

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

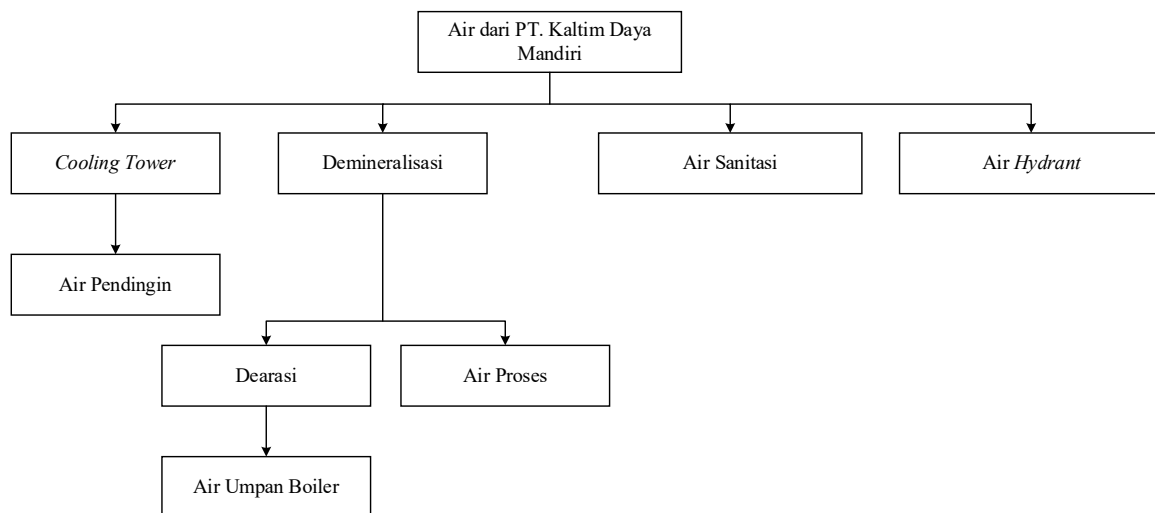
Agar pabrik dapat beroperasi dengan baik, diperlukan sarana untuk penunjang proses (unit utilitas). Umumnya utilitas di pabrik meliputi air dan listrik. Unit utilitas memegang peran penting dalam suatu pabrik, dengan mesuplai segala kebutuhan penunjang pabrik dapat menjalankan proses dari awal sampai menjadi produk akhir. Utilitas di pabrik natrium metanolat meliputi antara lain:

1. Unit Pengolahan dan Penyediaan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Uap (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyediaan Udara Instrumen (*Power Air System*)
5. Unit Laboratorium
6. Unit Pengolahan Limbah

4.1 Unit Pengolahan dan Penyediaan Air (*Water Treatment System*)

4.1.1 Unit Pengolahan Air

Air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik didapat dari PT. Kaltim Daya Mandiri, Kalimantan Timur dimana perusahaan air ini diperoleh dari Sungai Pakning, yang merupakan perusahaan penyediaan air bersih untuk masyarakat dan untuk industri sekitar Kecamatan Bontang Utara. Air untuk umpan cooling water dan kondensor pada proses produksi natrium metanolat diharuskan dengan menggunakan air yang telah didemineralisasi sehingga bebas mineral dan kontaminan yang dapat menimbulkan kerak dan korosi. Berikut adalah tahap pengolahan air secara umum:



Gambar 4.1. Diagram Alir Unit Pengolahan Air

a) Penampungan (*Reservoir*)

Air dari sungai Pakning ditampung pada *reservoir*. Pada penampungan terjadi pengendapan kotoran yang masih ikut terbawa setelah melewati beberapa proses awal. Proses pengendapan tidak memerlukan tambahan alat, karena nantinya akan terendapkan secara otomatis karena adanya gaya gravitasi.

