

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau utilitas memiliki peran yang sangat penting dalam industri kimia. Selain bahan baku utama, proses produksi juga membutuhkan bahan penunjang seperti air, *steam*, bahan bakar, listrik, dan udara tekan. Unit ini berfungsi untuk menunjang kelancaran proses produksi dengan menyediakan berbagai kebutuhan tersebut. Dalam perancangan pabrik Asam Akrilat, unit pendukung proses yang disiapkan mencakup:

1. Unit Penyediaan Air

Unit ini meliputi air pendingin, air boiler untuk *steam*, air untuk sistem *cleaning* atau *maintenance*, air hidran untuk pemadam kebakaran, dan air sanitasi untuk rumah tangga pabrik.

2. Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

Unit ini meliputi *steam* untuk pemanas proses, menjalankan sistem vakum, dan penggerak turbin uap.

3. Unit Penyediaan *Thermal Fluid*

Unit ini meliputi *thermal fluid* untuk pendingin proses di reaktor oksidasi

4. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Unit ini meliputi listrik penggerak motor listrik peralatan pabrik dan listrik untuk perkantoran dan penerangan pabrik.

5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini meliputi bahan bakar *boiler*, bahan bakar motor generator listrik, dan bahan bakar pembangkit tenaga listrik (gas alam, solar).

6. Unit Penyediaan Udara Bertekanan (*Instrument Air*)

Unit ini meliputi udara bertekanan untuk sistem *control pneumatic* dan proses produksi.

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit penyediaan air merupakan bagian dari sistem utilitas yang berfungsi untuk menyediakan pasokan air bagi keperluan industri maupun domestik. Keberadaan unit ini sangat krusial karena mendukung kelancaran proses produksi dari tahap awal hingga akhir. Kebutuhan air di dalam pabrik dapat dipenuhi melalui pemanfaatan air permukaan. Secara umum, sumber air permukaan dapat berasal dari sumur, sungai, maupun laut. Pada perancangan pabrik Asam Akrilat ini, air baku diperoleh dari Sungai Cisadane, sedangkan

air dari sumur bor digunakan untuk keperluan sanitasi. Alasan dipilihnya air sungai sebagai sumber air adalah::

1. Proses lebih murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya yang lebih besar.
2. Kontinuitas air sungai tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Lokasi sungai berada tidak terlalu jauh dengan pabrik.

Pada lingkungan pabrik digunakan air untuk:

1. Air untuk proses

Berikut merupakan hal yang harus diperhatikan dalam air proses:

- a. Penyebab karak yakni, kesadahan (*hardness*)
- b. Besi karena menimbulkan korosi.
- c. Minyak yang mengakibatkan dapat terbentuknya lapisan film sehingga terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan.

2. Air pendingin

Berikut merupakan beberapa hal yang menyebabkan air digunakan sebagai media pendingin, yaitu:

- a. Air adalah suatu materi yang dapat diperoleh dalam jumlah yang besar
- b. Air tergolong mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
- c. Air dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi

3. Air umpan *boiler*

Berikut merupakan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah (Iwona, 2019):

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi
Korosi diakibatkan oleh air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S yang masuk ke badan air
- b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale reforming*)
Proses pembentukan kerak diakibatkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.
- c. Zat yang menyebabkan *foaming* dan *Priming*
Foaming yakni proses terbentuknya gelembung atau busa dipermukaan air dan keluar bersama *steam*. Air yang digunakan kembali dari proses pemanasan dapat menimbulkan pembentukan busa dalam boiler karena mengandung senyawa

organik dan anorganik dalam jumlah yang cukup banyak. Pembusaan ini umumnya terjadi pada kondisi alkalinitas yang tinggi. Priming adalah terbawanya tetesan air dalam uap (seperti buih atau kabut), yang mengurangi efisiensi energi dari uap tersebut dan bisa menyebabkan terbentuknya endapan garam kristal. Priming bisa terjadi akibat desain boiler yang tidak optimal, aliran uap yang terlalu cepat, atau perubahan mendadak dalam laju aliran.

4. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga perusahaan, seperti air minum, laboratorium, dan lain-lain. Air sanitasi yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat berikut:

a. Syarat fisik:

- 1) Suhu normal di bawah suhu udara luar
- 2) Warna jernih
- 3) Tidak berasa
- 4) Tidak berbau

b. Syarat kimia:

- 1) Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- 2) Tidak beracun

c. Syarat bakteriologis:

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen, seperti *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli*.

4.1.1 Unit Pengolahan Air

a. Pengolahan air proses dari air sungai

Kebutuhan air untuk pabrik diperoleh dari air sungai yang terlebih dahulu diolah agar sesuai untuk digunakan. Pengolahan ini dapat dilakukan secara fisik maupun kimia. Tahapan-tahapan pengolahan air meliputi:

1. Penyaringan Awal/*Screen*

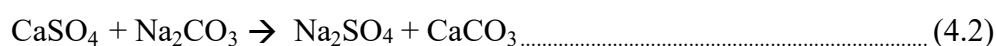
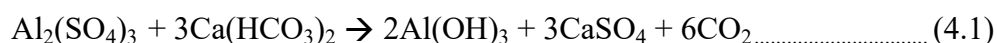
Sebelum melalui proses pengolahan lebih lanjut, air dari sungai perlu dibersihkan terlebih dahulu agar proses berikutnya dapat berjalan dengan baik. Air sungai dialirkan melewati screen (penyaring awal) yang berfungsi untuk menyaring kotoran berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, dan sampah lainnya. Setelah itu, air dialirkan ke dalam bak pengendap.

2. Bak Pengendap

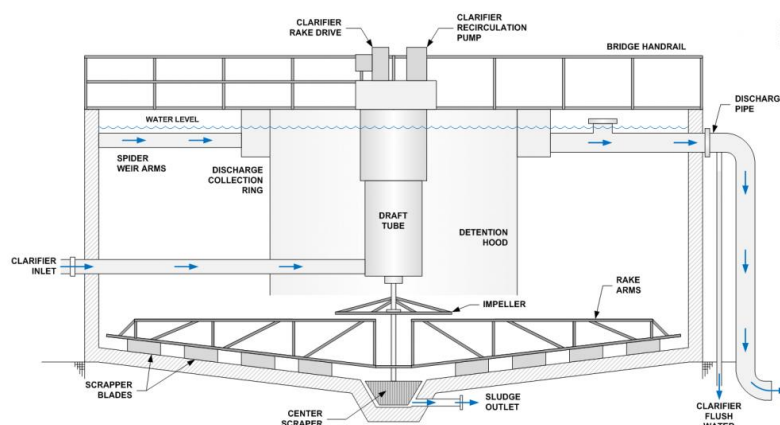
Setelah proses penyaringan awal, air dialirkan ke bak pengendap awal. Tujuannya adalah untuk mengendapkan lumpur serta kotoran lain dari air sungai yang masih lolos dari screen. Proses ini dibantu oleh alat pengaduk agar pengendapan lebih efektif.

3. Bak Penggumpal

Air yang keluar dari bak pengendap awal kemudian masuk ke bak penggumpal. Di sini, partikel-partikel kecil yang masih tersuspensi dan tidak bisa mengendap sebelumnya akan digumpalkan dengan bantuan zat kimia. Bahan yang umum digunakan sebagai penggumpal (flokulan) adalah Tawas atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 . Di dalam bak ini juga terjadi reaksi kimia berikut untuk membantu proses penggumpalan:



4. Clarifier



Gambar 4.1 Skema sederhana *clarifier* (Wiggins, 2019)

Setelah melewati bak penggumpal, air dialirkan ke *clarifier* untuk memisahkan atau mengendapkan gumpalan-gumpalan yang terbentuk sebelumnya. Air baku yang masuk ke dalam *clarifier*, dengan aliran yang sudah diatur, akan diaduk menggunakan *agitator*. Air bersih keluar dari *clarifier* melalui bagian pinggir secara *overflow*, sementara endapan (*sludge* atau *flok*) yang terbentuk akan mengendap ke dasar karena pengaruh gravitasi, lalu dibuang secara berkala melalui proses *blow down* pada waktu yang sudah ditentukan.

