium, *silica* yang ada dalam air yang dapat menyebabkan kerak.
h. Besi dan oksigen terlaut yang dapat menimbulkan korosi.
i. Kandungan minyak yang dapat menyebabkan adanya lapisan film sehingga dapat mengganggu koefisien transfer panas dan menimbulkan endapan.

Persyaratan air sebagai *cooling water* yaitu:

Table 4.1 Syarat Air Pendingin (ASME Water Quality Standard, 1994)

Parameter	***Circulating Water***	***Make Up Water***
pH (25˚C)	6,5-8,2	6,0-8,0
Konduktivitas Elektrik (mS/m)	< 80	< 30
Klorin (mg/l)	< 200	< 50
Sulfat (Cfu/ml)	< 200	< 50
Alkali (mg/l)	< 100	< 50
Total *Hardness* (mg/l)	< 200	< 70
Silica (mg/l)	< 150	< 50
Parameter	***Circulating Water***	***Make Up Water***
Ca^{2+} (mg/l)	< 40	< 30
Turbidinitas (NTU)	10-500	10-500

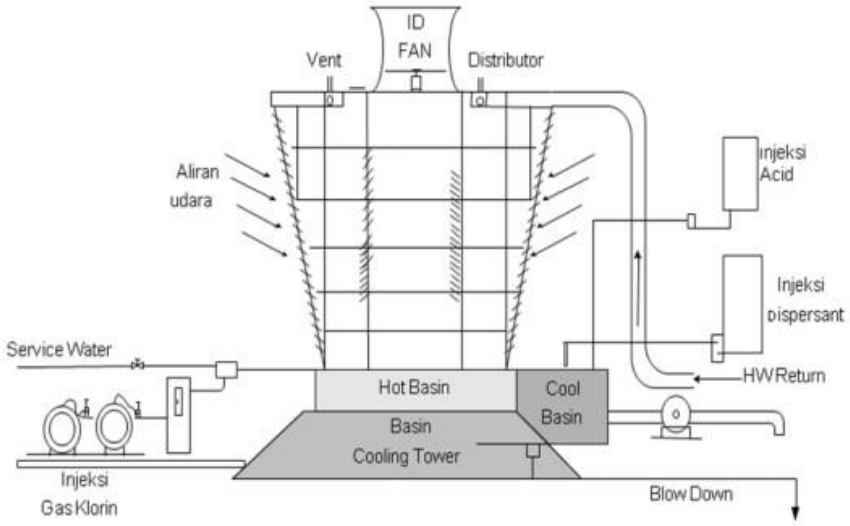
Sistem air pendingin dibagi dalam dua jenis, yaitu:

1. Jenis resirkulasi tertutup (semua air didaur ulang)
2. Jenis resirkulasi terbuka (semua air langsung dibuang)

Perlu diperhatikan *total dissolve solid* (TDS) akibat menguapnya sebagian air saat didinginkan di *cooling tower*. Jika nilai *Total dissolved solid* (TDS) ng tinggi akan menimbulkan terbentuknya kerak, maka diperlukan sistem *blowdown* dan pemberian *make-up water*. Sedangkan pada sistem resirkulasi terbuka, air yang telah digunakan langsung dibuang.

Pabrik methanol ini menggunakan air pendingin sistem resirkulasi terbuka. Sistem ini dipilih karena memiliki beberapa keuntungan yaitu biaya operasinya lebih rendah dan peralatan yang digunakan lebih sedikit. Sistem yang digunakan juga adalah sekali pakai (*once-through*), artinya setelah air digunakan sebagai pendingin, air tersebut akan dikembalikan ke lingkungan. Air yang hilang perlu diganti dengan menambahkan *make up water.*

Adapun rangkaian proses pengolahan air pendingin menggunakan *cooling tower* untuk mensuplai kebutuhan air pendingin pada pabrik methanol yaitu:



Gambar 4. 1 *Cooling Tower*

Menara *cooling water* dirancang untuk mendinginkan air dari temperatur 70-90℃ menjadi 35℃ dengan *wet bulb* temperature 29,1℃ pada tipe *counter flow* dengan sistem terbuka. *Cooling tower* ini terdiri dari *draft fan* beserta masing-masing motornya dan dua buah *header supply* utama untuk pendistribusian ke *onsite* dan *utility area*. Pompa cadangan digunakan untuk mengantisipasi dari gangguan saat pompa satunya bermasalah.

Air dari sirkulasi proses dengan suhu sekitar 70-90℃ masuk menara pendingin dari bagian atas lalu jatuh ke dalam basin melalui distributor dan *splashing cup* (cawan pemercik) dalam bentuk butiran hujan melalui *spray nozzle*. Udara luar masuk melalui sirip-sirip kayu yang terhisap oleh *fan* di puncak *cooling tower* dan berkontak langsung dengan air yang turun ke basin, sehingga temperatur air turun hingga 35-30℃.

- **KEBUTUHAN AIR PENDINGIN**

Table 4.2 Kebutuhan Air Pendingin pada Unit Proses

Alat	Kode	Kebutuhan Air (kg/jam)
Cooler	E-102	14.880,64
Stripper	D-101	2.251,08
Condenser	CN-101	438.114,19
Kompressor	K-101	28.175.007,70
Reaktor	R-201	12.888.345,66
Condenser	CN-301	1.158,25
Condenser	CN-302	1
Kompressor	K-201	28.175.007,70
Cooler	E-301	939.470,91
Total		**70.634.237,12**

Sistem pendingin yang dipakai pada unit ini adalah semi terbuka, dengan perkiraan kehilangan air (*water losses*) sebesar 2%. Jika densitas air pada suhu 30 - 40°C berkisar 1.000 kg/m³ (Geankoplis, 1997). Selain itu tangki *cooling water* juga dirancang sehingga dapat menampung air pendingin sebesar 2% berlebih daripada air pendingin yang dibutuhkan. Hal ini dilakukan apabila terjadi kebocoran pada pipa air sehingga tidak mengganggu jalannya proses.

Total kebutuhan air untuk pendingin saat *start up*:

= 70.634.237,12 kg/jam x 24 jam/hari x 1/1000 kg/m^3

= 1.695.221,691 m^3/hari

Total kebutuhan air untuk pendingin saat normal operasi *(make up):*

= 2% x 1.695.221,691 m^3/hari

= 33.904,43382 m^3/hari

Tangki *Cooling Water* = Kebutuhan air pendingin + 2% kebutuhan air pendingin *(make up)*

= 1.695.221,691 m^3/hari + 33.904,43382 m^3/hari

= 1.729.126,125 m^3/hari

2. Air Umpan Boiler *(Boiler Feed Water)*

Air umpan boiler (*Boiler Feed Water*) merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* atau uap pada boiler guna keberlangsungan 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 methanol ini digunakan *low pressure steam* (LP *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 reboiler dan *bottom* reaktor. Untuk menghasilkan *steam*, air akan dipanaskan hingga suhu diatas 100℃. Input dari boiler ini harus diolah kembali.

Sumber air yang digunakan di pabrik methanol ini untuk menjadi air umpan boiler diambil dari air sungai Ci Baranta dan Gunung Sari, Citeureup, Kabupaten Bogor.

Table 4.3 Baku Mutu Air Umpan Boiler
(ASME, 1982)

Drum Pressure **(Psi)**	**Fe (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Total *Hardness* (ppm $CaCO_3$)**
0-300	0,1	0,05	0,3
301-450	0,05	0,025	0,3
451-600	0,03	0,02	0,2
751-900	0,02	0,015	0,1
901-1000	0,02	0,015	0,05
1001-1500	0,01	0,01	0
1501-2000	0,01	0,01	0

Blowdown adalah pengendalian ion-ion dalam air dengan melakukan pembuangan sebagian air dalam boiler yang telah tinggi konsentrasinya dan

menggantikannya dengan air umpan boiler baru secara kontinyu, sehingga akan menurunkan konsentrasi *suspended* atau *dissolved solid* air dalam boiler.

Tujuan *blowdown* pada kondisi normal adalah untuk menurunkan konsentrasi zat yang terlarut maupun yang tersuspensi di dalam boiler dan menjaga supaya ion yang terdapat dalam air boiler tidak melebihi batasan-batasan yang telah ditentukan. *Steam* yang dihasilkan oleh boiler relatif murni yaitu hanya mengandung H2O, maka jumlah zat padatan atau *solute* di dalam boiler semakin lama semakin bertambah jumlahnya. Akibat akumulasi dari zat-zat tersebut akan menyebabkan endapan atau kerak. Kerak ini akan mengubah tegangan muka sehingga dapat memungkinkan terjadinya *carry-over* pada boiler.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah, sebagai berikut:

- **Zat yang dapat menyebabkan korosi**

  Air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O2, CO2, H2S, dan NH3. Oleh karena itu oksigen harus dihilangkan supaya tidak menyebabkan oksidasi dan menimbulkan korosi. Terdapat dua tahap dalam menghilangkan oksigen yaitu deaerasi dan penambahan Hidrazin.

- **Zat yang menyebabkan kerak *(Scale Forming)***

  Terdapat kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika. Efek yang terjadi antara lain berkurangnya efisiensi perpindahan panas, kenaikan *pressure drop* serta penyumbatan pada pipa-pipa berukuran kecil. Untuk mencegah kerak akibat kesadahan yang masih tersisa, ditambahkan phospat. Reaksi:

  $$2Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$$

  Endapan-endapan yang terbentuk bersifat ringan, tidak menempel pada *tube* boiler, sehingga endapannya yang terbentuk dalam *disperse suspense* dalam air dan dapat mudah dikeluarkan lewat *blowdown* dari boiler. Selain menggunakan phospat, perlu ditambahkan polimer seperti lignin tannin atau *polyelectrolyte* ke dalam boiler yang berfungsi untuk mengontrol pengendapan dengan cara menghambat pertumbuhan kristal agar tetap berukuran kecil, dan dapat mencegah terjadinya penggumpalan.

- **Zat yang menyebabkan busa (*Foaming)***

  Pembentukan busa (*foaming*) adalah peristiwa pembentukan gelembung-gelembung di atas permukaan air dalam *drum* boiler. Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya alkalinitas tinggi, adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tak larut dalam jumlah besar yang tidak terkontrol dengan baik., selain itu sebab terjadinya *foaming* akibat alkalinitas tinggi.

  Busa atau *foam* dapat mempersempit ruang pelepasan uap panas (*steam-release space*) dan dapat menyebabkan terbawanya air serta kotoran- kotoran bersama-sama uap air. Kerugian yang bisa ditimbulkan oleh hal ini adalah terjadinya endapan dan korosi dalam logam-logam dalam sistem boiler. Untuk mencegah terjadinya *foaming,* maka selain dengan membuang sejumlah air *(blowdown)* yang tepat, juga dengan penambahan bahan *anti foam* seperti poli-amida dan poli-glikol.

- **Penyebab terjadinya *Priming***

  Priming merupakan tetesan air (buih atau kabut) yang terbentuk di dalam *steam* yang dapat menurunkan efisiensi energi *steam* dan menghasilkan deposit krital garam. Hal ini disebabkan karena konstruksi boiler yang kurang baik, kecepatan laju alir yang berlebihan dan fluktualif, oleh karena itu perlu diperhatikan dalam pengendalian proses dan kondisi operasi pada boiler.

Table 4.4 Persyaratan Air Umpan Boiler *(Boiler Feed Water)*
(*Boiler Feed Water Characteristic as* per IS: 10392-1982)

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
Total Hardness	ppm as $CaCO_3$	< 0,5
pH	Unit	8,9 – 9,5
Dissolved Oxygen	ppm	0,01
Silica	ppm as SiO_2	0,5

- **KEBUTUHAN AIR UMPAN BOILER**

  Pabrik methanol ini menggunakan *steam* untuk memenuhi kebutuhan panas pada reboiler, *heat exchanger*, dan *bottom* reaktor. *Steam* yang dibutuhkan dihasilkan oleh boiler. Air umpan boiler untuk menghasilkan *steam* atau uap diambil dari *Boiler Feed Water* (BFW). *Steam* yang digunakan sebagai pemanas adalah *steam* jenuh (*saturated steam*).

  Boiler Feed Water (BFW) yang hilang dapat diakibatkan karena adanya *blowdown, boiler traps*, dan *condensate losses*. Pada *deaerator* juga ditambahkan *makeup Boiler Feed Water* (BFW) untuk menutupi kekurangan air umpan boiler akibat *boiler traps* dan *condensate losses*.

  Adapun kehilangan ini disebabkan beberapa hal diantaranya:

a. *Blowdown*

   Blowdown berfungsi untuk menghilangkan impuritas air yang dapat terakumulasi pada boiler. Impuritas yang tidak teruapkan dapat membentuk *sludge*. Jika air umpan memiliki impuritas yang tinggi, maka jumlah air yang di *blowdown* juga tinggi.

b. *Bolier traps*

   Boiler traps digunakan untuk menghilangkan kondensat yang terbentuk selama pada pipa boiler. Kondensat ini terbentuk akibat penurunan suhu selama di pipa boiler keluaran boiler yang disebabkan oleh perpindahan panas dari arus boiler yang memiliki suhu tinggi ke udara lingkungan yang memiliki suhu lebih rendah.

c. *Condensate losses*

   Condensate losses terjadi karena terdapat beberapa kondensat yang ikut menguap di *deaerator* akibat kontak dengan boiler. Diperkirakan jumlah BFW yang hilang selama proses baik dari ketiga penyebab ini sejumlah 30%-80% dari jumlah *Boiler Feed Water* (BFW) yang seharusnya (Nalco, 1988).

   Air umpan boiler disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan total *steam* yaitu sebesar 65.596.961,69 kg/jam. Untuk menjaga ketersediaan *steam* maka ditambahkan 20% untuk faktor kehilangan pada *steam* (Nalco, 1988). Sehingga *steam* yang dibutuhkan adalah sebesar 78.716.354,03 kg/jam.