b) Koagulasi

Air dari *reservoir* nantinya akan melewati proses koagulasi dimana pada proses ini akan terjadi penggumpalan. Proses ini memerlukan penambahan bahan koagulan yang ditambahkan ke dalam air. Umumnya koagulan yang digunakan adalah Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) atau tawas. Koagulan tersebut adalah natrium hidroksida yang terbuat dari perpaduan basa lemah dan asam kuat. Karena berasal dari perpaduan basa lemah dan asam kuat, sehingga air yang memiliki suasana basa akan dengan mudah terhidrolisa. Selain penambahan koagulan tawas penambahan kapur juga dilakukan pada air. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses flokulasi. Kapur dapat berfungsi sebagai komponen yang memberikan sifat alkalis kedalam air sehingga bisa menghilangkan kesadahan karbonat di dalam air. Karena sifatnya yang basa, dapat mempermudah terjadinya penggumpalan. Tujuan dari proses flokulasi adalah untuk mengendapkan impuritas yang terdispersi koloid dalam air dengan cara menggumpalkannya menggunakan koagulan.

c) Penyaringan (*Sand Filter*)

Air yang telah melewati tahap koagulasi akan dilanjutkan ke tahap penyaringan menggunakan *sand filter* yang dilakukan regenerasi secara berkala dengan cara mencuci aliran balik dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi agar kotoran dapat terlepas dari

permukaan filter untuk memperluas bidang penyaringan. 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.

d) Demineralisasi

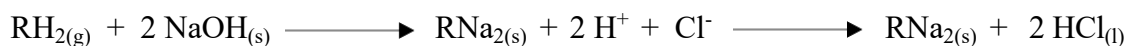
Demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- dan SO_4^{2-} . Berikut merupakan tahap demineralisasi:

1) *Carbon Active Filter*

Setelah melewati tahap pretreatment, air dilewatkan ke *carbon filter* untuk menghilangkan klorin, bau, warna serta zat-zat organik. Media yang digunakan pada *carbon filter* adalah karbon aktif (norit). Air yang keluar akan memiliki pH sekitar 6,8 - 7,7 yang kemudian diumpankan ke *cation exchanger* untuk dihilangkan kation-kation mineralnya (Dvorak & Skipton, 2013).

2) *Cation Exchanger*

Menurut Gultom (2019), pada tahap ini kation-kation dalam air akan dihilangkan dengan bantuan resin kation yang mempunyai gugus R-H yang merupakan polimer dengan rantai karbon R yang mengikat ion H didalam logam kation yang berada dalam air terikat oleh gugus R dalam resin, dan resin akan melepaskan gugus H^+ , berikut adalah reaksi yang terjadi:



Air yang dihasilkan akan memiliki pH sekitar 3,2 - 3,3. Regenerasi dilakukan jika resin sudah berkurang keaktifannya (jenuh). Pada selang waktu tertentu atau berdasarkan jumlah air yang telah melewati unit ini. Regenerasi dilakukan sengan tiga tahap, yaitu *backwash*, regenerasi dengan asam sulfat, dan pembilasan dengan air demin. Reaksi yang terjadi adalah:



3) *Anion Exchanger*

Berdasarkan Gultom (2019), air yang keluar dari unit *cation exchanger* kemudian diumpankan ke unit *anion exchanger* untuk menghilangkan anion mineral seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , NO_2^- dan SiO_3^{2-} . Dalam anion exchanger berisi resin anion. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pada proses ini ion Cl^- akan digantikan oleh ion OH^- dari resin R-OH. Air yang keluar

memiliki pH sekitar 8,6 - 8,9. Regenerasi dilakukan dengan menambahkan NaOH. Reaksi yang terjadi adalah:



e) Deaerasi

Sebelum ditampung dalam tangki penyimpanan sementara, air keluaran dari proses demineralisasi akan di proses deaerasi lagi. Proses ini berfungsi untuk menghilangkan gas-gas terutama O₂ yang berpotensi mengakibatkan korosi pada alat. Proses ini dilakukan dengan cara mekanis dan kimiawi. Proses mekanis dilakukan dengan mengontakkan air umpan boiler dengan uap pada kondisi tekanan yang rendah, sehingga suhu air akan mengalami kenaikan yang menyebabkan berkurangnya kandungan gas yang terlarut dalam air dan terlepas ke atmosfer. Sedangkan dikatan secara kimiawi karena pada proses ini perlu untuk menambahkan senyawa kimia hidrazin (N₂H₄).