5. Bak Penyaring/*Sand Filter*

Air yang keluar dari *clarifier* kemudian dialirkan ke bak saringan pasir dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih tersisa atau belum mengendap. Proses penyaringan ini menggunakan *sand filter* yang terdiri dari media penyaring berupa antrasit, pasir, dan kerikil.

6. Bak Penampung Sementara

Air yang telah melewati bak penyaring kemudian dialirkan ke tangki penampung, yang selanjutnya siap untuk didistribusikan sebagai air untuk kebutuhan perumahan atau perkantoran, air umpan *boiler*, air pendingin, maupun sebagai air proses.

7. Tangki Karbon Aktif

Air yang telah melewati bak penampung kemudian dialirkan ke tangki Karbon Aktif. Pada tahap ini, air perlu ditambahkan *klor* atau *kaporit* untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang, dan lainnya yang mungkin masih terkandung dalam air, sehingga aman untuk dikonsumsi. *Klor* merupakan zat kimia yang umum digunakan karena harganya terjangkau dan tetap memiliki daya *desinfeksi* selama beberapa jam setelah ditambahkan. Di dalam air, *klorin* akan bereaksi membentuk asam hipoklorit, dengan reaksi sebagai berikut:



Asam hipoklorid pecah sesuai dengan reaksi berikut:



Lalu air dialirkan ke tangki air bersih untuk keperluan air minum dan perkantoran.

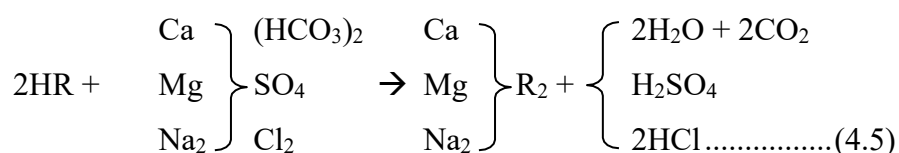
8. Tangki Air Bersih

Tangki air bersih ini berguna untuk menampung air bersih yang telah diproses. Nantinya air bersih ini digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

9. Tangki Kation *Exchanger*

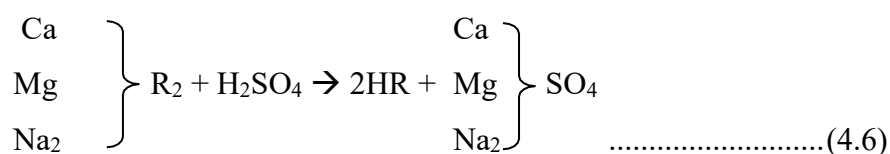
Air dari bak penampung digunakan untuk *make up boiler*, kemudian dialirkan ke dalam tangki kation *exchanger*. Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H^+ sehingga air yang keluar dari kation *exchanger* mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



Di jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh oleh karenanya perlu diregenerasi kembali dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4).

Reaksi:



10. Tanki Anion *Exchanger*

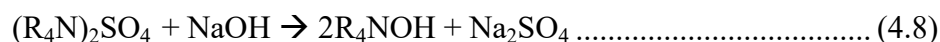
Air yang keluar dari tangki kation *exchanger* kemudian dialirkan ke tangki anion *exchanger*. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air menggunakan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan terikat dengan resin tersebut.

Reaksi:



Di jangka waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, oleh karena itu perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:



Sebelum masuk *boiler* air diproses dalam unit *deaerator* dan unit pendingin.