- Kebutuhan *steam* = 78.716.354,03 kg/jam
- *Blowdown* pada air umpan boiler sebesar 4-5%. Persentase *blowdown* 5% maka:

  Blowdown = 5% *steam*

  = 5% x 78.716.354,03 kg/jam

  = 3.935.817,701 kg/jam
- Umpan air masuk boiler

  Blowdown + *steam* yang dihasilkan = 78.716.354,03 kg/jam + 3.935.817,701 kg/jam

  = 82.652.171,73 kg/jam
- Kondensat yang kembali

  Kondensat yang kembali = 80% dari *steam* yang dihasilkan

  = 80% x 78.716.354,03 kg/jam

  = 62.973.083,22 kg/jam

- Kondensat yang hilang

  Kondensat yang hilang = umpan air masuk boiler – kondensat yang kembali

  = 82.652.171,73 kg/jam – 62.973.083,22 kg/jam

  = 145.625.255 kg/jam
- *Make up* boiler

  Make up boiler = Kondensat yang hilang + *blowdown*

  = 145.625.255 kg/jam + 3.935.817,701 kg/jam

  = 149.561.072,7 kg/jam

- % *Make up* boiler

  % *Make up* boiler $= \frac{\text{make up boiler}}{\text{air masuk boiler}} x\ 100\%$

  $= \frac{149.561.072,7\ \text{kg/jam}}{82.652.171,73\ \text{kg/jam}} \text{x } 100\%$

  $= 1,80\ \%$

- % Kondensat kembali

$$\% \text{ Kondensat kembali} = \frac{\text{Kondensat kembali}}{\text{air masuk boiler}} x\ 100\%$$

$$= \frac{62.973.083,22\ \frac{kg}{jam}}{82.652.171,73\ \frac{kg}{jam}} \text{ x } 100\%$$

$$= 0,761\ \%$$

Tabel 4.5 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Keterangan	Jumlah (kg/jam)
Kebutuhan *steam*	78.716.354,03
Blowdown	3.935.817,701
Umpan air masuk boiler	82.652.171,73
Kondensat yang kembali	62.973.083,22
Kondensat yang hilang	145.625.255
Make Up Boiler	149.561.072,7
Total	**523.463.754,3**

Jadi total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan saat *start up* adalah = **523.463.754,3** kg/jam.

Saat pabrik sudah normal beroperasi, maka besar BFW yang dibutuhkan hanya untuk memenuhi *water losses* dan pada *boiler losses* sekitar 30-80% dari total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan (Nalco, 1988).

- Jadi total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan saat normal operasi adalah = 30% x *steam* kg/jam

  = 30% x 78.716.354,03 kg/jam

  = 23.614.906,21 kg/jam

3. Air Sanitasi dan Konsumsi Umum

Penggunaan air tidak hanya dibutuhkan untuk proses, tetapi juga dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan umum. Air sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan pemeliharaan kebersihan perorangan seperti air minum, mencuci, mandi, laboratorium, kantor, dan perumahan. Air yang digunakan untuk kebutuhan umum dan sanitasi harus memenuhi standar yang berlaku. Standar ini meliput standar fisik dan standar kimia.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

- Parameter Fisik

Tabel 4.6 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Maksimum)
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	1000
4	Suhu	˚C	Suhu udara
5	Rasa		Tidak berasa
6	Bau		Tidak berbau

- Parameter Biologi

Tabel 4.7 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Maksimum)
1	Total *Coliform*	NTU	25
2	*E. coli*	TCU	50

- Parameter Kimia

Tabel 4.8 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Maksimum)
1	pH		6,5-8,5
2	Besi	mg/l	1
3	Fluorida	mg/l	1,5
No	**Parameter**	**Unit**	**Standar Baku Mutu (Maksimum)**
4	Kesadahan atau $CaCO_3$	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
11	Air Raksa	mg/l	0,001
12	Arsen	mg/l	0,05
13	Kadmium	mg/l	0,005
14	Kromium (val.6)	mg/l	0,05
15	Selenium	mg/l	0,01
16	Seng	mg/l	15
17	Sulfat	mg/l	400
18	Timbal	mg/l	0,05
19	Benzena	mg/l	0,1
20	Zat Organik ($KMnO_4$)	mg/l	10

- **KEBUTUHAN AIR SANITASI**

Kebutuhan air sanitasi terdiri dari 3 macam yaitu air untuk karyawan, laboratorium, pemeliharaan taman, kebakaran dan cadangan air.

1. Air untuk Karyawan

   Berdasarkan Keputusan Mentri Kesehatan No. 1405 Tahun 2002 tentang persyaratan air bersih untuk kebutuhan karyawan adalah kapasitas minimal 120 liter/hari x orang. Sehingga untuk 223 karyawan, kebutuhan air sanitasinya sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan air} = \frac{120\ \text{L}}{24\ \text{jam/orang}} \text{ x Jumlah Karyawan x } \frac{\text{jam kerja}}{24\ \text{jam}}$$

$$\frac{120\ \text{L}}{} \qquad \frac{8\ \text{jam}}{}$$

$$= \frac{}{24\ \text{jam/orang}} \text{ x } 223 \text{ x } \frac{}{24\ \text{jam}}$$

= 371 L/jam

= 371 kg/jam

= 0,37 m^3/hari

2. Air untuk Laboratorium

   Berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal No. 113 Tahun 2000, kebutuhan minimal air sanitasi untuk laboratorium adalah 2 m^3/hari.

3. Air untuk Pembersihan dan Pemeliharaan Taman

   Kebutuhan air untuk pembersihan dan pemeliharaan taman adalah 20 m^3/hari.

4. Air untuk tamu, kontraktor, pekerja lepas

   Diasumsikan air untuk kebutuhan dari eksternal sebanyak 50 orang.

   Kebutuhan air = 50 x 60 L/orang/hari

   = 3000 L/hari

   = 3 m^3/hari.

Total kebutuhan air sanitasi sebanyak = 0,37 + 2 + 20 + 3

= 25,37 m^3/hari.

4. Air Pemadam Kebakaran (Air *Hydrant*)

Air pemadam kebakaran *(hydrant)* merupakan salah satu bagian dari utilitas pabrik ini. Kebutuhan air ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik sehingga dengan adanya air pemadam kebakaran ini dapat mengatasi dengan mudah dan cepat dari insiden kebakaran atau percikan api yang terjadi di bagian pabrik.

Jadi, penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara rutin dan kontinyu tetapi hanya bersifat insidental saat terjadi kebakaran. Air *hydrant* tidak menyangkut proses sehingga tidak membutuhkan spesifikasi yang kompleks. Air *hydrant* ini disediakan setelah air sungai melewati beberapa proses pengolahan air.

Penyaluran air *hydrant* dilakukan melalui pipa *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa *hydrant* dipersiapkan pada lokasi-lokasi yang strategis disekitar pabrik, dengan pertimbangan kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik. Fasilitas pemadaman kebakaran seperti *fire hydrant* perlu ditempatkan pada tempat-tempat strategis, disamping itu disediakan pula *portable firefighting equipment*

pada setiap ruangan dan tempat-tempat yang mudah dicapai untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja di pabrik.

- **KEBUTUHAN AIR *HYDRANT***

  Berdasarkan SNI 03-1735-2000, tangki penyimpan air *hydrant* mempunyai kapasitas penyimpanan efektif yang dapat memasok air pada laju alir 4.000 liter/menit dengan waktu tidak kurang dari 40 menit.

  Maka volume tangki penyimpanan minimum adalah:

  Volume Tangki = Q (debit air) x t (waktu)
  = 4.000 liter/menit x 40 menit
  = 160.000 liter
  = 160 m^3

  Pada pabrik methanol ini dirancang sistem hydrant sebagai berikut:

  Diameter pipa *fleksible hose* (d) = 3 in = 0,0762 m

  $A = \frac{\pi}{4} x\, D^2$

  $= 0{,}0046\ m^2$

  Kecepatan alir air *hydrant* (v) = 15 m/s

  Laju alir air *hydrant*, Q = A x v
  = 0,0046 m^2 x 15 m/s
  = 0,069 m^2/s
  = 69 liter/s

  Volume tangki penyimpanan, V = Q x t
  = 69 liter/s x 40 menit x 60s/menit
  = 165.600 liter
  = 165,6 m^3

4.1.2 Unit Pengolahan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air industri pabrik methanol berasal dari sungai di sekitar pabrik yaitu sungai Ci Baranta dan Gunung Sari, Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Air untuk umpan *cooling water*, air umpan boiler, *cooler*, dan *condenser* pada pabrik methanol menggunakan air yang telah melewati proses demineralisasi sehingga air bebas mineral dan kontaminan sehingga tidak dapat menimbulkan korosi atau kerang pada alat proses.

Pemilihan penggunaan air sungai didasarkan pada pertimbangan:

- Sumber mata air sungai Ci Baranta dan Gunung Sari dekat dengan lokasi pabrik methanol yang akan didirikan yaitu di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.
- Sungai merupakan sumber mata air yang memiliki kontinuitas relatif tinggi dan kemungkinan kecil mengalami kekeringan sehingga ketersediaan air selalu terjaga.
- Pengolahan air sungai lebih mudah, sederhana, dan murah dibandingan proses pengolahan air laut. Sehingga dapat mengefisiensi kebutuhan alat, man power, dan biaya perawatan.
- Air sungai memiliki daya penyerap panas persatuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi.

Adapun kualitas air sungai Ci Baranta di Citeureup, Kabupaten Bogor Jawa Barat yaitu:

Tabel 4.9 Kualitas Air Sungai Ci Baranta di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat (Nasution et al., 2021)

No	Parameter	Jumlah
1	TDS	0,09
2	TSS	0,5349
3	pH	0,209
4	BOD	2,704
5	COD	0,774
6	DO	0,615
7	Fosfat	3,628
8	Nitrat	0,198
9	Nitrit	1,828
10	*Fecal Coliform*	0,19
11	Total *Coliform*	0,312

Untuk menjamin kelangsungan proses dan kualitas penyediaan air, perlu adanya *treatment* sehingga di lokasi pengambilan air terdapat fasilitas penampungan dan tempat pengolahan awal air sungai. Pengolahan ini dimulai dari penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa oleh air sungai yang akan digunakan. Selanjutnya, air sungai dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluan masing-masing. Adapun tahap pengolahan air sungai yang dilakukan di pabrik methanol adalah sebagai berikut:

1. ***Screening*** **(penyaringan)**

   Tahap awal proses pengolahan yaitu air sungai harus di-*screening* untuk melakukan pembersihan awal supaya proses pengolahan selanjutnya berlangsung lancar. Air sungai dipompa lalu dilewatkan melalui *screen* (penyaringan awal) untuk menahan kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan juga kotoran kecil dan lain lain lalu selanjutnya dialirkan ke bak pengendapan.

   a. *Coarse Bar Screen* (Saringan Kasar)

      Saringan kasar ini berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran besar seperti kayu, plastic dan lain lain.

   b. *Racke Screen*

      Berfungsi untuk menyaring kotoran yang lolos dari *Coarse Bar Screen* lalu dbersihkan dibawa ke atas menggunakan penggaruk yang dijalan kan dengan sistem hidrolik

   c. *Rotary Screen*

      Penyaringan ini berfungsi untuk menyaring kotoran yang sangat kecil untuk membersihkan kotoran yang menempel di saringan dan melakukan penyemprotan dengan air biasa menggunakan *spray nozzle* lalu dialirkan ke bak pengendapan.

2. **Bak Pengendapan (Sedimentasi)**

   Air sungai yang telah difilter lalu masuk ke bak pengendapan awal untuk mengendapkan lumpur, kotoran air sungai yang tidak lolos penyaringan awal. Setelah itu, air akan dialirkan ke bak penggumpal. Proses pengendapan di bak sedimentasi tidak memerlukan tambahan alat karena akan terendapkan secara otomatis adanya gaya gravitasi.

3. **Bak Penggumpalan (Koagulasi-Flokulasi)**

   Bak penggumpalan ini bertujuan untuk menggumpalkan koloid tersuspensi dalam air yang tidak mengendap di bak sedimentasi. Proses ini dilakukan penambahan senyawa kimia berupa tawas sebagai flokulan karena tidak dapat dengan proses fisika biasa.

   Langkah-langkah proses di bak penggumpalan adalah sebagai berikut:

- **Koagulasi**

  Koagulasi adalah proses penetralan partikel yang ada dalam air dengan cara diendapkan. Bahan kimia untuk mengendapkan berupa koagulan yang digunakan adalah aluminium sulfatatau tawas ($Al_2SO_4)_3$) dan Na_2CO_3 yang dimasukkan ke

dalam air dan diaduk dengan cepat. Hasil reaksi kimia yang terjadi disebut flok yaitu partikel endapan halus.

- **Flokulasi**

  Flokulasi merupakan lanjutan dari proses koagulasi. Partikel-partikel halus hasil koagulasi membentuk suatu gumpalan yang besar sehingga lebih mudah mengendap. Proses ini dibantu dengan pengadukan yang lambat.

Air dari proses sedimentasi selanjutnya akan melewati proses koagulasi dimana pada proses ini terjadi penggumpalan. Proses ini memerlukan koagulan sebagai bahan penggumpal yang ditambahkan ke dalam air. Umumnya koagulan yang digunakan adalah Aluminium Sulfat (Al2(SO4)3) atau tawas. Koagulan tersebut adalah garam yang terbuat dari 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 untuk memaksimalkan proses flokulasi. Kapur digunakan sebagai komponen yang bersifat alkali dalam air sehingga dapat menghilangkan kesadahan karbonat di dalam air. Kapur memiliki sifat basa untuk mempermudah terjadinya penggumpalan. Tujuan dari proses flokulasi adalah untuk mengendapkan impuritas yang terdispersi koloid dalam air dengan cara menggumpalkannya menggunakan koagulan. Koagulan ditambahkan untuk membantu pembentukan penggumpalan (flok)dan NaOH untuk pengatur pH. Adapun reaksi yang terjadi di dalam bak penggumpal adalah:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + CaCO_3$$

4. Unit *Clarifier*

Unit ini bertujuan untuk menghilangkan atau mengendapkan gumpalan padatan kasar tersuspensi yang masih tersisa dengan ukuran (0,1-1 nm). Air baku yang dialirkan ke dalam *clarifier* melalui bagian tengah yang alirannya sudah diatur ini diaduk menggunakan agitator dengan kecepatan tertentu. Air jernih yang keluar dari *clarifier* lewat bagian pinggir secara *overflow* yang selanjutnya masuk ke tangki utilitas sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi di dasar clarifier dan dilakukan *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Sedangkan air jernih akan keluar melimpah. Air baku yang mempunyai *turbidity*

sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*-nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

5. Bak Penyaringan *(Sand Filter)*

Air yang keluar dari *clarifier* lalu dialirkan ke bak saringan pasir untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih dapat lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. *Sand filter* terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan cara mencuci aliran balik dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi agar kotoran dapat terlepas dari permukaan filter untuk memperluas bidang penyaringan *(back washing)*. Hasil saringan akan dikirim ke bak pembuangan untuk membersihkan sistem dari benda-benda padat yang masih terbawa. Larutan NaOH diinjeksikan melalui pipa dari *sand filter* untuk mengatur pH air yang akan masuk ke tangki penyimpanan filter. Air juga diberi injeksi klorin untuk mencegah adanya pertumbuhan mikroorganisme. Air yang keluar dari *sand filter* diperkirakan memiliki *turbidity* sekitar 2 ppm, lalu air dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*). Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi.