4.1.2 Unit Penyediaan Air

1) Air Pendingin

Air pendingin ini digunakan sebagai pendingin pada *cooler* dan kondensor. Air tersebut perlu di-*treatment* agar tidak terjadi *fouling* (pengotor) pada alat penukar panas. Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia yang sebelumnya melalui proses *ion exchanger*. Di dalam sistem pendingin terdapat suatu sistem yang dilalui oleh aliran air pendingin, sistem ini bertujuan untuk mengatasi terjadinya *overheating* (panas yang berlebihan) sehingga mesin dapat bekerja secara stabil. Media pendingin yang digunakan dalam sistem pendingin adalah air pendingin. Air pendingin adalah air limbah yang berasal dari aliran air yang digunakan untuk penghilang panas dan tidak berkontak langsung dengan bahan baku, produk antara dan produk akhir (Permen LHK No. 5 Tahun 2021). Berikut adalah syarat air pendingin yaitu:

Tabel 4.1. Syarat Air Pendingin

No.	Syarat	Kebutuhan
1	pH	6 – 8
2	Kesadahan CaCO ₃	< 500 ppm
3	Alkalinitas CaCO ₃	< 500 ppm
4	Silika	< 150 ppm
5	TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	< 2000 ppm
6	Ion asam dan basa	-

Sistem air pendingin dibagi dalam dua jenis, yaitu jenis resirkulasi tertutup (semua air didaur ulang) dan resirkulasi terbuka (semua air langsung dibuang). Perlu diperhatikan *total dissolve solid* akibat menguapnya sebagian air saat didinginkan di *cooling tower*. *Total dissolved solid* yang 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 natrium metanolat 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.

Tabel 4.2. Kualitas Air Pendingin Sistem Resirkulasi Terbuka

Parameter	Nilai
Turbidinitas (NTU)	< 10
Konduktivitas (mhos/cm)	< 1000
pH	6,5 – 7,5
<i>Suspended Solid</i>	< 10
Total <i>Hardness</i> (ppm CaCO ₃)	< 100
Total Iron (ppm)	< 1,0
<i>Residual</i> Klorin (ppm)	0,5 – 1,0
<i>Silica</i> (ppm)	< 150
Total Kromate (ppm)	1,5 – 2,5

Hal- hal yang diperhatikan dalam pemilihan air pendingin

- Kesadahan (*hardness*) dan silica, dapat menyebabkan kerak
- Besi dan oksigen terlarut, dapat menimbulkan korosi
- *Total Suspended Solid*, lumut yang dapat menyebabkan *fouling* (pengotor)

2) Air Umpan Boiler

Boiler *feed water* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* untuk kelangsungan proses. Pada proses penguapan dalam ketel uap, uap yang dihasilkan adalah uap murni dalam fasa uap (H₂O) dimana ion-ion yang terkandung dalam air boilernya tidak turut menguap sehingga konsentrasi ion-ion yang berada dalam fasa cairnya (air boiler) semakin lama semakin tinggi yang menyebabkan terjadinya pergerakan pada pipa-pipa boiler. Pada prarancangan pabrik natrium metanolat ini digunakan *steam* sebagai media pemanas pada alat penukar panas untuk memenuhi kebutuhan panas. Output dari boiler ini adalah *saturated steam* yang nantinya akan dijadikan sebagai pemanas pada evaporator. Untuk menghasilkan *steam*,

air akan dipanaskan hingga suhu diatas 100°C. Input dari boiler ini harus diolah kembali, tahapan proses yang pertama adalah demineralisasi dan lanjut ke proses deaerasi.

Agar tidak terjadi kerusakan pada *boiler*, perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- Kandungan yang korosifitas
- Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan *scalling* (kerak)
- Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan *fouling* (pengotor)

Tabel 4.3. Kualitas Air Umpan Boiler

Tekanan Boiler (psig)	Padatan Total (ppm)	Alkalinitas (ppm)	Padatan Tersuspensi (ppm)	Silika (ppm)
451 – 600	2.500	500	150	50
601 - 750	2.000	400	100	35
751 - 900	1.500	300	60	20

Pengendalian ion-ion dalam air boiler tersebut pada sistem boiler dilakukan dengan membuang sebagian dari air boiler secara kontinyu disebut *blowdown*. Tujuan *blowdown* adalah untuk menjaga agar ion-ion yang ada dalam air boiler tidak melebihi batasan-batasan yang telah ditentukan.