11. Unit *Deaerator* (DE)

Deaerasi adalah proses untuk menghilangkan gas-gas dari air umpan *boiler* yang dapat menyebabkan korosi, seperti oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2). Air yang telah melewati proses *demineralisasi* melalui *kation exchanger* dan *anion exchanger* kemudian dipompakan menuju *deaerator*. Dalam pengolahan air, khususnya untuk *boiler*, air tidak boleh mengandung gas terlarut maupun padatan terlarut, terutama yang berpotensi menimbulkan korosi. Unit *deaerator* ini berfungsi menghilangkan gas O_2 dan CO_2 tersebut. Di dalam *deaerator*, ditambahkan bahan kimia berupa *hidrazin* (N_2H_2) yang berfungsi mengikat oksigen melalui reaksi berikut:



Sehingga akan membantu mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Air yang keluar dari *deaerator* dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

12. Bak Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan dalam proses harian berasal dari air yang telah dipakai di pabrik dan kemudian didinginkan kembali di *cooling tower*. Kehilangan air akibat penguapan, terbawa oleh aliran udara, maupun karena proses *blow down* di *cooling tower* akan digantikan dengan air yang disuplai dari bak air bersih.

Air pendingin harus memiliki sifat yang tidak menyebabkan korosi, tidak membentuk kerak, serta bebas dari mikroorganisme yang dapat menimbulkan pertumbuhan lumut. Untuk mengatasi hal-hal tersebut, ke dalam air pendingin

ditambahkan bahan-bahan kimia berikut:

- 1) Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- 2) Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- 3) Zat dispersant, untuk mencegah timbulnya penggumpalan

b. Pengolahan Air Sanitasi dari Air Tanah atau Sumur Bor

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pegawai di lingkungan pabrik. Air ini dimanfaatkan untuk keperluan seperti air minum, laboratorium, kantor, serta perumahan. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416/MEN.KES/PER/IX/1990, tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Syarat air sanitasi meliputi:

1. Syarat fisik: suhu di bawah suhu lingkungan, jernih, tidak mempunyai rasa, dan tidak berbau
2. Syarat kimia: tidak mengandung zat organik maupun anorganik serta tidak beracun
3. Syarat bakteriologis: tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.
4. Syarat radioaktivitas: aktivitas alpha maksimum 0,1 Bq/L dan aktivitas beta maksimum 1 Bq/L

Proses pengolahan air sumur menjadi air sanitasi terdiri atas tahap tahapan berikut:

1) Well Water

Sumber air tanah yang dimanfaatkan untuk keperluan air proses, dan air sanitasi disuplai dari beberapa sumur.

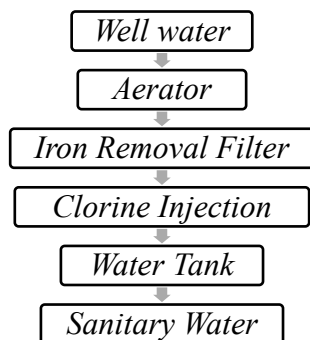
2) Aerator

Air sumur dipompakan menuju *aerator* dengan aliran berlawanan arah (*counter current*) terhadap udara yang ditiupkan oleh *blower*, lalu dialirkan melalui susunan *raschig ring*. Kandungan ferro (Fe^{2+}) yang terlarut dalam air sumur hasil pengeboran akan teroksidasi menjadi ferri (Fe^{3+}) yang mudah mengendap sehingga dapat dipisahkan dengan lebih mudah. Proses oksidasi ini berlangsung optimal pada pH sekitar 7. Oleh karena itu, di dalam *aerator* ditambahkan larutan NaOH untuk menetralkan air sumur yang cenderung asam.

3) Iron Removal Filter

Filter ini berfungsi untuk menyaring endapan serta mengurangi kandungan besi yang dapat menyebabkan korosi pada peralatan. Kadar besi dalam air yang keluar dari *filter* ini tidak boleh melebihi 0,2 ppm. *Iron removal filter* berisi media penyaring berupa *Manganese Dioxide Coated Filter*, yang dilengkapi dengan lapisan batu kerikil di bagian bawahnya sebagai penopang. *Manganese dioxide* berperan dalam menyempurnakan

proses oksidasi ion ferro menjadi ion ferri. Selain itu, adanya media padat seperti pasir juga membantu menahan partikel padat yang mengambang di dalam air (*suspended solid*) secara mekanis. Air yang telah melewati *iron removal filter* kemudian dipompakan ke *filtered water tank*, dan sebagian dari air ini digunakan sebagai air sanitasi setelah ditambahkan *chlorine* sebanyak 1,5 ppm dan disimpan di *water tank*.