6. Bak Penampung Sementara *(Filter Water Reservoir)*

Air yang keluar dari bak penyaring dialirkan ke tangki penampung lalu dapat distribusikan dengan dipompa melalui pipa sebagai air perumahan/perkantoran, sanitasi, taman dan lain lain.

7. Unit Demineralisasi

Unit demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti ion Ca^{2+} Mg^{2+}, HCO^{3-}, SO_4^{2+}, Cl^- dan lain-lain dengan menjaga parameter konduktivitas air demin produk di bawah 0,2 µs dengan menggunakan resin yang dimasukkan ke dalam air di tangki (kation dan anion). Proses demineralisasi berfungsi untuk kebutuhan pengolahan air umpan boiler, kondensat proses, kondensat boiler dari proses yang ada dalam pabrik methanol. Demineralisasi dilakukan menggunakan kation dan anion *beds* dengan prinsip *ion exchanger.* Kation *beds* menghilangkan kalsium, magnesium dan sisa sodium. Sementara bikarbonat, sulfat, klorida dan *water soluble silica* dihilangkan di anion *beds.* Resin penukar

kation yang digunakan adalah resin asam kuat *merk* Lewatit Monoplus S-108 sedangkan resin penukar anion yang digunakan adalah resin basa kuat *merk* Lewatit M-500. Adapun peralatan dan proses yang digunakan pada demineralisasi adalah sebagai berikut:

a. Tangki *Carbon Active Filter*

Setelah melewati tahap *pre-treatment*, air dilewatkan ke *carbon filter* untuk menghilangkan zat klorin, bau, warna serta mikroorganisme seperti amoeba dan ganggang. Media yang digunakan pada *carbon filter* adalah klor atau kaporit. Air yang keluar akan memiliki pH sekitar 6,8 - 7,7 sehingga aman untuk dikonsumsi. Air dari proses ini dapat digunakan untuk keperluan air minum yang disimpan di dalam tangka air bersih. Air juga dapat diumpankan ke *ion exchanger* untuk menghilangkan kation mineralnya. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai karena memiliki harga murah dan memiliki daya desinfeksi yang lebih lama. Klorin dalam air membentuk asam hiplokorit reaksinya adalah sebagai berikut:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow H^+ + Cl^- + HOCl$$

Asam hipoklorit pecah sesuai dengan reaksi:

$$HOCl + H_2O \rightarrow OCl^- + H^+$$

b. Tahap *In Service*

Tahap *in service* merupakan tahap terjadinya reaksi pertukaran ion antara resin dengan larutan. Tahap *in service* dilakukan dengan mengalirkan air umpan dari atas *(down flow).* Pada proses ini, resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin yang digunakan disebut resin penukar kation dan jika ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin dinamakan resin penukar anion.

- **Kation *Exchanger***

  Kation *bed exchanger* berisi resin kation untuk menghilangkan kesadahan yang disebabkan oleh kation-kation yang terkandung di dalam air seperti ion Ca^{2-}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, Fe^{2+}, Mn^+, dan Al^{3+}. Resin kation mengganti kation yang terkandung dalam air dengan ion H^+ dan keluar dari *bed* kation *exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+.

Resin kation memiliki gugus R-H yang merupakan polimer rantai karbon R yang mengikat ion H di dalam logam kation yang berada di dalam air terikat oleh gugus R dalam resin, dan resin akan melepaskan gugus H^+.

Reaksi yang terjadi sebagai berikut :

$$RH_{2(g)} + 2NaCl_{(s)} \rightarrow RNa_{2(s)} + 2H^+ + Cl^- \rightarrow RNa_{2(s)} + 2HCl_{(l)}$$

Ion logam Na^+ digantikan oleh ion H+ dari resin RH_2 sehingga air yang dihasilkan akan bersifat asam. Apabila pH air yang keluar melebihi batas toleransi atau sudah berkurang keaktifannya menandakan bahwa resin telah jenuh dan perlu diregenerasi sehingga resin dapat digunakan kembali.

Regenerasi dilakukan sengan tiga tahap, yaitu *backwash*, regenerasi dengan larutan asam sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCl), dan pembilasan dengan air demineralisasi. Reaksi yang terjadi adalah:

$$RNa_{2(s)} + 2H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow RH_{2(g)} + Na_2SO_{4(s)}$$

- **Anion *Exchanger***

  Air yang keluar dari kation *exchanger* lalu diumpankan ke anion *exchanger. Bed* anion *exchanger* berfungsi untuk mengikat mineral ion ion negatif atau anion yang terlarut dalam air dengan menggunakan resin yang bersifat basa (resin anion) sehingga anion seperti HCO^{3-}, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, Cl^-, NO^{3-}, NO^{2-}, dan SiO_3^- akan terikat dengan resin. Ion-ion negatif digantikan dengan ion OH^- dari resin anion sehingga air yang sebelumnya bersifat asam akan menjadi netral. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$RN(OH)_2 + HCl_{(l)} \rightarrow RNCl_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

Pada proses ini ion Cl^- akan digantikan oleh ion OH^- dari resin $RN(OH)_2$. Air yang keluar memiliki pH sekitar 8,6 - 8,9. Dalam waktu tertentu, resin anion ini akan menjadi jenuh sehingga perlu dilakukan regenerasi dengan menambahkan larutan NaOH. Reaksi yang terjadi adalah:

$$RNCl^- + NaOH_{(l)} \rightarrow RNOH_{(g)} + NaCl_{(s)}$$

c. Tahap *Backwash*

Resin pada ion *exchanger* ketika telah mempertukarkan semua ion yang dimilikinya, maka reaksi pertukaran ion akan terhenti. Pada saat itu resin telah mencapai titik habis *(exhausted)* sehingga harus dilakukan backwash dengan tujuan untuk memecahkan resin yang menggumpal, menghilangkan partikel halus yang terperangkap dalam ruang antar resin.

d. Tahap Regenerasi

Tahap regenerasi resin adalah penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin sehingga mengembalikan resin pada kapasitas awal atau ke tingkat yang diinginkan.

Bila resin telah jenuh dengan ion yang terikat, maka kemampuan untuk mengikat mineral akan turun sehingga banyak mineral mineral yang lolos. Kejenuhan resin ditandai dengan tingginya konduktivitas air yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu dilakukan regenerasi resin dengan menggunakan asam kuat dan basa kuat untuk menghilangkan mineral-mineral yang terikat pada resin penukar ion tersebut. Resin kation akan diregenerasi menggunakan asam kuat berupa asam sulfat (H2SO4) 5% dan resin anion akan diregenerasi menggunakan basa kuat berupa natrium hidroksida (NaOH) 4%. Regenerasi kedua resin ini dilakukan secara bersama sama.

Reaksi Regenerasi:

Kation : $R - M + H \rightarrow R - H + M$

Anion : $R - A + OH \rightarrow R - OH + A$

e. Tahap Pembilasan *(Rinse)*

Tahap pembilasan *(rinse)* berfungsi untuk menghilangkan sisa larutan regenerasi yang terperangkap oleh resin penukar ion. Pembilasan dilakukan menggunakan air produk dengan aliran *downflow* 2 tingkat yaitu:

- Tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi
- Tingkat lanju alir tinggi untuk menghilangkan sisa ion

Limbah hasil pembilasan dari tingkat laju alir rendah dapat digabungkan dengan garam lalu dibuang dialirkan ke IPAL dan limbah pembilasan tingkat laju alir tinggi disimpan sebagai pelarut senyawa untuk regerenerasi.

8. Deaerasi

Air yang telah melewati proses demineralisasi *(polish water)* masih mengandung gas terlarut terutama O_2, CO_2, N_2, NH_3, NO_2, dan H_2S. Gas tersebut dapat bereaksi dengan besi (Fe) membentuk padatan yang mengendap (Fe_2O_3) yang dapat menimbulkan korosi. Reaksi:

$$Fe_{(s)} + O_{2\ (g)} \rightarrow Fe_2O_{3\ (s)}$$

Gas CO_2 ketika berkontak dengan air akan menyerang logam membentuk karat dengan reaksi:

$$CO_{2\ (g)} + H_2O_{\ (l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3\ (s)} \rightleftharpoons H^+ + HCO^{3-}$$

Sehingga gas tersebut dihilangkan untuk mencegah timbulnya korosi atau kerak *(scale)* pada alat. Proses deaerasi dapat dilakukan dengan cara mekanis dan kimiawi.

- Proses Mekanis Kontak *Steam*

  Proses mengontakkan air umpan boiler dengan *steam* pada tekanan rendah sehingga *temperature* air akan naik dan kandungan gas yang terlarut dalam air akan berkurang dan terlepas ke atmosfer.

  Prinsip pelepasan gas di deaerator adalah kelarutan O_2 akan turun ketika tekanan parsial O_2 turun dan jika *temperature* sistem naik. *Steam* diinjeksikan untuk media *stripping* gas dalam deaerator. Gas O_2 yang terlarut akan pindah dari tekanan parsial yang lebih tinggi pada *Boiler Feed Water* (BFW) ke tekanan parsial yang lebih rendah pada *steam*. Deaerator yang digunakan adalah tipe *tray* karena air umpan boiler telah melewati pengolahan penghilangan kandungan total solid yang menyebabkan korosi sehingga tidak memerlukan *treatment* atau *maintenance* lebih. Air masuk dari bagian atas *tray* dengan bentuk tetesan sehingga memeprluas bidang kontak dengan *steam* lalu mengalir ke bawah melewati *tray*. Gas terlarut yang terkandung pada air akan keluar melalui lubang *vent* di atas. Air umpan boiler murni yang tidak mengandung unsur oksigen dan lain lain akan mengalir melalui bagian bawah deaerator lalu dikirim ke boiler sebagai *Boiler Feed Water* (BFW) untuk menghasilkan *steam*.

- Proses Kimiawi yaitu:
  1. Larutan Hidrazin

     Air kemudian dipompa ke deaerator untuk menghilangkan gas terlalut ini yang diinjeksikan dengan bahan kimia Hidrazin. Hidrazin berfungsi untuk mengikat oksigen dalam air. Nitrogen sebagai hasil reaksi dengan gas lain dihilangkan dengan *stripping* menggunakan *steam*.

     $$N_2H_{4\,(l)} + O_{2\,(g)} \rightleftharpoons N_{2\,(g)} + 2\,H_2O_{\,(g)}$$

  2. Larutan Ammonia

     Ammonia dapat berfungsi untuk mengontrol pH. Air yang keluar deaerator memiliki pH 8,5-9,5,

  3. Larutan Fosfat (Na_3PO_4)

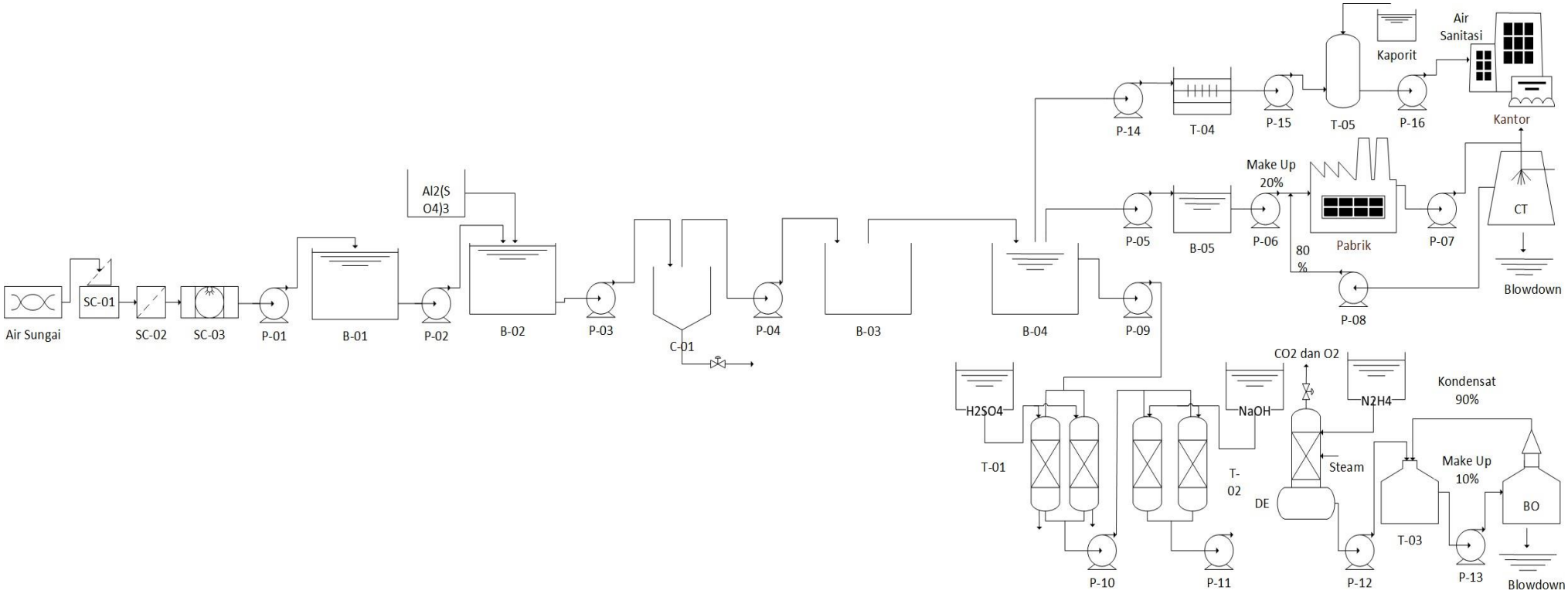
     Air umpan boiler sebelumnya diberikan *dispersant* atau penyebar flok untuk mencegah terbentuknya kerak silikat dan kalsium yang melekat pada *steam* drum dan *tube* boiler.