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

a) Zat-zat yang menyebabkan korosi

Pengertian korosi secara sederhana adalah perubahan kembali logam menjadi bentuk bijinya. Korosi dapat menimbulkan kerusakan yang luas pada permukaan logam. Korosi yang terjadi di dalam boiler disebabkan karena pH yang rendah, air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S, dan NH₃ serta natrium hidroksida-natrium hidroksida yang terlarut dan padatan yang tersuspensi.

b) Zat yang menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa natrium hidroksida karbonat dan silika. Untuk mencegah kerak akibat kesadahan yang masih tersisa, ditambahkan fospat. Reaksi:



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

c) Zat yang dapat menyebabkan *foaming*

Pembentukan busa (*foaming*) adalah peristiwa pembentukan gelembung-gelembung di atas permukaan air dalam drum boiler. Penyebab timbulnya busa adalah adanya kontaminasi oleh zat-zat organik atau zat-zat kimia yang ada dalam boiler tidak terkontrol dengan baik. Busa 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*. Sebagai anti *foam* dapat memakai polyamida atau poliglikol.

Tabel 4.4. Persyaratan Air Umpan Boiler

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
<i>Total Hardness</i>	Ppm as CaCO_3	< 0,5
<i>pH</i>	<i>Value unit</i>	8,5 – 9,5
<i>Dissolved Oxygen</i>	ppm	0,01
<i>Silica</i>	ppm as SiO_2	0,5

3) Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Penggunaan air tidak hanya dibutuhkan untuk proses, tetapi juga dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan umum seperti air mandi cuci kakus. Air yang digunakan untuk kebutuhan umum dan sanitasi harus memenuhi standar yang berlaku. Standar ini meliputi standar fisik dan standar kimia. Untuk standar fisik meliputi suhu air harus sama dengan suhu lingkungan, mempunyai warna yang bening/jernih dan tidak memiliki rasa dan bau. Sedangkan, untuk standar kimia adalah tidak mengandung zat yang beracun (zat organik maupun anorganik).

4) Air Pemadam Kebakaran

Air pemadam kebakaran harus ada keberadaannya di setiap pabrik. Jika suatu waktu terjadi kebakaran pada pabrik, maka dapat diatasi dengan mudah dan cepat dengan air pemadam

kebakaran. Air pemadam kebakaran ini juga disediakan setelah air sungai melewati proses *ion exchanger*. Penyaluran air hidran 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.

4.2.3 Kebutuhan Air

Secara umum penyediaan kebutuhan air baik untuk kebutuhan air pendingin, air domestik, dan air *hydrant* pada perancangan pabrik natrium metanolat ini diperkirakan sebagai berikut:

1) Kebutuhan Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk mendinginkan agar menjaga suhu *cooler* dan kondensor. Adapun untuk kebutuhan air pendingin dalam prarancangan pabrik natrium metanolat ini adalah:

Tabel 4.5. Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	Kondensor-01 (CD-01)	76.629,201
2	Cooler-01 (C-01)	1.354,225
3	Cooler-02 (C-02)	8.515,708
Total		86.499,135

2) Kebutuhan Air Domestik

Berikut jumlah kebutuhan air sanitasi yang dibutuhkan:

a. Air untuk karyawan kantor

Kebutuhan air untuk karyawan sebesar 15 L/orang/hari (Linsley, 1974). Jumlah karyawan sebanyak 108 orang

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga air yang diperlukan sebanyak} &= 108 \text{ orang} \times 15 \text{ L/orang/hari} \\
 &= 1620 \text{ L/hari} \\
 &= 1,62 \text{ m}^3/\text{hari.}
 \end{aligned}$$

- b. Air untuk tamu, kontraktor, pekerja lepas, diasumsikan sebanyak 50 orang. Kebutuhan air sebanyak $= 50 \times 15 \text{ L/orang/hari}$
 $= 750 \text{ L/hari}$
 $= 0,75 \text{ m}^3/\text{hari}.$
- c. Air untuk laboratorium diperkirakan sebanyak $2,5 \text{ m}^3/\text{hari}.$
- d. Air untuk pembersihan dan lain-lain sebanyak $10 \text{ m}^3/\text{hari}.$
- Kebutuhan air untuk sanitasi sebanyak $= 2,49 + 0,75 + 2,5 + 10$
 $= 13,49 \text{ m}^3/\text{hari}.$

3) Air Hydrant

Berdasarkan SNI 03-6570-2001 tangki penyimpan air *hydrant* mempunyai kapasitas penyimpanan efektif yang mampu memasok air pada laju nominal standar 18,925 liter/menit dengan waktu tidak kurang dari 30 menit.