Gambar 4.2 Diagram alir pengolahan air sanitasi

4.1.2 Unit Penyediaan Air

a. Kebutuhan air untuk penyediaan *steam*

Air yang digunakan untuk penyediaan *steam* diambil dari Daerah Aliran Sungai Cisadane yang berdekatan dengan Kawasan Industri Tangerang. *Steam* dihasilkan dari *Waste heat boiler* (WHB) yang memanfaatkan panas *molten salt* yang keluar dari reaktor -02 (300°C) sebagai pendingin reaktor serta *water-tube boiler*. WHB dibuat *multistage* (2 stage) untuk menghasilkan kebutuhan *steam* yaitu *steam* 101,325 kPa (101,325°C) dan dibantu oleh boiler untuk menghasilkan *steam* dengan tekanan 202,65 kPa (218°C). Berikut ini panas yang dibutuhkan pada proses pembuatan asam akrilat:

Tabel 4.1 Kebutuhan *Steam* pada Proses

Alat	P <i>steam</i> (kPa)	T <i>steam</i> (°C)	Panas (kJ/jam)	m BFW (kg/jam)
<i>Heat exchanger 2</i>	101,325	100	18.618.317,77	3.136.642,53
Reboiler (MD-01)	202,65	218	61.214.165,41	9501,2691

Panas ini akan dimanfaatkan untuk menghasilkan *steam* sekaligus mendinginkan *molten salt* kembali agar dapat digunakan sebagai pendingin reaktor. Kebutuhan total *mass flow molten salt* yang digunakan untuk mendingin reaktor sebesar 297,429 kg/jam.

1) WHB Stage 1-1 (Membuat *steam* 101,325 kPa / 100°C)

Q lepas = Q serap

Q molten salt = Q (BFW menjadi *steam*)

Berikut ini perhitungan panas BFW (*Boiler feed water*) untuk diubah menjadi *steam* 100°C.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan steam } 100^{\circ}\text{C} &= 8.329 \text{ kg/jam} \\
 H \text{ sensible BFW (30}^{\circ}\text{C ke 100}^{\circ}\text{C)} &= 18.618.317,77 \text{ kJ/jam} \\
 H \text{ laten steam } 100^{\circ}\text{C} &= 2.257 \text{ kJ/kg (Smith dkk., 2001)} \\
 &= 8.329 \text{ kg/jam} \times 2.257 \text{ kJ/kg} \\
 &= 18.798.220,99 \text{ kJ/jam} \\
 \text{Total panas yang diserap} &= (18.798.220,99 + 18.618.317,77) \text{ kJ/jam} \\
 &= 37.416.538,76 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

Berikut ini perhitungan suhu keluar *molten salt* dari WHB Stage 1-1 setelah diserap panasnya untuk membuat *steam* 100°C.

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{m \times C_p}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mass flow molten salt} &= 297.429 \text{ kg/jam} \\
 C_p \text{ molten salt} &= 0,373 \text{ BTU/lb.}^{\circ}\text{F} = 1,5616 \text{ kJ/kg.K} \\
 \text{Diperoleh,} \\
 \Delta T &= 80,55^{\circ}\text{C} \\
 T_{\text{in } 1-1} &= 219,441^{\circ}\text{C} \\
 T_{\text{out } 1-1} &= 300^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

2) WHB Stage 1-2 dilanjutkan Boiler (Membuat *steam* 202,65 kPa / 218°C)

$$\begin{aligned}
 Q \text{ lepas} &= Q \text{ serap} \\
 Q \text{ molten salt} &= Q \text{ (BFW menjadi steam)}
 \end{aligned}$$