9. Bak Air Pendingin

Pendingin yang digunakan untuk proses pabrik methanol adalah berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik lalu didinginkan dalam *cooling tower*. Ketika kehilangan air karena penguapan, terbawa udara, atau ketika *blowdown* di *cooling tower* dapat diganti dengan air yang disediakan dari baik air bersih. Air pendingin mempunyai sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan *scale*, tidak mengandung mikroorganisme lumut. Oleh karena itu air ditreatment dapat ditambahkan:

- Fosfat untuk mencegah timbulnya kerak
- Klorin untuk membunuh mikroorganisme
- *Dispersant* untuk mencegah penggumpalan

Air dari proses demineralisasi dipompa Sebagian menuju *process equipment* untuk mendinginkan alat-alat proses. Air keluaran yang telah dipakai untuk mendinginkan alat proses lalu menuju pembuangan *outfall* untuk dibuang lagi ke sungai. Lokasi *outfall* dan pengambilan air *(intake water)* harus diperkirakan jaraknya supaya tidak terjadi sirkulasi air panas dari pembuangan akhir. Persyaratan tempat pembuangan air yaitu sesuai dengan Kementerian Lingkungan Hidup No 12 tahun 2006 yaitu air tidak mengandung minyak dan turunannya, tidak mengandung limbah B3, tidak terkontaminasi bahan kimia, dan memiliki suhu 40°C.



Gambar 4.2 *Process Flow* Diagram Pengolahan Air

KETERANGAN:

SC-01	: *Coarse Bar Screen*	C-01	: *Clarifier*	B-04	: Bak Penampung Air Sementara
SC-02	: *Racke Screen*	T-05	: Tangki Air Bersih	P- (01-16)	: Pompa Utilitas
SC-03	: *Rotary Screen*	T-01	: Tangki *Kation Exchanger*	B-05	: Bak Penampung Air Pendingin
B-01	: Bak Pengendapan Awal	T-02	: Tangki *Anion Exchanger*	DE	: *Deaerator*
B-02	: Bak Penggumpalan	T-03	: Tangki Air Umpan Boiler	BO	: *Boiler*
B-03	: *Sand Filter*	T-04	: Tangki Karbon Aktif	CT	: *Cooling Tower*

4.2 Unit Pembangkit Uap *(Steam Generation)*

Pabrik methanol ini menggunakan *steam* untuk memenuhi kebutuhan panas pada reboiler, *heat exchanger*, dan *bottom* reaktor. *Steam* yang dibutuhkan dihasilkan oleh boiler. Air umpan boiler untuk menghasilkan *steam* atau uap diambil dari *Boiler Feed Water* (BFW). *Steam* yang digunakan sebagai pemanas adalah *steam* jenuh (*saturated steam*) yaitu *steam low pressure* pada suhu 190˚C dan tekanan 1 bar. Berikut data kebutuhan *steam* untuk mendukung jalannya proses produksi:

Tabel 4.10 Kebutuhan *Steam*

Alat	Kode	Kebutuhan *Steam* (kg/jam)
Heat Exchanger	E-101	481,277
Reaktor	E-201	0,98044
Heat Exchanger	E-201	12.889,31
Reboiler	RB-301	171.898,30
Reboiler	RB-302	42.646.464,56
Total		**65.596.961,69**

Air umpan boiler disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan total *steam* yaitu sebesar 65.596.961,69 kg/jam. Untuk menjaga ketersediaan *steam* maka ditambahkan 20% untuk faktor kehilangan pada *steam* (Nalco, 1988). Sehingga *steam* yang dibutuhkan adalah sebesar 78.716.354,03 kg/jam.

- Kebutuhan *steam* = 78.716.354,03 kg/jam
- *Blowdown* pada air umpan boiler sebesar 4-5%. Persentase *blowdown* 5% maka:
  Blowdown = 5% *steam*
  = 5% x 78.716.354,03 kg/jam
  = 3.935.817,701 kg/jam
- Umpan air masuk boiler
  Blowdown + *steam* yang dihasilkan = 78.716.354,03 kg/jam + 3.935.817,701 kg/jam
  = 82.652.171,73 kg/jam
- Kondensat yang kembali
  Kondensat yang kembali = 80% dari *steam* yang dihasilkan
  = 80% x 78.716.354,03 kg/jam
  = 62.973.083,22 kg/jam

- Kondensat yang hilang

  Kondensat yang hilang = umpan air masuk boiler – kondensat yang kembali

  = 82.652.171,73 kg/jam – 62.973.083,22 kg/jam

  = 145.625.255 kg/jam

- *Make up* boiler

  Make up boiler = Kondensat yang hilang + *blowdown*

  = 145.625.255 kg/jam + 3.935.817,701 kg/jam

  = 149.561.072,7 kg/jam

- % *Make up* boiler

  % *Make up* boiler $= \frac{\text{make up boiler}}{\text{air masuk boiler}} x\ 100\%$

  $= \frac{149.561.072,7\ \text{kg/jam}}{82.652.171,73\ \text{kg/jam}} \text{x } 100\%$

  $= 1,80\ \%$

- % Kondensat kembali

  % Kondensat kembali $= \frac{\text{Kondensat kembali}}{\text{air masuk boiler}} x\ 100\%$

  $= \frac{62.973.083,22\ \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{82.652.171,73\ \frac{\text{kg}}{\text{jam}}} \text{x } 100\%$

  $= 0,761\ \%$

Tabel 4.11 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Keterangan	Jumlah (kg/jam)
Kebutuhan *steam*	78.716.354,03
Blowdown	3.935.817,701
Umpan air masuk boiler	82.652.171,73
Kondensat yang kembali	62.973.083,22
Kondensat yang hilang	145.625.255
Make Up Boiler	149.561.072,7
Total	**523.463.754,3**

1. **Total *Boiler Feed Water* (BFW)**

Jadi total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan saat *start up* adalah

= **523.463.754,3** kg/jam.

Saat pabrik sudah normal beroperasi, maka besar BFW yang dibutuhkan hanya untuk memenuhi *water losses* dan pada *boiler losses* sekitar 30-80% dari total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan (Nalco, 1988).

Jadi total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan saat normal operasi adalah

= 30% x *steam* kg/jam

= 30% x 78.716.354,03 kg/jam

= 23.614.906,21 kg/jam

2. **Perhitungan Kapasitas Boiler**

Kapasitas boiler dihitung dengan persamaan:

Q = m (H – Hf)

Keterangan:

Q = Kapasitas Boiler (Btu/jam)

m = Massa *steam* (lb/jam)

Hv = Entalpi uap *steam* pada kondisi 1 bar suhu 190˚C (Btu/lb)

Hf = Entalpi *feed* (Btu/lb)

Berdasarkan *make up* air pada:

T = 30˚C (86˚F)

Hf = 54,03 Btu/lb *(steam table)*

Steam yang digunakan untuk penyediaan uap adalah *steam* jenuh *(saturated steam)* yaitu uap yang terbentuk saat air mendidih pada suhu dan tekanan tertentu. Uap ini memiliki sifat suhu dan tekanan konstan selama proses pemanasan. Sesuai untuk beberapa aplikasi pemasan atau penggerak mesin. Penyediaan *saturated steam* pada pabrik methanol ini adalah *low pressure steam* (LP *steam*) dengan tekanan kurang dari 15 psi.

P = 1 bar = 14,5 psig

T = 190˚C = 190 + 273 = 463 K

Dari *steam* tabel (Smith, J.M, 1981) didapatkan:

Hf (H *saturated liquid*) = 806,8972 kj/kg = 346,90335 Btu/lb

Hv (H *saturated vapor*) = 2.785,1993 kj/kg = 1.197,4201 Btu/lb

Steam yang masuk terdiri dari % *fresh feed (make up water)* dan % kondensat, maka

Hf = (%ff x H liquid 30˚C) + (%kond x H *saturated liquid* 190˚C)

= (24% x 54,03 Btu/lb) + (80% x 346,90335 Btu/lb)

= 12,9672 Btu/lb + 277,52264 Btu/lb

= 290,48984 Btu/lb

- Kapasitas boiler saat *start up*

  Massa boiler = 78.716.354,03 kg/jam = 173.175.978,9 lb/jam

  Q = massa boiler x (Hv - Hf)

  = 173.175.978,9 lb/jam x (1.197,4201 Btu/lb – 290,48984 Btu/lb)

  = 157.060.222.269 Btu/jam

- Kapasitas boiler saat normal operasi

  Massa Boiler = 23.614.906,21 kg/jam = 51.952.793,66 lb/jam

  Q = massa boiler x (Hv - Hf)

  = 51.952.793,66 lb/jam x (1.197,4201 Btu/lb – 290,48984 Btu/lb)

  = 47.118.066.684 Btu/jam

3. Menentukan Luas Perpindahan Panas

Boiler *Saturated Steam*

$$Hp = \frac{Q}{970,3 \text{ x } 34,5}$$

$$= \frac{47.118.066.684 \text{ Btu/jam}}{970,3 \text{ x } 34,5}$$

= 14.075.451,54 Hp

Berdasarkan (Severn, 1964) halaman 126 ditentukan nilai luas bidang pemanasan adalah 10 ft^2/Hp, sehingga total *heating surface* sebesar:

A = 10 ft^2/Hp x 14.075.451,54 Hp

= 10 ft^2/Hp x 14.075.451,54 Hp

= 140.754.515,4 ft^2

Berdasarkan (Cleaver, 2010) untuk tekanan < 350 psig dengan energi panas yang tinggi, maka dapat menggunakan jenis *Water Tube Boiler.* Untuk *Water Tube Boiler,* kapasitasnya dapat mencapai 10 ton/jam dan tekanan tinggi mencapai 10 bar. Sehingga jumlah boiler yang dibutuhkan yaitu 6 buah.

4.3 Unit Pembangkit Listrik *(Power Plant Unit)*

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk mengonversi tenaga listrik menjadi tenaga mekanik untuk menggerakkan peralatan proses di pabrik methanol.

Kebutuhan listrik pada pabrik methanol ini diperoleh dari:

- *Supply* listrik dari PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) persero
- Generator cadangan dengan bahan bakar diesel (solar) saat terjadi *emergency* sehingga pabrik harus memiliki transformator atau trafo untuk antisipasi Ketika adanya gangguan GTG dan gangguan listrik oleh PT. PLN karena proses produksi di pabrik methanol ini berlangsung secara kontinyu maka disesiakan generator listrik cadangan.

Generator AC yang digunakan adalah jenis generator AC tiga *phase* yang mempunyai keuntungan:

- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan dengan trafo sesuai dengan kebutuhan (fleksibel) untuk memilih voltase atau tegangan antara 380 volt AC 3 *phase* dan 220 volt AC 1 *phase* sehingga dpaat menekan biaya dan efisiensi alat apabila terjadi kerusakan salah satu trafo sehingga proses masih dapat terus berjalan
- Tegangan listrik stabil
- Daya kerja lebih besar
- Lebih tahan panas
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
- Motor 3 *phase* memiliki harga yang lebih murah dan sederhana

Kebutuhan listrik untuk pabrik methanol meliputi:

- Kebutuhan listrik untuk keperluan proses produksi, utilitas, dan pengolahan limbah
- Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC
- Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dan instrumentasi

4.3.1 Listrik untuk Kegiatan Produksi

a. Keperluan Proses Produksi

Tabel 4.12 Kebutuhan Listrik Unit Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	HP
1	Blower	K-101	1	50
2	Blower	K-102	1	50
3	Pompa	P-101	1	10
4	Pompa	P-102	1	10
5	Pompa	P-103	1	10
6	Pompa	P-301	1	10
7	Pompa	P-302	1	10
8	Pompa	P-303	1	10
9	Pompa	P-401	1	10
10	Kompressor	K-201	1	100
11	Kompressor	K-202	1	100
Total				**370**

Keperluan produksi keseluruhan diperkirakan = 370 HP x 0,746

= 276,02 kWh

b. Keperluan Utilitas

Tabel 4.13 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	HP
1	Pompa air pendingin	PU-01	1	2
2	Pompa sanitasi	PU-02	1	2
3	Pompa *hydrant*	PU-03	1	10
4	Pompa air umpan boiler	PU-03	6	100
5	Kompressor udara	PU-04	1	50
Total				**164**

Keperluan utilitas keseluruhan diperkirakan = 164 HP x 0,746

= 122,344 kWh

c. Pengolahan Limbah

Kebutuhan energi listrik untuk pengolahan limbah diperkirakan 30 HP

1 HP = 0,746 kWh

= 30 HP x 0,746 kWh

= 22,38 kWh

d. Laboratorium, bengkel, dan instrumentasi

Kebutuhan energi listrik untuk laboratorium, bengkel, dan instrumentasi diperkirakan sebesar 35 HP

1 HP = 0,746 kWh

= 35 HP x 0,746 kWh

= 26,11 kWh

Total kebutuhan daya energi listrik untuk proses produksi yaitu:

= 276,02 kWh + 122,344 kWh + 22,38 kWh + 26,11 kWh

= 446,854 kWh

4.3.2 Listrik untuk Kegiatan Operasional

a. Listrik untuk Penerangan

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

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

Dimana:

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

Lux = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m^2)

Besarnya kebutuhan energi cahaya atau nilai lux berbeda-beda tiap ruangan yang akan diberi penerangan, tergantung kebutuhan efisiensi penggunaan cahaya. Dalam perancangan pabrik methanol ini digunakan nilai lux standar pada tempat kerja *indoor* dan *outdoor* berdasarkan (Zumtobel, 2013). Kebutuhan lumen ditunjukkan pada perhitungan berikut:

Tabel 4.14 Kebutuhan Lumen Penerangan pabrik

No	Penggunaan Lahan	Luas (m^2)	Lux (lumen/m^2)	Lumen	Jumlah Lampu
1	Pos Keamanan (2)	40	200	1.600	11
2	Gedung Kantor Utama	1.500	300	450.000	310
3	Kantin	300	150	45.000	31
4	Laboratorium	500	500	250.000	172
5	Poliklinik	300	300	90.000	62
6	Mess	1.000	600	600.000	413
7	Koperasi Karyawan	200	200	40.000	27
8	Unit Pemadam Kebakaran dan K3	100	100	10.000	6
9	Gudang	500	100	50.000	34
10	Bengkel	200	200	40.000	27
11	Masjid	200	200	40.000	27
12	CCR *(Control Room)*	300	500	150.000	103
13	Aula Pertemuan	200	350	70.000	48
14	*Learning Room* atau Perpustakaan	100	300	30.000	20
	TOTAL RUANGAN *INDOOR*	**5.440**		**1.881.000**	**1.297**
15	Lapangan Parkir	500	20	10.000	3
16	Unit Proses	7.000	100	700.000	264
17	Unit Utilitas	6.000	100	600.000	226
18	Unit Pengolahan Limbah (IPAL)	3.000	100	300.000	113
19	Jalan dan Taman	1.500	75	112.500	42
20	Unit Dermaga ke Pelabuhan	800	50	40.000	15
21	Daerah Perluasan Pabrik	5.000	20	100.000	37
	TOTAL RUANGAN *OUTDOOR*	**23.800**		**1.862.500**	**703**
	TOTAL LUAS PABRIK	**29.240**			

- Lampu yang direncanakan untuk semua area di dalam bangunan *(indoor)* menggunakan lampu jenis *Light-Emitting Diode* (LED) Philips *(helix spiral energy saving bulb)* 24 Watt. Lumen *output* tiap lampu adalah 1.450 lumen (www. philips.co.id).