Maka volume tangki penyimpanan minimum adalah:

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 18,925 \text{ liter/menit} \times 30 \text{ menit} \\ &= 567.750 \text{ liter} \\ &= 567,75 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

4.2 Unit Pembangkit Uap (*Steam Generation System*)

Untuk menghasilkan uap air yang digunakan untuk proses pabrik adalah dengan boiler. Pemilihan boiler biasanya ditentukan oleh kapasitas dan tekanan uap yang dihasilkan, bahan bakar yang digunakan, keawetan instalasi, biaya perawatan dan operasi serta faktor-faktor ekonomi lain. Pabrik natrium metanolat ini menggunakan *steam* untuk memenuhi kebutuhan panas pada alat evaporator yang dihasilkan oleh boiler.

Tabel 4.6. Kebutuhan Steam

No.	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	Reboiler-01 (RE-01)	210,548
2	Heater-01 (H-01)	-

Umpan boiler yang disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan steam yaitu total sebesar 210,548 kg/jam. Untuk menjaga ketersediaan *steam* maka 20% ditambahkan untuk faktor kehilangan pada *steam*, sehingga jumlah *steam* total yang dibutuhkan adalah sebesar 252,701 kg/jam. Jenis boiler yang digunakan adalah *water tube boiler* (air di dalam *tube* dan api didalam *shell*). Digunakan *water tube boiler* karena memiliki efisiensi yang tinggi dan

memiliki kapasitas yang besar. *Water tube boiler* memiliki kapasitas lebih dari 125.000 lbs/jam (Maswiy, 2004).

- Kebutuhan *Steam* = 9.733,187 kg/jam = 21.458,004 lb/jam.
- *Blowdown* pada air umpan boiler adalah sebesar 4-5%. Apabila presentase *blowdown* sebesar 5%, maka:

$$\begin{aligned}\text{Blowdown} &= 5\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\ &= 5\% \times 21.458,004 \text{ lb/jam} \\ &= 1.072,9002 \text{ lb/jam.}\end{aligned}$$

- Umpan air masuk boiler

$$\begin{aligned}\text{Blowdown} + \text{steam yang dihasilkan} &= 1.072,9002 \text{ lb/jam} + 21.458,004 \text{ lb/jam} \\ &= 22.530,9042 \text{ lb/jam.}\end{aligned}$$

- Kondensat yang kembali = 80% dari steam yang dihasilkan

$$\begin{aligned}&= 80\% \times 21.458,004 \text{ lb/jam} \\ &= 17.166,4032 \text{ lb/jam.}\end{aligned}$$
- Kondensat yang hilang = Umpan air masuk boiler – kondensat yang kembali

$$\begin{aligned}&= 22.530,9042 \text{ lb/jam} - 17.166,4032 \text{ lb/jam} \\ &= 5.364,501 \text{ lb/jam.}\end{aligned}$$
- Make up boiler = kondensat yang hilang + blowdown

$$\begin{aligned}&= 5.364,501 \text{ lb/jam} + 1.072,9002 \text{ lb/jam} \\ &= 6347,4012 \text{ lb/jam.}\end{aligned}$$
- % Make up boiler
$$\begin{aligned}&= \frac{\text{make up boiler}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\% \\ &= \frac{6347,4012}{22,530,9042} \times 100\% \\ &= 28,57 \%\end{aligned}$$
- % Kondesat kembali
$$\begin{aligned}&= \frac{\text{kondesat yang kembali}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\% \\ &= \frac{17,166,4032}{22,530,9042} \times 100\% \\ &= 76,19 \%\end{aligned}$$

Tabel 4.7. Kebutuhan Air Boiler

Keterangan	Jumlah (lb/jam)
Kebutuhan Steam	21.458,004
Blowdown	1.072,9002
Umpan air masuk boiler	22.530,9042
Keterangan	Jumlah (lb/jam)
Kondensat yang kembali	17.166,4032
Kondensat yang hilang	5.364,501
Make up boiler	6347,4012
Total	74.030,1138