Berikut ini perhitungan panas BFW (*Boiler feed water*) untuk diubah menjadi *steam* 218°C.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan steam } 218^{\circ}\text{C} &= 262.332 \text{ kg/jam} \\
 H \text{ sensible BFW (30}^{\circ}\text{C ke 218}^{\circ}\text{C)} &= 96.495.868,79 \text{ kJ/jam} \\
 H \text{ laten steam } 218^{\circ}\text{C} &= 1864,9 \text{ kJ/kg (Smith dkk., 2001)} \\
 &= 262.332 \text{ kg/jam} \times 1864,9 \text{ kJ/kg} \\
 &= 489.223.828,5 \text{ kJ/jam} \\
 \text{Total panas yang diserap} &= (96.495.868,79 + 489.223.828,5) \text{ kJ/jam} \\
 &= 585.719.697,3 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga, dapat disimpulkan jumlah kebutuhan BFW untuk menghasilkan *steam* yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Kebutuhan BFW} &= (8.329 + 262.332) \text{ kg/jam} \\
 &= 270.661 \text{ kg/jam} \\
 &= 6521,959 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan air untuk penyediaan *Dowtherm A*

Air yang digunakan untuk penyediaan *steam* diambil dari Daerah Aliran Sungai Cisadane yang berdekatan dengan Kawasan Industri Tangerang. *Steam* dihasilkan dari *Waste heat boiler* (WHB) yang memanfaatkan panas *molten salt* yang keluar dari reaktor -02 (300°C) sebagai pendingin reaktor serta *water-tube boiler*. WHB dibuat *multistage* (2 *stage*) untuk menghasilkan kebutuhan *steam* yaitu *steam* 101,325 kPa (101,325°C) dan dibantu oleh boiler untuk menghasilkan *steam* dengan tekanan 202,65 kPa (218°C). Berikut ini panas yang dibutuhkan pada proses pembuatan asam akrilat:

Tabel 4.2 Kebutuhan *Dowtherm A* pada Proses

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Reaktor 1 R-01	3486,590582
<i>Heat exchanger</i> (HE-02)	1138,459077
TOTAL	4625,0496 Kg/Jam
	111,44697 m ³ /hari

c. Kebutuhan air pendingin

Air pendingin untuk pabrik diambil dari air Sungai Cisadane yang berdekatan dengan Kawasan Industri Tangerang. Air tersebut terlebih dahulu dilakukan treatment agar sesuai dengan standar baku mutu air pendingin industri. Kebutuhan air pendingin yakni pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin pada Proses

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Destilasi (D-01)	4.648.894,914
<i>Cooler</i> (CO-01)	3293,560999
<i>Cooler</i> (CO-02)	47.553,29498
<i>Cooler</i> (CO-03)	6703,677857
<i>Cooler</i> (CO-04)	63729,89015

<i>Condensor</i> (CD-01)	5798,898288
Total	4.775.975,236 kg/jam
	115.083,7165 m ³ /hari

d. Kebutuhan air sanitasi

1) Kebutuhan Air Karyawan

Kebutuhan air untuk keperluan sanitasi dapat dipenuhi dengan cara mengebor sumur, lalu memompa air tersebut menuju unit pengolahan air (*water treatment*) sebelum digunakan.

Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri, jumlah air yang dibutuhkan untuk kegiatan kebersihan dan sanitasi dihitung berdasarkan kebutuhan dasar untuk menjaga kesehatan dan kebersihan pribadi (*personal hygiene*). Ketersediaan air sebanyak 20 liter per orang per hari hanya mencukupi untuk keperluan dasar. Oleh karena itu, agar kesehatan pekerja tetap terjaga dengan baik, diperlukan volume air yang lebih besar, biasanya berkisar antara 15 hingga 50 liter per orang per hari (Linsley Hal 93)

Diperkirakan jumlah karyawan yang akan bekerja adalah 200 orang dengan kebutuhan air *hygiene* dan sanitasi diasumsikan 15 liter/orang/hari, maka dapat dihitung kebutuhan air karyawan yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= 200 \text{ orang} \times 15 \text{ liter/orang/hari} \\ &= 3000 \text{ liter/hari} = 3 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2) Kebutuhan Air untuk Laboratorium

Kebutuhan air untuk laboratorium diperkirakan sebesar 2,5 m³/hari.

3) Kebutuhan Air Sehari-Hari

Kebutuhan air untuk kegiatan sehari-hari yang meliputi pembersihan ruangan, kantin, musholla, pertamanan, dan lainnya diperkirakan sebanyak 10 m³/hari.