Jumlah lumen *indoor* = 1.881.000 lumen jumlah lampu

= 1.881.000 (lumen) /1450 (lumen/lampu)

= 1.297 lampu

Total daya penerangan = 1.297 lampu x 24 watt/1000 = 31,128 kW

- Lampu yang direncanakan untuk semua area di luar bangunan *(outdoor)* menggunakan lampu jenis *Light-Emitting Diode* (LED) Philips *(helix spiral energy saving bulb)* 42 Watt. Lumen *output* tiap lampu adalah 2.650 lumen (www. philips.co.id).

  Jumlah lumen *outdoor* = 1.862.500 lumen jumlah lampu

  = 1.862.500 (lumen) /2.650 (lumen/lampu)

  = 703 lampu

  Total daya penerangan = 703 lampu x 42 watt/1000 = 29,526 kW

Total daya listrik yang dibutuhkan untuk penerangan pabrik adalah

= 31,128 kW + 29,527 kW = 60,655 kW

b. Kebutuhan Listrik untuk AC

Kebutuhan listrik untuk AC terlebih dahulu menghitung jumlah luas ruangan yang akan menggunakan AC. Adapun jumlah luas ruangan sebagai berikut:

Tabel 4.15 Jumlah Luas Ruangan yang memakai AC

No	Area Ruangan	Luas (m^2)
1	Gedung Kantor Utama	1.500
2	Kantor K3	100
3	Poliklinik	300
4	Koperasi	200
5	Laboratorium	500
6	Masjid	200
7	Aula Karyawan	200
8	Perpustakaan	100
9	CCR *(Control Room)*	300
	TOTAL	**3.400**

Menghitung jumlah total beban kalor ruangan dengan asumsi bahwa standar beban kalor ruangan per m^2 adalah 500 Btu/hr.m^2. Diketahui kapasitas *cooler* 1,5 PK = 12.000 Btu/hr (Oematan et al., 2015).

Total beban kalor ruangan 3.400 m^2 x 500 Btu/hr.m^2 = 1.700.000 Btu/hr

Air Conditioner (AC) direncanakan menggunakan AC *inverter* LG *Split Wall* T13EV4 dengan 1,5 PK. Dengan dimensi (HxWxD) (mm) *indoor* 837 x 308 x189 dan *outdoor* 720 x 500 x 230 dengan data konsumsi listriknya sebesar 1.030 Kw atau 1.030.000 watt. Diketahui bahwa kapasitas *cooler* AC 1,5 PK = 12.000 Btu/hr (www.lg.com). Sehingga dapat dihitung jumlah AC yang akan digunakan sebagai berikut:

- Jumlah AC yang digunakan = Totak beban kalor/ konversi
  = 1.700.000 Btu/hr/12.000 Btu/hr
  = 142 buah
- Total daya listrik AC = 142 buah x 1.030.000 watt/buah
  = 146.260.000 watt = 146.260 kWatt

c. Listrik untuk peralatan lain

Penggunaan listrik untuk peralatan kantor seperti printer, server komputer, dan alat komputer untuk *Distribute Control System* (DCS) di *control room*. Asumsi untuk total daya penggunaan listrik pada peralatan tersebut adalah 25 kWatt.
Total kebutuhan daya listrik untuk penerangan, AC, dan peralatan-peralatan lainnya sebagai berikut = 60,655 kWatt + 146.260 kWatt + 25 kWatt
= 146.345 kWatt

Sehingga, total kebutuhan listrik pada pabrik methanol ini adalah sebesar:
Total kebutuhan listrik = Kebutuhan listrik kegiatan proses produksi + kegiatan operasional + kegiatan pendukung
= 446,854 kWatt + 60,655 kWatt + 146.260 kWatt
= 146.767,509 kWatt
Faktor keamanan 10% maka:
Total kebutuhan listrik = 1,1 x 146.767,509 kWatt
= 161.444,2599 kWatt

Total kebutuhan listrik tersebut dipenuhi dengan rincian sebagai berikut:

1. Pada pabrik methanol, pemenuhan kebutuhan listrik pabrik untuk kegiatan proses produksi, kegiatan operasional dan lain lain sebesar kWatt di-*supply* dari PT. PLN persero.
2. Generator cadangan = 1.000 kWatt masih mampu untuk menjalankan pompa unit pendukung utilitas, pengolahan limbah, laboratorium, bengkel, dan instrumentasi ketika terjadi *emergency.*

d. Generator

Untuk memenuhi kebutuhan daya listrik di atas, maka digunakan generator untuk cadangan sumber energi listrik apabila listrik dari PT. PLN mengalami gangguan. Generator diesel yang digunakan memiliki efisiensi 80%.

Input generator = total listrik kWatt / 0,80 = 201.805,3249 kWatt

Input generator cadangan 2000 kWatt, sehingga dapat masih tersedia ketika ingin digunakan untuk keperluan lain.

= 210.000 – 201.805,3249 kWatt = 8.194,675125 kWatt

- **Spesifikasi Generator**

Tipe generator	= AC Generator
Kapasitas generator	= 105.000 kW = 358.260.000 Btu/hr
Tegangan	= 220/360 Volt
Frekuensi	= 50 Hz
Jumlah	= 2 buah
Phase	= 3
Jenis bahan bakar	= solar
Kapasitas generator	$= 105.000 \text{ kW} \times \frac{0{,}95 \text{ Btu/s}}{1 \text{ kW}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}}$
	= 359.100.000 Btu/hr

- **Spesifikasi Bahan Bakar**

Heating value	= 19.440 Btu/lb
Densitas bahan bakar	= 54,26 lb/ft^3
Specific gravity	= 0,08691
Efisiensi bahan bakar	= 80%

- Kebutuhan solar $= \frac{Q}{(\eta \text{ x SG x } Heating\ Value)}$

$= \frac{359.100.000\ Btu/hr}{(0{,}8 \text{ x } 0{,}08691 \text{ x } 19.440 \text{ Btu/lb})}$

= 265.680,33 lb/hr

= 2.892.336 liter/hari

= (265.680,33 lb/hr) / 54,26 lb/ft^3

= 4.896,430 ft^3/hr

Asumsi terjadi pemadaman listrik dalam sebulan sekali dengan waktu sekali pemadaman selama 6 jam dan *maintenance* generator cadangan selama 30 menit tiap bulannya (SOP *Engineering* DG Set) sehingga didapatkan alokasi waktu pemadaman dan *maintenance* selama 1 tahun adalah:

Pemadaman = 6 jam/bulan = 72 jam/tahun

Maintenance = 30 menit/bulan = 6 jam/tahun

Total alokasi waktu selama 1 tahun = 78 jam/tahun

Sehingga total volume solar yang dibutuhkan pertahunnya adalah

= 4.896,430 ft^3/jam x 72 jam/tahun

= 352.543,02 m^3/tahun

4.4 Unit Penyediaan Udara Instrumen *(Instrument Air)*

Unit penyediaan udara bertekanan sangat diperlukan dalam pabrik untuk menjalankan sistem instrumentasi di seluruh area proses, utilitas, pembersihan alat, dan lain-lain. Udara tekan dihasilkan dengan mengkompresi udara luar menggunakan kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa. Udara harus dikompresi terlebih dahulu untuk mencapai pada tekanan proses. Udara tekan dibagi menjadi beberapa sistem berdasarkan fungsinya, yaitu sebagai *purging*, pembersihan alat-alat di *plant*, dan untuk menggerakkan peralatan instrumentasi atau sistem kontrol secara *auto control*. Udara tekan bermanfaat untuk membuka katup pada daerah yang berbahaya jika dioperasikan langsung oleh manusia pada kondisi panas, pada kontak bahan kimia berbahaya, dan tegangan listrik yang tinggi sebagai udara instrumentasi. Penggunaan udara tekan memperhemat daya manusia dan mempersingkat waktu pengerjaan.

Udara tekan berfungsi untuk megonversi energi dengan cara memapatkan udara di sekitarnya dengan memanfaatkan peralatan *pneumatic* seperti kompresor. Kompresor merupakan alat untuk mengatur besar kecilnya tekanan yang dihasilkan. Udara tekan yang dihasilkan dengan kompresor mempunyai kelebihan dibandingkan dengan listrik dan tenaga

hidrolik dalam hal konstruksi dan operasi mesin yaitu konstruksi sederhana, pemeliharaan dan pemeriksaan mesin dan peralatan mudah, harga mesin dan peralatan lebih murah, kebocoran udara tidak membahayakan maupun menimbulkan pencemaran. Kompressor yang banyak digunakan adalah jenis *centrifugal compressor* karena hemat bahan bakar, rendah emisi karbon, cocok untuk mengompresi udara dalam jumlah besar dengan tekanan sedang.

Udara instrumen bersumber dari udara di lingkungan pabrik methanol. Udara harus bebas dari partikulat padatan kerikil debu, minyak, gas berbahaya dan bahan korosif lainnya. Udara harus dinaikkan tekanannya untuk mencapai tekanan proses menggunakan kompresor. Udara untuk instrumentasi atau sistem kontrol harus dikeringkan hingga temperature *dew point* guna mencegah terjadinya kondensasi pada temperature ambien yang terendah. Temperatur yang direkomendasikan yaitu 38-40˚C. Tekanan udara harus berada pada rentang 4-7 bar g, tidak kurang dari 4 bar g supaya untuk memastikan instrumen dan *valve* bekerja dengan baik.

Tabel 4.16 Kualitas Udara Instrumen

Parameter	**Nilai**	**Satuan**
Kandungan partikulat	< 0,1	g/Nm^3
Ukuran partikulat	< 2	μm
Tekanan	7,5	kg/cm^2
Uap air (H_2O)	Maks 125	ppm

Penyediaan *instrumen air* pada pabrik methanol terdiri dari dua kebutuhan udara yaitu:

1. *Plant Air* (PA)

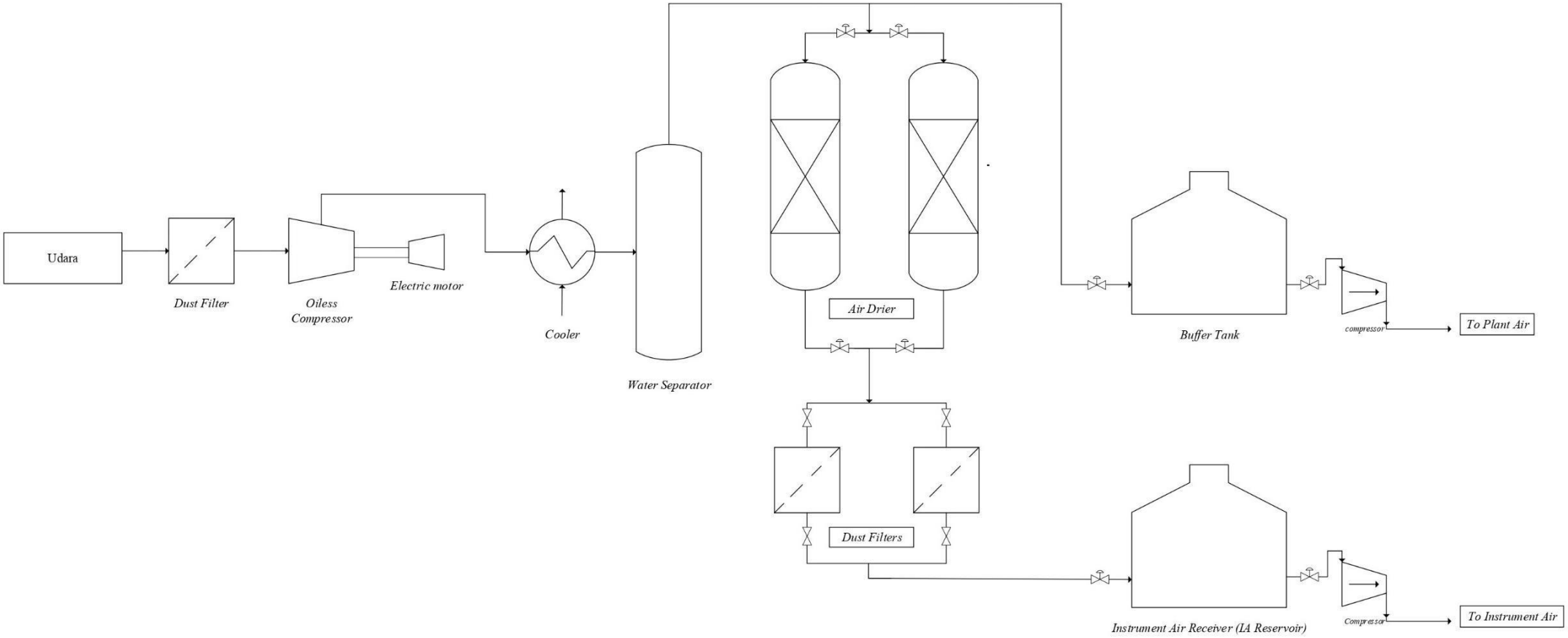
   Plant air dialirkan ke unit proses untuk kepelruan pembersihan alat proses pabrik dan alat utilitas. *Plant air* disuplai melalui *header plant air* dan *buffer tank.*
2. *Instrument Air* (IA)

   Instrument air digunakan unruk menggerakkan *pressure control valve, flow control valve, level control,* dan alat-alat kontrol lainnya. *Instrumen air* memiliki kandungan air yang lebih rendah dibandingkan dengan *plant air* karena sistem instrumentasi harus bebas air yang dapat mengganggu kerja *control valve* dan sistem kontrol lainnya pada alat proses.