1) Perhitungan Kapasitas Boiler

Kapasitas boiler dihitung dengan persamaan:

$$Q = m (H - H_f)$$

Dimana:

Q = Kapasitas boiler (Btu/jam)

m = Massa steam (lb/jam)

H_v = Entalpi uap steam pada kondisi 4 bar suhu 148°C (Btu/lb)

H_f = Entalpi *feed* (Btu/lb)

Berdasarkan buku (D. Q. Kern, 1965), Make up air pada T = 30°C (86°F) dari steam tabel didapat H_f = 54,03 Btu/lb.

Steam yang digunakan merupakan *steam low pressure* dengan kondisi *steam* pada:

P = 4 bar,

T = 148°C,

dari steam tabel didapat:

$$h_f (H \text{ sat liq}) = 265,598 \text{ Btu/lb} \quad H (H \text{ sat vap}) = 1178,58 \text{ Btu/lb}$$

Karena steam yang masuk terdiri dari 28,57% *fresh feed (make up water)* dan 76,19% kondensat,

Maka:

$$H_f = (0,2857 \times H \text{ liq } 30^\circ\text{C}) + (0,7619 \times H \text{ sat liq } 148^\circ\text{C})$$

$$H_f = (0,2857 \times 54,03) + (0,7619 \times 265,598)$$

$$H_f = 217,795 \text{ Btu/lb}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Steam} \times (H - H_f) \\
 &= 21.458,004 \times (1178,58 - 217,795) \\
 &= 20.616.528,4 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

Menentukan Luas Perpindahan Panas

Boiler *Saturated Steam*

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{Q}{970,3 \times 34,5} \\
 &= \frac{20.616.528,4}{970,3 \times 34,5} \\
 &= 33,917 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Dari Severn hal. 126 ditentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft²/Hp, sehingga *total heating surface* sebesar:

$$A = 10 \text{ ft}^2/\text{Hp} \times 33,917 \text{ Hp} = 339,169 \text{ ft}^2.$$

2) Perhitungan Bahan Bakar untuk Boiler

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

$$\text{Heating Value (NHV)} = 19,676 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Densitas} = 59,32 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Specific gravity} = 0,8691$$

$$\text{Efisiensi Boiler} = 80 \%$$

Kebutuhan Bahan Bakar untuk Boiler:

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

Keterangan:

Q = Beban Panas

N = Efisiensi Bahan Bakar = 75%

Maka:

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

Volume Bahan Bakar:

$$\begin{aligned}V &= \frac{\text{massa bahan bakar}}{\text{densitas bahan bakar}} \\&= \frac{1.309.750,991 \text{ lb/jam}}{59,32 \text{ lb/ft}^3} \\&= 22.079,41657 \text{ ft}^3/\text{jam} \\&= 625.2195 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan Setiap Bulan:

$$625,2194 = \frac{m^2}{jam} \times \frac{24 jam}{hari} \times \frac{30 hari}{1 bulan} = 450.157,968 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk mengkonversi tenaga listrik menjadi tenaga mekanik untuk menggerakkan peralatan proses. Sumber listrik berasal dari PT. PLN sedangkan sebagai antisipasi adanya gangguan listrik oleh PLN dimana proses produksi yang terjadi di pabrik natrium metanolat berlangsung secara kontinyu maka diadakan generator sebagai sumber listrik cadangan. Generator yang dipilih merupakan generator bolak-balik (AC) berjenis 3 fase dengan pertimbangan tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar dan tegangan yang dapat dinaikkan atau diturunkan dengan trafo sesuai kebutuhan, tegangan listrik stabil, fleksibel untuk memilih voltase antara 380 V dan 220 V, kemampuan daya kerja yang besar, menekan biaya dan efisiensi alat apabila terjadi kerusakan salah satu trafo sehingga proses masih dapat terus berjalan, lebih awet, motor 3 fase harganya relatif lebih murah dan sederhana.