4) Kebutuhan Tamu (kontraktor, pekerja lepas)

Kebutuhan tamu diperkirakan sebesar 0,9 m³/hari

5) Total Kebutuhan Air Sanitasi

Total kebutuhan air sanitasi merupakan total penjumlahan dari kebutuhan air karyawan, air untuk laboratorium, dan kebutuhan air sehari-hari. Dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Total air sanitasi} = (3 + 2,5 + 10 + 0,9) \text{ m}^3/\text{hari} = 16,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

e. Kebutuhan air hidran

Air hidran diambil dari air sumur bor dimana *pre-treatmentnya* sama seperti air sanitasi untuk keperluan rumah tangga pabrik. Diasumsikan kebutuhan air hidran sebesar 5,67 m³/hari kemudian ditampung didalam tangki air hidran.

f. Total kebutuhan air

Total kebutuhan air merupakan total kebutuhan dari air pendingin, air untuk *dowtherm A* dan air untuk pengadaan *steam*. Berikut ini dapat dihitung total kebutuhan air untuk pabrik:

$$\text{Total kebutuhan air} = 122.032,45 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk air yang bersumber dari air sumur yakni air sanitasi dan air hidran memiliki kebutuhan sebesar:

$$\text{Total kebutuhan air sumur} = (16,4 + 5,67) \text{ m}^3/\text{hari} = 22,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk air yang bersumber dari air Sungai Cisadane yakni air pendingin, air untuk *dowtherm A*, air untuk penyediaan *steam* memiliki faktor keamanan sebesar 10% untuk menjaga apabila terdapat air yang hilang ditengah proses berlangsung. Sehingga dapat dihitung kebutuhan air sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air sungai} &= (115.083,71 + 111,446 + 6521,96) \times 110\% \\ &= 133.888,84 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.2 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik suatu industri dapat diperoleh dari :

- Suplay listrik dari PT PLN Tangerang
- Generator pembangkit tenaga listrik (Generator Set) sebagai cadangan

Generator yang digunakan berjenis generator arus bolak-balik (AC) dengan jenis generator diesel dengan pertimbangan :

- Tenaga listrik yang dihasilkan besar
- Tenaga bisa dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.
- Daya yang lebih besar
- Tenaga listriknya stabil
- Menggunakan kawat penghantar lebih sedikit

Kebutuhan listrik untuk pabrik asam akrilat ini akan dipenuhi oleh PT PLN dan generator sebagai cadangan. Kebutuhan listrik di pabrik ini meliputi :

- a. Listrik untuk keperluan proses

- b. Listrik untuk keperluan utilitas
- c. Listrik untuk keperluan laboratorium, workshop dan instrumentasi
- d. Listrik untuk penerangan
- e. Listrik untuk Pendingin Ruangan (AC)

a. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Berikut adalah kebutuhan listrik untuk keperluan proses pabrik asam akrilat:

Tabel 4.3 Kebutuhan untuk Peralatan Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya (HP)
Pompa feed gliserol	P-01	1	1,2	1,2
Pompa <i>Separator</i>	P-02	1	0,889	0,889
Pompa menuju UPL	P-03	1	0,889	0,889
Pompa masuk refluks	P-04	1	6,869	6,869
Pompa Produk P-05	P-05	1	0,889	0,889
Pompa Vakum PV-01	PV-01	1	5,713	5,713
<i>Blower</i> umpan R-02	BW-01	1	60	60
Kompresor udara	C-01	1	1,12	1,12
Total Daya				79,491 HP
				59,279 kW

Tabel 4.4 Kebutuhan untuk Peralatan Utilitas

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya (HP)
Pompa molten salt ke R-02	1	50	50
Pompa CW ke CO-01	1	3	50
Pompa CW ke CO-02	1	3	3
Pompa CW ke CO-03	1	3	3
Pompa CW ke CO-04	1	3	3
Pompa CW ke CD-01	1	3	3
Pompa BFW ke WHB 01	1	3	3
Pompa BFW ke WHB 02	1	3	3
Pompa BFW ke Boiler	1	3	5
Pompa intake air sungai	3	15	60
Pompa air dari unit klorinasi	1	15	50
Pompa air dari unit demin	1	15	50