Adapun proses dalam penyediaan *plant air* dan *instrument air* adalah sebagai berikut:

Kebutuhan udara dari luar disaring dengan *package dust filter* untuk menghilangkan partikel debu. Udara selanjutnya dikompressi dengan *oilless compressor* karena udara untuk kebutuhan instrumen atau sistem kontrol tidak boleh mengandung minyak yang terbawa saat dikompress. Udara yang telah dikompressi akan mengalami kenaikan tekanan dan suhu sehingga harus didinginkan menggunakan *cooler.* Udara selanjutnya akan dihilangkan kadar airnya pada *water separator* yang berupa *package adsorber* dengan media penjerap berupa *silika gel*. Udara tekan untuk instrument tidak boleh mengandung air. Udara yang keluar dari *water separator* sebagian digunakan untuk:

1. Keperluan *plant air* (PA) dimasukkan ke dalam *buffer tank* untuk menjaga kualitas udara, menyediakan pasokan udara yang stabil dalam sistem sesuai kebutuhan yang dialirkan melalui pipa yang terdapat *valve flow control* untuk kebutuhan alat proses.
2. Keperluan *instrument air* (IA) udara dikeringkan dahulu di *filter* lalu udara ditampung dalam *instrument air receiver tank* (IA *reservoir*) yang selanjutnya dapat dialirkan melalui pipa yang terdapat pengaturan *valve flow control* untuk digunakan sebagai *instrument air.*



Gambar 4.3 *Process Flow Diagram* Instrument Air

4.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar alat penunjang proses seperti boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah *natural* gas yang dipilih didasarkan pada pertimbangan yaitu memiliki nilai kalor yang tinggi, mudah didapatkan dan banyak tersedia di alam, harga lebih murah, sistem distribusi yang mudah menggunakan pipa dan mobil tangki. *Natural gas* diperoleh pada perancangan pabrik methanol ini adalah dari PT.Perusahaan Gas Negara persero, Bogor, Jawa Barat. Berikut merupakan data *Low Heating Value* (LHV) Natural Gas masing-masing komponen:

Tabel 4.17 Data *Low Heating Value Natural* Gas

(Kidnay, A.J; Parrish, 2006, Appendix B)

Komponen	LHV (Kj/Kg)	BM	Fraksi Massa	Fraksi Mol	LHV.xi
CH_4	55.576	16	0,8	0,91	44.460,800
C_2H_6	51.952	30	0,07	0,04	3.636,640
C_3H_8	50.370	44	0,05	0,02	2.518,500
i-C_4H_{10}	49.389	58	0,02	0,01	987,780
n-C_4H_{10}	49.547	58	0,02	0,01	990,940
i-C_5H_{12}	48.950	72	0,01	0	489,500
n-C_5H_{12}	49.046	72	0,01	0	490,460
n-C6H12	48.717	86	0,01	0	487,170
N_2	0	28	0,01	0,01	0
CO_2	0	44	0	0	0
CO	0	28	0	0	0
H_2S	0	34	0	0	0
H_2O	0	18	0	0	0
H_2	0	2	0	0	0
CH_3OH	16.501	32	0	0	0
ZnO	0	81	0	0	0
CuS	0	95,5	0	0	0
ZnS	0	97	0	0	0
Total	**420.048**		**1**	**1**	**54.061,79**

LHV *Natural* Gas = $\sum$ xi. LHVi

= 54.061,79 Kj/kg

= 23.246,5697 Btu/lb

Kebutuhan bahan bakar:

$$vf = \frac{Q}{(\eta \text{ x SG x } f)}$$

Dimana:

Vf = Laju alir volumetrik (lb/hr)

Q = Kapasitas panas (Btu/hr)

η = Efisiensi alat (%)

SG = *Specific gravity*

Bahan Bakar digunakan untuk:

- **Boiler**

  Bahan bakar yang digunakan untuk mengoperasikan boiler menjadi *steam* adalah *natural* gas. Boiler yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

  Kapasitas boiler = 130.882.112.946 Btu/hr

  Efisiensi bahan bakar = 80%

  Jenis bahan bakar = *Natural* gas

  Heating value = 23.246,5697 Btu/lb

  Densitas bahan bakar = 1,673 lb/ft^3

  Specific gravity = 0,0268

➢ **Kebutuhan bahan bakar saat *start up***

Kebutuhan *natural* gas $= \frac{Q}{(\eta \text{ x SG x } Heating\ Value)}$

$= \frac{137.717.359.981{,}00 \text{ Btu/hr}}{(0{,}8 \text{ x } 0{,}0268 \text{ x } 23.246{,}5697 \text{ Btu/lb})}$

= 276.315.362,2 lb/hr

= 125.597.891,9 kg/hr

➢ **Kebutuhan bahan bakar saat normal operasi**

Kebutuhan *natural* gas $= \frac{Q}{(\eta \text{ x SG x } Heating\ Value)}$

$= \frac{130.882.112.946 \text{ Btu/hr}}{(0{,}8 \text{ x } 0{,}0268 \text{ x } 23.246{,}5697 \text{ Btu/lb})}$

= 262.601.159,8 lb/hr

= 119.364.163,5 kg/hr

➢ **Spesifikasi Boiler**

Tipe : *Supercritical Water Tube* Boiler (<1000 psig)
Jumlah : 6 buah
Bahan Bakar : *Natural* gas
Heat Surface : 39.098.056,61 ft^2
Rate Bahan Bakar : 125.597.891,9 kg/hr
Tekanan : 1 bar
Temperature : 190˚C

- **Generator Cadangan**

Kebutuhan listrik pabrik methanol ini di-*supply* dari Gas Turbin Generator dan PT. PLN Persero serta terdapat dua satu buah generator cadangan dengan bahan bakar diesel untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar kW ketika saat *emergency*. Generator yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tipe generator = AC Generator
Kapasitas generator = 105 MW = 105.000.000 watt = 105.000 kW = 358.260.000 Btu/hr
Tegangan = 220/360 Volt
Frekuensi = 50 Hz
Jumlah = 1 buah
Phase = 3
Jenis bahan bakar = solar
Heating value = 19.440 Btu/lb
Densitas bahan bakar = 54,26 lb/ft^3
Specific gravity = 0,08691
Efisiensi bahan bakar = 80%

➢ Kebutuhan solar $= \frac{Q}{(\eta \text{ x SG x } Heating\ Value)}$

$= \frac{358.260.000\ Btu/hr}{(0{,}8 \text{ x } 0{,}08691 \text{ x } 19.440 \text{ Btu/lb})}$

= 265.058,859 lb/hr

= 2.880.000 liter/hari

4.6 Unit Laboratorium

Laboratorium merupakan sarana penting dalam pabrik methanol untuk menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga kualitas atau mutu produksi. Dari lunit laboratorium dapat tersedia data data tentang *raw material* dan hasil analisa spesifikasi produk yang diperoleh dari produksi. Dengan adanya unit laboratorium maka proses produksi dapat dikendalikan dan kualitas produk yang dihasilkan dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Unit laboratorium juga berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan untuk menganalisa baku mutu limbah yang keluar dari unit pengolahan limbah yang ada di pabrik. Laboratorium mempunyai tugas pokok antara lain:

1. Sebagai pengontrol dan penguji kualitas bahan baku yang diperoleh apakah sesuai dengan spesifikasi atau tidak.
2. Sebagai pengontrol kualitas produk yang diproduksi apakah sesuai dengan spesifikasi atau tidak. Hasil analisa dari laboratorium dapat diinformasikan ke *control room* sebagai acuan untuk mengendalikan proses.
3. Tempat untuk mengontrol dan menganalisa jalannya proses produksi yang berkaitan dengan tingkat pencemaran lingkungan, meliputi polusi udara, limbah padat, cair, dan gas yang dihasilkan unit- unit produksi.
4. Tempat untuk mengontrol dan menganalisa baku mutu air, air pendingin, air umpan boiler dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

4.6.1 Bagian-Bagian Laboratorium

Dalam unit laboraotium terdapat dari 3 bagian pokok yaitu:

1. Laboratorium Pengendalian Mutu (*Quality Control*)

Laboratorium pengendalian mutu terdiri dari kegiatan pengendalian kualitas mutu bahan, standar proses produksi, barang setengah jadi, barang jadi hingga ke standar pengirim produk akhir ke konsumen supaya barang yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi mutu yang diharapkan.

Uji bahan baku dilakukan menganalisa spesifikasi komposisi, sifat fisika dan kimia *flue* gas dan hidrogen yang masuk sebagai bahan baku dengan menggunakan gas kromatografi, *specific gravity*, dan total sulfur. Uji produk dilakukan dengan menganalisa komposisi dari tiap arus produksi untuk dapat menentukan kualitas produk yang dihasilkan lalu menganalisa komposisi produk, sifat fisika dan kimia dari methanol. Uji produk dilakukan menggunakan gas kromatografi, dilakukan pengujian *specific gravity*, viskositas, kandungan air, dan *boiling point*.

2. Laboratorium Pengendalian Baku Mutu Lingkungan

Laboratorium ini bertugas untuk menganalisa limbah hasil proses produksi seperti limbah cair, limbah gas. Selain itu juga menganalisa limbah yang telah diolah melalui unit pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan, dan analisa buangan *cooling water* ke laut yang telah digunakan pada unit alat proses.

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

Laboratorium ini bertugas untuk melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait dalam proses untuk meningkatkan hasil akhir produk dan mengimbangi kebutuhan pasar produksi. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan.

4.6.2 Alat-Alat Utama Laboratorium

Alat-alat utama yang digunakan di laboratorium antara lain:

1. *Hydrometer*

   Alat ini berfungsi untuk mengukur *spesific gravity*.

2. *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GCMS)

   Alat ini digunakan untuk memisahkan komponen-komponen dari suatu campuran, sehingga dapat diketahui komponen dan komposisi penyusun campuran gas tersebut. Gas chromatography digunakan untuk menganalisa komponen *flue* gas dan hidrogen yang masuk sebagai bahan baku serta menganalisa gas yang masuk dan keluar reaktor sintesis.

3. *Water Content Test*

   Alat ini digunakan untuk menganalisa kadar air methanol dengan metode *karl fisher moisture.* Alat ini bekerja berdasarkan daya hantar listrik ion-ion air.

4. *Viscometer Bath*

   Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat viskositas produk.

5. *Conductivity meter*

   Alat ini digunakan untuk mengukur nilai konduktivitas listrik suatu larutan atau cairan.

6. TDS meter

   Alat ini digunakan untuk mengukur partikel padatan terlarut pada unit utilitas.

7. *Turbidity* meter

Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air pada unit utilitas.

8. pH meter

Alat ini digunakan untuk mengukur pH air di unit utilitas.

9. Spektrofotometer

Alat ini digunakan untuk menganalisa absorpsi energi radiasi pada suatu panjang gelombang tertentu oleh suatu larutan contoh (larutan penyerap) terhadap suatu larutan standar.

10. Total Sulfur *Analyzer*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kandungan sulfur pada *flue* gas, hidrogen, dan produk pada reaktor sintesis.

11. Auto Distilation ASTM 1078

Alat ini digunakan untuk menganalisa titik didih produk methanol sehingga dapat mengetahui *range* distilasi cairan.

12. *Liquid Chormatography*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kandungan produk methanol dan larutan amina.

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah merupakan unit yang harus disediakan oleh suatu pabrik. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik methanol antara lain adalah limbah cair, limbah padat, dan limbah gas. Pengolahan limbah berdasarkan pada jenis buangannya yaitu:

1. Pengolahan Limbah Cair

a. *Oily Water* dari Mesin Proses

Oily water berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat lain. Pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak dibagian atas dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar, sedangkan air dibagian bawah dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan ditampung di kolam lumpur aktif *(activate sludge)* menggunakan mikroorganisme seperti *Penicillium*, *Cephlaosporium*, dan *Cladosporium* untuk menurunkan nilai BOD dan COD pada limbah mencapai 70-95%.

b. Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik dan perkantoran. Pengolahannya dilakukan dengan cara air dikumpulkan dan diolah dalam unit sanitasi dengan menggunakan lumpur aktif dan desinfektan Na-hipoklorit

(NaOCl). Selanjutnya limbah dialirkan menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

c. Air Sisa Proses

Air sisa regenerasi dari unit demineralisasi mengandung NaOH dan H2SO4 yang kemudian dinetralkan dalam kolam penetralan dengan HCl dan NaOH hingga pH mencapai sekitar 6,5-7, serta mengandung O2 minimal 3 ppm. Air yang netral lalu selanjutnya air tersebut dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Limbah Cair dari proses produksi yaitu dari :

- Keluaran air dari arus 2 yang berasal dari *bottom* FD-101 pada pemisahan *flue* gas dan kandungan air.
- *Purge* EEMPA dari keluaran arus 6 yang berasal dari *bottom* RB-101.
- Kondensat dari arus 15 dan 19 dari *bottom* RB-301 dan RB-302 yang sebelumnya berupa air dari bawah *(bottom product)* D-301 dan D-302.