4.3.1 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 4.8. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	HP	Jumlah	Total HP
Pompa Metanol	1	1	1
Pompa Agitatro Tank	1	1	1
Pompa Metanol <i>Recycle</i>	1	1	1
Pompa Vakum	2	1	2
<i>Belt Conveyor</i>	1	1	1
<i>Bucket Elevator</i>	1	1	1
<i>Agitated Tank</i>	3	1	3
Jumlah		7	10

4.3.2 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4.9. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

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

Kebutuhan listrik pengolahan = Kebutuhan Proses + Kebutuhan Utilitas

$$= 521.591,56 \text{ HP} + 12 \text{ HP}$$

$$= 521.603,56 \text{ HP}$$

$$= 388.959,71 \text{ kW}$$

4.3.3 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

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

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

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

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

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

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam desain perancangan ini digunakan nilai lux standar menurut AUS (Laura et al., 2018).

Tabel 4.10. Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik

No.	<i>Indoor</i>	Luas (m^2)	Lux (Lumen/m^2)	Lumen
1	Ruang kontrol	50	300	15000
2	Gudang	200	150	30000
3	Kantor	900	450	405000
4	Masjid	150	300	45000
5	Kantin	200	150	30000
6	Poliklinik	50	150	7500
7	Laboratorium	50	500	25000
8	Unit proses	20000	100	2000000
9	Bengkel	100	200	20000
10	K3 & Fire Safety	100	150	15000
Jumlah				2592500

No.	<i>Outdoor</i>	Luas (m^2)	Lux (Lumen/m^2)	Lumen
1	Pos Keamanan	50	150	7500
2	Jalan dan tanam	500	50	25000
3	Lapangan parkir	200	5	1000
4	Area perluasan pabrik	2000	50	100000
5	Unit utilitas	600	5	3000
6	Unit pengolahan limbah	200	50	10000
Jumlah				146500

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

- Jumlah lumen di ruangan *indoor* = 2592500 lumen
- Jumlah lampu yang digunakan (*indoor*) = $2592500/1400 = 1851,8$ lampu
- Jumlah lumen di ruangan *outdoor* = 146500 lumen
- Jumlah lampu yang digunakan (*outdoor*) = $146500/2000 = 73,25$ lampu
- Total daya penerangan

$$= (1851,8 \text{ lampu} \times 14 \text{ Watt/lampu}) + (73,25 \text{ lampu} \times 18 \text{ Watt/lampu})$$

$$= 27243,7 \text{ Watt}$$

$$= 27,24 \text{ kW}$$

4.3.4 Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara

Tabel 4.11. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara

No.	Bangunan	Luas (m ²)
1	Ruang <i>control</i>	50
2	K-3 & <i>Fire Safety</i>	100
3	Kantor	900
4	Poliklinik	50
5	Laboratorium	50
Jumlah		1150

Air Conditioner direncanakan menggunakan AC inverter. Sebuah AC 1 PK memerlukan daya listrik sebesar 520 watt. Luas area yang memerlukan AC adalah 1150 m². Sebuah AC diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan seluas 4 x 6 m². Sehingga dibutuhkan AC sejumlah $1150/24 = 48$ buah.

- Kebutuhan listrik untuk AC = $48 \times 520 \text{ Watt}$

$$= 24960 \text{ Watt}$$

$$= 24,96 \text{ kW}$$
- Kebutuhan total listrik = keperluan pengolahan + keperluan utilitas + penerangan + AC

$$= 57,42 \text{ kW} + 27,24 \text{ kW} + 24,96 \text{ kW}$$

$$= 109,62 \text{ kW}$$

4.3.5 Kebutuhan Listrik untuk Generator

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

Input generator = $99,623 / 0,80 = 124,53 \text{ kW}$

Ditetapkan output generator sebesar 200 kW,

Spesifikasi generator:

- *Type* = AC Generator
- Kapasitas = 200 kW
- Tegangan = 220 / 360 Volt
- Efisiensi = 80%
- Frekuensi = 50 Hz
- *Phase* = 3 phase
- Jumlah = 1 buah
- Bahan bakar = Solar

4.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar generator:

- Jenis bahan bakar = Solar
- *Heating value* (hv) = 19440 Btu/lb
- Efisiensi bahan bakar = 80%
- Densitas = 54,26 lb/ft³
- *Specific gravity* (sg) = 0,8691