Secara umum proses pengolahan limbah yang akan digunakan ialah menggunakan pengolahan biologis dengan lumpur aktif atau *activated sludge* untuk menurunkan nilai BOD dari limbah air yang dihasilkan. Pengolahan sebagian limbah cair berlangsung di *water treatment*. Untuk lokasi pemantauan limbah terletak pada bak penampungan air dan air sungai dekat pabrik. Teknik pemantauan kondisi air buangan dari pabrik dilakukan dengan alat *water sampler* dan kemudian diukur dalam laboratorium. Parameter beserta nilai baku mutu dari limbah cair dan air sungai dekat pabrik yang dipantau sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 4.18 Standar Baku Mutu Limbah Cair Pabrik Methanol
(Laporan Kerja Praktek PT. Kaltim Methanol Industri, 2017)

Parameter	**pH**	**TSS**	**BOD**	**COD**	**Methanol**	**Oil**	**Debit**
Hasil Pengukuran	7,89	29,8	0,46	86,4	39,2	< 2	46,09
Satuan	-	◦C	mg/L	mg/L	Organoleptik	mg/L	m^3/ton produk

Tabel 4.19 Standar Baku Mutu Kualitas Buangan Air Laut

(Laporan Kerja Praktek PT. Kaltim Methanol Industri, 2017)

Parameter	pH	TSS	Ammonia	Bau	Suhu	Oil	Cerah
Hasil Pengukuran	7,7	5,22	0,09	Tidak Bau	31,2	-	2,75
Satuan	-	◦C	mg/L	Organoleptik	Organoleptik	mg/L	mtu

2. Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan berasal dari limbah domestik. Limbah domestik berupa sampah-sampah keperluan sehari hari seperti kertas, plastik, dan juga dedaunan yang jatuh. Sampah ditampung di dalam bak penampungan sampah, selanjutnya sampah jenis organik dan anorganik tersebut dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Di pabrik methanol ini, pengolahan sampah akan dibagi menjadi beberapa bagian seperti menyediakan tong atau tempat sampah dengan jenis yang berbeda seperti sampah organik, anorganik, dan B3.

Selain itu, terdapat limbah padat juga berupa *sludge* yang dihasilkan dari unit pengolahan air. Limbah padat dari unit pengolahan air akan dikurangi kadar airnya sehingga dapat dijadikan sebagai pupuk organik. Limbah padat organik dapat diolah dengan melakukan penimbunan terbuka karena akan diuraikan oleh organisme pengurai sehingga akan membuat tanah menjadi lebih subur.

Limbah padat dari kegiatan proses yaitu berupa katalis yang sudah non aktif diserahkan ke pihak ke tiga untuk diolah lebih lanjut yaitu di PT. Andhika Makmur Persada, Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

3. Pengolahan Limbah Gas

Untuk menghindari pencemaran udara dari bahan-bahan buangan gas meliputi buangan gas dari boiler, maka dapat dilakukan penangan bahan buangan tersebut dengan cara dibuat cerobong asap *(stack* atau *chimney)* berbentuk *vertical* dan ketinggian tertentu sebagai alat untuk pembuangan asap dengan memastikan gas mengalir dengan baik serta suhu gas buang direndahkan sampai serendah mungkin untuk mencegah pembentukan NOx. karena bahan bakar boiler menggunakan natural gas yang tidak menghasilkan *fly ash* atau emisi yang dapat membahayakan lingkungan.

Flare disediakan untuk membuang sejumlah gas gas yang mudah terbakar dengan aman, khususnya gas yang akan dikeluarkan dengan cepat dari beberapa unit area pabrik methanol dan hanya diijinkan untuk membakar gas-gas yang tidak membahayakan untuk dikeluarkan seperti pada *purge* gas hidrogen dan *treated* gas dari absorber.

Berikut adalah standar baku mutu emisi gas pada *stack boiler* di pabrik methanol.

Tabel. 4.20 Standar Baku Mutu Emisi Gas pada *Stack* Boiler

(Laporan Kerja Praktek PT. Kaltim Methanol Industri, 2017)

Parameter	g/Nm^3
SO_2	1,5
CO	1,0
NOx	1,7

4. Pengolahan Limbah B3

Limbah padat dan cair yang berbahaya (limbah B3) disimpan terlebih dahulu di Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan IPAL yang *close system* sehingga diupayakan tidak terjadi kebocoran limbah B3 dari TPS ke tanah, air, dan lingkungan sekitar pabrik. Selanjutnya limbah B3 akan melalui pengolahan di pihak ke 3 yaitu PT. Andhika Makmur Persada, Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) merupakan salah satu aspek penting dalam operasional pabrik kimia. Industri kimia tidak hanya berorientasi pada aspek ekonomi dan proses keberjalanan pabrik saja, tetapi juga harus mempertimbangkan kesahatan, keamanan, keselamatan kerja kepada pekerja, masyarakat sekitar pabrik, dan lingkungan tempat pabrik berdiri sehingga para tenaga kerja selalu dalam keadaan sehat dan selamat selama melakukan pekerjaan, masyarakat di sekitar pabrik aman, proses produksi berjalan secara aman, dan lingkungan juga terjaga dengan baik dari pencemaran. Aspek ini sangat perlu diperhatikan secara serius. Hal tersebut sejalan berdasarkan Undang-Undang No.1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja menetapkan bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapatkan perlindungan demi keselamatan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas Nasional.

Oleh karena itu, pabrik methanol ini memiliki departemen atau bagian khusus yaitu HSE (*Health, Safety, and Environment*) dan K3 yang bertugas sebagai pengawas seluruh kegiatan di pabrik agar mencapai target *zero accident* (insiden nihil) dan mencegah polusi emisi gas dan limbah terhadap lingkungan sekitar. Manajemen perusahaan sangat mendukung dan ikut berpartisipasi dalam program pencegahan kerugian baik terhadap karyawan, aset perusahaan, terjaganya kegiatan operasi serta keamanan masyarakat sekitar yang diakibatkan oleh keberadaan perusahaan.

Serangkaian kegiatan yang dilakukan dalam rangka menciptakan Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) antara lain mengawasi keselamatan jalannya produksi, bertanggung jawab terhadap alat-alat keselamatan kerja, bertindak sebagai instruktur *safety*, membuat dokumen izin kerja *(work permit),* membuat rencana kerja pencegahan kecelakaan, membuat prosedur darurat penanggulangan kebakaran dan kecelakaan proses, mengawasi kuantitas dan kualitas limbah pabrik agar tidak berbahaya bagi lingkungan.
Pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja ini berlandaskan

1. Undang-Undang No. 1/1970 yang dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja mengenai keselamatan kerja karyawan.
2. Undang-Undang No. 2/1951 yang dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja mengenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja.
3. Peraturan Pemerintah No. 4/1982 yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup mengenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup.
4. Peraturan Pemerintah No 29/1986 yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup mengenai ketentuan Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL).

4.8.1 Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Fasilitas pelayanan kesehatan yang memadai dapat menunjang kinerja pekerja serta menyelamatkan nyawa dalam situasi yang berbahaya. Selain itu, merupakan salah satu tindakan penanggulangan yang bisa dilakukan oleh perusahaan dalam menghadapi kecelakaan kerja. Dengan begitu, angka fatalitas dalam kecelakaan kerja dapat ditekan dan dengan begitu, dapat menekan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Pelayanan kesehatan yang dapat atau wajib disediakan dalam suatu pabrik antara lain:

1. **Pelayanan Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K)**

   Pelayanan Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K) disediakan di setiap unit produksi pabrik dan ditempatkan di kantor unit. Pelayanan P3K terdiri dari ketersediaan kotak P3K dan petugas P3K. Pemeriksaan kotak P3K dilakukan setiap bulan sekali untuk memeriksa kelengkapan isi dari kotak P3K yang dilakukan oleh petugas poliklinik dan petugas *safety* K3. Isi dari kelengkapan kotak P3K terdiri dari alkohol *spray*, celemek, *tongue spantel*, *tourniquet*, betadine, obat-obatan seperti obat mual, pusing dan lain lain, kain kasa steril, perban, sarung tangan karet, dan kaca mata *safety*.

   Petugas P3K yang bertanggung jawab pertama kali dan melayani terhadap kejadian gawat darurat yang akan membahayakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja bagi karyawan adalah dokter umum dan tenaga medis (perawat) yang membantu.

2. **Kendaraan Gawat Darurat**

   Kendaraan gawat darurat seperti mobil *Ambulance* merupakan salah satu fasilitas yang harus selalu ada dan siaga bila diperlukan sewaktu-waktu untuk memberikan pertolongan pertama selama korban dalam perjalanan ke rumah sakit. Perawatan kendaraan, pengoperasian, dan perlengkapan pada mobil ditugaskan pada sopir yang bekerja berdasarkan *shift* yang berjalan.

3. **Asuransi Kesehatan**

   Perusahaan memberikan asuransi kesehatan kepada pekerja contohnya seperti JAMSOSTEK untuk memberikan perlindungan kepada pekerja atas berbagai macam risiko yang dapat terjadi. JAMSOSTEK di perusahaan meliputi jaminan kecelakaan kerja, jaminan hari tua, jaminan kematian, dan jaminan pemeliharaan kesehatan.

4. **Poliklinik dan Tenaga Kesehatan**

   Poliklinik di perusahaan mempunyai tugas untuk memberikan pelayanan kesehatan secara lengkap dan terpadu untuk karyawan di perusahaan dan keluaraga baik terhadap penyakit akibat kerja maupun penyakit umum lainnya. Dalam perusahaan terdapat tenaga kesehatan yang terdiri dari dokter umum dan perawat yang bertugas untuk menjalankan fungsi pelayanan kesehatan dari berbagai fasilitas kesehatan dalam sebuah perusahaan seperti poliklinik dibutuhkan tenaga kerja kesehatan yang dapat memberikan pertolongan bagi karyawan.

5. **Gizi Kerja**

   Pemenuhan nilai gizi kalori di perusahaan pada tenaga kerja harus diperhatikan. Perusahaan sebaiknya mempunyai kantin khusus yang digunakan untuk karyawarn yang kebersihannya terjaga oleh petugas kantin. Semua pekerja akan mendapatkan asupan gizi

yang lengkap dengan memperhatikan faktor 4 sehat dan 5 sempurna supaya pekerja sehat dan dapat bekerja dengan baik di perusahaan.

4.8.2 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik

Proses produksi yang dilakukan pada pabrik methanol dapat diidentifikasi adanya beberapa potensi bahaya yang kompleks mulai dari karakter lingkungan kerja, proses produksi, dan faktor manusia. Faktor manusia memegang peranan penting dalam mengendalikan dan menjalankan proses produksi dengan optimal. Potensi bahaya yang dapat terjadi di sekitar pabrik yaitu:

1. **Terjatuh dari Ketinggian**

   Potensi bahaya terjatuh terutama dari tempat yang tinggi sangat membahayakan bagi tenaga kerja yang dapat menyebabkan disabilitas atau kecacatan bahkan kematian Pekerjaan yang mengandung potensi bahaya terjatuh terjadi pada saat bekerja di ketinggian atau pada saat menaiki tangga, saat pengecekan material di atas truk, saat pengecekkan alat di kolom atau menara dan lain lain. Perlu adanya perlatan *safety* seperti *body harness* dan pengawan K3 untuk mencegah hal tersebut terjadi.

2. **Kejatuhan Benda**

   Kejatuhan benda dapat terjadi di beberapa bagian seperti di bagian penyimpanan peralatan kerja karena terdapat rak pekerja untuk menempatkan *wear pack*, sepatu, dan helm. Apabila barang barang tidak tertata rapi dapat menyebabkan bahaya kejatuhan benda bagi pekerja yang berada di tempat tersebut. Selain itu juga dapat terjadi di luar pabrik ketika sedang jalan di area pabrik, harus memakai *safety helmet* supaya bila terdapat peralatan atau benda dapat teratasi.

3. **Percikan Bahaya Kimia Berbahaya**

   Tenaga kerja di pabrik methanol harus siap siaga sepanjang waktu apabila terjadi kecelakaan, terutama adanya percikan bahan kimia berbahaya yang berasal dari tumpahan bahan kimia, kebocoran pipa, tangki, kolom, atau alat lainnya dan juga bahaya pembuangan gas-gas hasil reaksi ke udara dan limbah lainnya yang mencemari lingkungan. Bahan kimia yang tumpah ke lingkungan dapat menyebabkan kebakaran, ledakan, gangguan pernafasan, dan lain lain yang merugikan.

4. **Terpapar Benda Panas**

   Panas yang dimaksud di sini bukan berasal dari reaksi atau karakteristik bahaya kimia, melainkan berasal dari kehadiran proses pembakaran dan sejenisnya yang menyebabkan tangan harus berdekatan dengan peralatan - peralatan kerja bersuhu tinggi.

5. **Kebakaran**

   Bahaya kebakaran dapat terjadi di bagian pemeliharaan *(maintenance)* karena adanya percikan bunga api pada waktu proses mengelas atau memotong besi. Di bagian *warehouse* juga berpotensi terjadi kebakaran karena adanya bahanbahan mudah terbakar. Konsleting arus listrik tegangan tinggi di pabrik juga dapat menyebabkan terjadinya kebakaran sehingga perlu dilakukan pengecekkan rutin terhadap kondisi arus listrik dan siaganya alat pemadam kebakaran.

6. **Ledakan**

   Ledakan merupakan suatu potensi bahaya yang dapat merugikan bagi perusahaan karena dalam peristiwa ledakan dengan pelepasan energi panas dapat menimbulkan kebakaran yang sangat hebat. Salah satu penyebab ledakan yaitu berasal dari bagian kantin apabila tabung gas yang digunakan untuk memasak meledak. Selain itu penyebab ledakan juga ketika kondisi operasional pada peralatan tidak sesuai dengan kondisi operasi yang seharusnya maka dapat menyebabkan potensi ledakan yang merugikan.

4.8.3 Faktor Bahaya di Sekitar Pabrik

Proses produksi di pabrik juga dapat menimbulkan adanya faktor bahaya yang apabila tidak ditangani dengan baik dapat mengganggu proses kerja juga dapat mengganggu kesehatan tenaga kerja. Faktor bahaya di pabrik yaitu:

1. **Kebisingan**

   Kebisingan di pabrik sebagian besar bersumber dari peralatan mesin yang digunakan dalam perusahaan yang berhubungan dengan proses produksi. Tenaga kerja yang bekerja pada area yang sangat bising melebihi ambang batas pendengaran selama 8 jam sehari memiliki faktor bahaya yang sangat besar karena dapat menimbulkan kerusakan pendengaran bahkan tuli. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan menyiapkan *ear plug* pada lokasi-lokasi dengan tingkat kebisingan yang tinggi.

2. **Getaran**

   Getaran bersumber dari mesin atau alat mekanis di pabrik yang dijalankan dengan suatu motor. Getaran mekanis dapat menyebabkan gangguan kenyamanan kerja. Mesin yang menimbulkan getaran harus dipasang pengaman, jika tidak dipasang alat pengaman dapat menimbulkan bahaya mekanis.

3. **Penerangan**

   Penerangan di suatu pabrik menggunakan penerangan alami dan buatan, bila penerangan alami sudah cukup memberikan penerangan bagi tenaga kerja maka penerangan buatan

atau lampu dimatikan, untuk menghemat energi listrik. Pada beberapa lokasi terdapat bagian-bagian yang perlu penambahan penerangan misalnya di ruang administrasi dan tempat produksi karena di bagian ini merupakan bagian dimana pekerjaan yang dilakukan membutuhkan ketelitian tinggi sehingga dibutuhkan penerangan yang cukup baik.

4. ***House Keeping***

Bagian *housekeeping* yang tidak baik mengakibatkan tempat kerja menjadi kotor dan alat-alat tidak teratur sehingga menyulitkan dalam penanggulangan kebakaran dan kecelakaan. Jam kerja yang berlebihan secara rutin dapat menyebabkan kelelahan dan kejenuhan.

4.8.4 Sebab dan Kerugian Kecelakaan Kerja

Dalam bekerja terdapat sebab-sebab timbulnya kecelakaan kerja dari berbagai faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Sebab dan kerugian kecelakaan kerja yaitu:

1. **Sebab Kecelakaan Kerja**

- **Kesalahan Manusia *(human error)***

a. Kurangnya ilmu pengetahuan yang dimiliki
b. Kelalaian dan meremehkan bahaya di lokasi
c. Kurangnya sarana dan prasana perusahaan
d. Bekerja tanpa diberi wewenang

- **Kondisi yang tidak aman *(unsafe condition)***

a. Peralatan pelindung yang tidak memenuhi standar keselamatan
b. Bahan dan peralatan proses yang rusak atau cacat
c. Pemeliharaan yang jelek
d. Ventilasi dan penerangan yang kurang sehingga menyebabkan sesak
e. Paparan radiasi

a. Lain-lain *(force majeur)*

a. Bencana alam.
b. Kerusuhan atau demonstransi
c. Cuaca dan iklim

2. **Kerugian Akibat Kecelakaan Kerja**

- ***Human aspect* (aspek manusia)**

a. Ketegangan
b. Sakit

- **Kehilangan upah**
  a. Mengadakan pengeluaran yang lebih besar
  b. Menjadi disabilitas atau cacat tetap, tidak mampu bekerja
  c. Meninggal dunia
  d. Efek ke keluarga dan saudara untuk memenuhi kebutuhan
- ***Financial aspect*** **(aspek keuangan)**
  a. Kehilangan pekerja ahli dan berpengalaman
  b. Kerugian akibat produksi
  c. Tidak mendapatkan keuntungan
  d. Pengeluaran untuk menggantikan pekerja yang meninggal dunia atau cacat dengan rekruitmen, pelatihan, dan lain lain.
  e. Menaikkan premi dari asuransi

4.8.5 Sistem Keamanan Kerja

Sistem kesehatan, keselamatan, dan keamanan kerja atau HSE di perusahaan bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi pekerja dari potensi bahaya yang ditimbulkan saat bekerja di pabrik guna mencapai nihil kecelakaan kerja. Oleh karena itu juga perusahaan menyediakan fasilitas keselamatan untuk tenaga kerja antara lain:

1. Alat Pelindung Diri

Sistem keselamatan kerja di perusahaan bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi pekerja dari bahaya, untuk itu perusahaan menyediakan fasilitas keselamatan untuk tenaga kerja antara lain:

a. Helm atau Topi Keselamatan

Helm atau topi keselamatan merupakan alat pelindung diri yang berfungsi untuk melindungi kepala dari kejatuhan benda keras, benturan yang kemungkinan tertimpa benda-benda yang jatuh, dari kejutan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena tumpahan bahan kimia yang berbahaya.

b. Alat Pelindung Mata *(Safety Glass)*

Alat pelindung mata untuk melindungi mata dari benda yang melayang, percikan, bahan kimia, dan cahaya yang menyilaukan. *Safety glass* dipakai di tempat yang berdebu seperti pekerjaan menggerinda, memahat, mengebor, membubut, mengelas, menganalisa menggunakan bahan kimia seperti alkali. Alat ini diperuntukkan bagi tenaga kerja di bagian pemeliharaan atau *maintenance*, *workshop*, dan ruang pengontrol kualitas atau laboratorium.

c. Baju Pelindung

Baju pelindung untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan bahan kimia berbahaya seperti asam atau alkali (warna kuning). Baju pelindung terhadap percikan pasir digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan pasir saat membersihkan logam dengan semprotan pasir.

d. *Safety Shoes*

Safety Shoes merupakan alat pelindung diri yang digunakan untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda keras atau tajam, luka bakar karena bahan kimia yang korosif, tertembus benda tajam, tersiram bahan kimia, dan untuk menjaga supaya seseorang tidak terpeleset minyak atau air. Sepatu *safety* terdapat jenis sepatu karet untuk melindungi kaki dari bahan kimia dan sepatu listrik apabila bekerja dengan kemungkinan terdapat bahaya.

e. Pelindung Telinga *(ear plug)*

Pelindung telinga *(ear plug)* berfungsi untuk melindungi dari kebisingan mesin pabrik seperti kompressor. Bila alat ini tidak dipakai maka dapat menurunkan daya pendengaran dan ketulian. Terdapat jenis pelindung telinga yaitu: (a) *ear plug* untuk daerah tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB (b) *Ear muff* untuk daerah dengan tingkat kebisingan lebih besar dari 95 dB.

f. Alat Pelindung Wajah *(face shield)*

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

g. Masker

Masker digunakan untuk melindungi tenaga kerja dari bahaya yang berada di udara seperti debu, gas-gas beracun, serta korosif.

- Masker gas dengan tabung penyaring *(canister filter)* untuk melindungi mata, hidung, mulut dari gas/uap yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan kerja.

h. Sarung Tangan *(Gloves)*

Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya fisik, kimia, dan listrik. Sarung tangan digunakan untuk pekerja yang bekerja dengan bahan secara langsung atau bekerja di tempat yang memiliki potensi untuk memberikan panas atau iritasi pada kulit.

- Sarung tangan kulit: dipakai bila bekerja dengan benda yang kasar dan tajam.
- Sarung tangan asbes: dipakai bila bekerja dengan benda yang panas.

- Sarung tangan katun: dipakai bila bekerja dengan peralatan oksigen.
- Sarung tangan karet: dipakai bila bekerja dengan bahan kimia yang berbahaya, korosif, dan iritatif.
- Sarung tangan listrik: dipakai bila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik

i. Kerudung Kepala *(hood)*

Untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka terhadap kotoran dan bahan lainnya yang dapat membahayakan dan mengganggu kesehatan karyawan.

- Kerudung kepala dengan pelindung pernafasan: digunakan di daerah kerja yang berdebu, terdapat gas/uap/fumes yang tidak lebih dari 1% volume atau 10 kali dari konsentrasi maksimum yang diizinkan.
- Kerudung kepala anti asam atau alkali: digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka dari percikan bahan kimia yang bersifat asam atau alkali.

2. Pengaman Mesin

Di dalam pabrik banyak terdapat mesin besar yang digunakan untuk menjalankan proses produksi. Oleh karena itu mesin diberi pengaman mesin untuk menghindari terjadinya kecelakaan. Adapun jenis-jenis pengaman mesin antara lain seperti *Safety Guard* atau *Emergency Stop Button.*

3. Pembagian Kelompok Kerja K3

Pembagian kelompok kerja K3 ini untuk mengatasi akibat yang timbul oleh jenis-jenis bahaya yang dijelaskan sebelumnya. Sistem keselamatan kerja di lingkungan pabrik melibatkan beberapa kelompok kerja seperti:

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

Selain kelompok kerja di atas, peran seluruh karyawan di pabrik untuk mencegah serta menghindari adanya bahaya yang dapat merugikan diri sendiri, orang lain, maupun perusahaan sangat penting. Untuk mengingatkan para karyawan, maka setiap pagi dan sore selalu dilakukan pembacaan pesan-pesan keselamatan kerja oleh bagian K3 *safety* dan pemadam kebakaran.

4. Penanggulangan Kebakaran

Untuk menanggulangi masalah kebakaran di pabrik, dilakukan dengan cara membentuk sebuah tim pemadam kebakaran yang sesuai dengan jumlah tenaga kerja di setiap bagian produksi. Penanggulangan kebakaran yang berada di pabrik berada di bawah HSE (*Health,*

Safety, and Environment). Dalam penanggulangan masalah kebakaran dilakukan sistem penanggulangan terpadu dan mandiri yang meliputi:

a. **Sistem Isyarat Bahaya Kebakaran**

Sistem isyarat bahaya kebakaran di pabrik berupa *Fire Alarm System* yang ditempatkan di setiap unit. Ketika sewaktu-waktu terjadi kebakaran maka *Fire Alarm System* ini akan berbunyi. Alarm tersebut telah didistribusikan ke setiap bagian dan dipasang di tempat yang mudah dilihat.

b. **Sistem Pemadam Kebakaran**

- Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

  Jenis APAR yang di gunakan di pabrik yaitu jenis *Foam* dan *Powder.*

  Syarat - syarat pemasangan APAR yaitu:

  1. Tinggi APAR 150 cm dari lantai
  2. Jarak antara APAR yang satu dengan yang APAR yang lain kurang lebih 15 meter
  3. Setiap APAR terdapat WI *(Work Instruction)* yang tertulis jenis. Tanggal pemeriksaan, dan tanggal kadaluarsa APAR
  4. Pada tempat yang digunakan untuk menggantungkan APAR diberi nomor dan diberi keterangan kondisi APAR misalnya kondisi APAR baik dan masih dalam masa berlaku pemakaiannya

- *Hydrant*

  Hydrant merupakan sistem pemadam kebakaran yang di tempatkan di bagian - bagian strategis di sekitar pabrik. Pemeriksaan *hydrant* dapat dilakukan 2 minggu sekali oleh petugas *security* yang meliputi pemeriksaan kondisi *hydrant*, *sprayer, nozzle*, tanggal kadaluarsa, dan tekanan air. Air yang digunakan untuk *Hydrant* berasal dari air sumur dan tandon.

- Regu Pemadam Kebakaran

  Regu pemadam kebakaran adalah pekerja yang bekerja berdasarkan sistem shift dimana setiap shift terdiri dari dua orang atau lebih. Yang bertanggung jawab terhadap masalah kebakaran adalah HSE dan *Safety Committee*.

5. Program *Zero Accident* atau Kecelakaan Nihil

Sebagai usaha mencapai *zero accident* atau nihil kecelakaan harus didukung oleh semua jajaran direksi dan karyawan (seluruh anggota perusahaan) untuk ikut aktif dan bertanggung jawab terhadap program K3 yang diarahkan dengan pengamatan perbaikan

perencanaan, pengembangan dan pengawasan secara terpadu dalam semua kegiatan perusahaan. Aktivitas yang dilakukan untuk mencapai nihil kecelakaan di antaranya adalah:

a. Penerapan sistem manajemen K3 pada operasional perusahaan
b. Pembinaan, pengawasan, dan pengembangan K3
c. Mengidentifikasi sumber-sumber bahaya yang timbul di perusahaan
d. Membuat standar K3, analisis data dan permasalahan K3
e. Menyediakan kelengkapan dan mengecek kualitas peralatan K3
f. Menyerahkan surat izin keselamatan kerja
g. Pemeriksaan keseluruhan kondisi operasi dan kelayakan alat di pabrik
h. Melaksanakan *safety contact*, *safety talk*, dan *safety patrol*
i. Membuat *safety poster*
j. Melaksanakan kegiatan evaluasi K3

6. Sistem Izin Kerja

Izin kerja di laksanakan dalam rangka menjaga agar pekerjaan yang berisiko tinggi tidak menimbulkan kecelakaan. Pabrik sebaiknya menerapkan sistem izan kerja panas, izin kerja pengelasan, izin kerja ketinggian, izin kerja masuk ruang tertutup, dan izin kerja listrik. Pekerja yang ingin mendapatkan izin kerja tersebut harus meminta izin kerja *(work permit)* terlebih dahulu pada supervisi bagian yang ditunjukkan ke petugas *safety* supaya dapat dipertanggung-jawabkan.

7. Sistem Keamanan (Rambu-Rambu dan Poster)

Dalam rangka menciptakan lingkungan kerja yang aman maka harus di pasang poster serta rambu-rambu K3 yang di pasang di tempat umum sehingga mudah dilihat oleh seluruh karyawan.

8. *Behavior Based Safety Management* (BBSM)

Behavior Based Safety Management (BBSM) adalah suatu program yang bertujuan untuk mengubah perilaku pekerja guna mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Prosesnya melibatkan langkah-langkah seperti membuat daftar perilaku pekerja yang bermasalah, memilih pengawas untuk memonitor aktivitas kerja, dan melibatkan rekan sekerja dalam *monitoring* program. Meskipun BBSM memiliki kelemahan, seperti menimbulkan rasa takut di tempat kerja dan mengurangi semangat pekerja untuk melaporkan kecelakaan atau penyakit karena takut dipersalahkan, program ini mendidik pekerja untuk bekerja dengan aman. BBSM memberikan penghargaan kepada pekerja yang menerapkan nilai-nilai keselamatan dalam pekerjaan mereka, bukan hanya kepada

yang menyelesaikan tugas dengan cepat. Secara keseluruhan, implementasi BBSM dapat membantu menurunkan angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja seiring berjalannya waktu.

9. **Bagian Keamanan**

   Bagian keamanan terdiri dari dua bagian yaitu bagian penjagaan, bagian penyelidikan dan pasukan penanggulangan. Tugas utama dari bagian keamanan adalah menjaga keamanan lingkungan pabrik dari hal yang tidak diinginkan seperti pencurian atau keadaan gawat darurat di pabrik.

10. **Bagian Pemeliharaan dan Lapangan**

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

11. **Bagian Ekologi Lingkungan Hidup**

    Bagian ekologi dan lingkungan hidup bertugas untuk menjaga kelestarian lingkungan dan mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.