Kapasitas generator = 200 kW
= 682.428 Btu/jam

- Kebutuhan solar = kapasitas generator/ (efisiensi x sg x hv)
= $682.428 / (0,8 \times 0,8691 \times 19440)$
= 50,49 lb/jam
- Volume Solar = kebutuhan solar/densitas
= $50,49 \text{ lb/jam} / 54,26 \text{ lb/ft}^3$
= 0,93052 ft³/jam
= 26,34 L/jam

4.5 Unit Penyediaan Udara Instrumen (*Power Air System*)

Udara tekan berfungsi untuk mengkonversi energi dengan cara memampatkan udara di sekitarnya dengan memanfaatkan peralatan *pneumatic*. Sebagai udara instrumentasi, udara tekan bermanfaat untuk membuka katup pada daerah yang berbahaya jika dioperasikan langsung oleh manusia pada kondisi panas, bahan kimia berbahaya, dan tegangan listrik tinggi. Penggunaan udara tekan memungkinkan lebih kecilnya daya yang dikeluarkan manusia juga mempersingkat waktu pengerjaan.

Untuk mendapatkan udara yang diinginkan pada pabrik maka digunakan alat kompresor. Kompresor merupakan suatu alat yang digunakan 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 yang sederhana, pemeliharaan dan pemeriksaan mesin dan peralatan mudah, harga mesin dan peralatan lebih murah, kebocoran udara tidak membahayakan maupun menimbulkan pencemaran. Pengadaan sistem udara tekan terdiri dari komponen sebagai berikut:

1. Filter Udara Masuk (FI)

Mencegah debu yang dapat menyebabkan lengketnya *valve* masuk kompresor.

2. Pendingin Antar Tahap (C)

Menggunakan air pendingin untuk menurunkan suhu udara sebelum masuk ke tahap berikutnya untuk meringankan kerja alat kompresor.

3. *After-Cooler* (AC)

Menurunkan suhu dalam alat penukar panas sehingga kadar air dalam udara dapat berkurang.

4. Pengering Udara (D)

Memanfaatkan adsorben seperti silika, karbon aktif, pengering *refrigerant*, atau panas dari pengering kompresor itu sendiri untuk menghilangkan sisa kadar air setelah *after-cooler* karena udara tekan untuk keperluan instrument dan peralatan *pneumatic* harus bebas dari kadar air.

5. Traps Pengeluaran Kadar Air (T)

Trap pengeluaran kadar air digunakan untuk membuang kadar air dalam udara tekan

4.6 Unit Laboratorium

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

manusia.

1. Pengendalian Mutu Produk (*Quality Control*)

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

2. Pengendalian Baku Mutu Lingkungan

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

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

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

4.7 Unit Pengolahan Limbah

4.7.1 Limbah Cair

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

1. Reaktor UASB / Reaktor *anaerobic*

Di dalam reaktor *upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) ini, air limbah akan melewati lumpur *anaerobic* berbentuk granular. Kemudian, memisahkan larutan dengan biogas dengan memanfaatkan separator 3 fasa (air-lumpur-biogas) yang ada pada bagian atas

reaktor. Sedangkan, lumpur bakteri keluar dari blanket, yang kemudian kembali ke reaktor. *Efluen reactor anaerobic* mengalir ke tangki aerasi dimana BOD

dan COD air limbah diturunkan lebih lanjut sampai di bawah batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Biogas yang terbentuk dari reaktor anaerobik dibakar.

2. Reaktor Aerobik

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

4.7.2 Limbah Padat

Limbah padat berupa *sludge* yang dihasilkan dari unit pengolahan air dan juga kegiatan domestik rumah tangga. Limbah padat dari unit pengolahan air akan dikurangi kadar airnya sehingga dapat dijadikan sebagai pupuk. Limbah rumah tangga akan dibuang ke tempat pembuangan akhir. Selanjutnya, solusi pengolahan pertama yang bisa dilakukan pada limbah padat adalah penimbunan terbuka. Limbah padat dibagi menjadi organik dan juga anorganik. Limbah padat organik akan lebih baik ditimbun, karena akan diuraikan oleh organisme-organisme pengurai, sehingga akan membuat tanah menjadi lebih subur. Kemudian, *sanitary landfill* dengan menggunakan lubang yang sudah dilapisi tanah liat dan juga plastik untuk mencegah pembesaran di tanah dan gas metana yang terbentuk dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.