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya (HP)
Pompa air dari unit deaerasi	1	15	30
Pompa ke tangki BFW	1	10	10
Pompa ke tangki CW	1	10	20
Pompa Hydrant	2	3	
Total Daya			190 HP
			141,682 kW

b. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Perkiraan jumlah daya listrik yang diperlukan untuk pencahayaan dapat dihitung dengan pendekatan menggunakan konsep *luminous efficacy*, yaitu seberapa besar energi cahaya yang dihasilkan lampu dalam satuan lumen. Kebutuhan pencahayaan berdasarkan luas area dapat ditentukan dengan cara 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)

Tingkat lux yang dibutuhkan bervariasi tergantung pada jenis area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.70 Tahun 2016 Tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri. Kebutuhan lumen ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Pabrik

Area	Lux (lumen/m^2)	Luas (m^2)	Lumen
Kantor Pusat	200	800	160.000
Aula	200	500	100.000
Poli Klinik	500	400	200.000
Control Room	500	400	200.000
Kantor RnD	200	350	70.000
Kantor Diklat	200	350	70.000
Kantor HSE	200	350	70.000
Kantin & Koperasi	200	300	60.000
Perpustakaan	200	200	40.000
Masjid	150	300	45.000

Area	Lux (lumen/m ²)	Luas (m ²)	Lumen
Laboratorium	500	400	200.000
Fire Station	150	150	22.500
Gudang	150	250	37.500
Maintenance	200	100	20.000
Pos Keamanan	150	50	7.500
Total Area Indoor		4.900	1.302.500
Area Utilitas	200	1.500	300.000
Area Proses	200	7.500	1.500.000
Area Pengolahan Limbah	200	1.200	240.000
Area Penyimpanan	200	1.500	300.000
Area Pengembangan	200	900	180.000
Safety Point	50	100	5.000
Area Parkir Kendaraan Operasional	150	300	45.000
Area Parkir Kendaraan Umum	150	450	67.500
Taman	5	500	2.500
Jalan	5	2.000	10.000
Total Area Outdoor		15.950	2.650.000

Pada bagian dalam ruangan, akan digunakan lampu LED Philips 19 W yang memiliki 2300 lumen (www.philips.co.id). Maka, dapat dihitung kebutuhan lampu dalam ruangan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan lampu LED 19 W} &= 1.302.500 \text{ lumen} / 2300 \text{ lumen} \\
 &= 566 \text{ buah} \\
 \text{Daya lampu LED 19 W} &= 19 \text{ watt} \times 566 \text{ buah} \\
 &= 10.759,78261 \text{ watt} \\
 &= 10,75978 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Bagian luar ruangan, akan digunakan lampu LED Philips 50 W yang memiliki 4500 lumen (www.philips.co.id). Maka, dapat dihitung kebutuhan lampu luar ruangan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan lampu LED 50 W} &= 2.650.000 \text{ lumen} / 4500 \text{ lumen} \\
 &= 589 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya lampu LED 50 W} &= 50 \text{ Watt} \times 589 \text{ buah} \\
 &= 29444,44 \text{ watt} \\
 &= 29,44 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Maka, total daya penerangan untuk dalam dan luar ruangan adalah :

$$10,75978 \text{ watt} + 29,44 = 40,204 \text{ kW}$$

c. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Ruangan

Pendingin ruangan menggunakan AC (Air Conditioner) 1 pK low watt yang memiliki daya sebesar 660 watt. Diperkirakan AC 1 pK akan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan berukuran 5×5 meter (luas 25 m^2). Sehingga, dapat dihitung total kebutuhan daya AC:

Total luas area dalam ruangan adalah 4.150 m^2 .

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah AC yang digunakan} &= 4.900 \text{ m}^2 / 25 \text{ m}^2 \\
 &= 196 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total kebutuhan daya AC} &= 196 \text{ buah} \times 660 \text{ watt} \\
 &= 129.360 \text{ watt} = 129,36 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

d. Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Kebutuhan listrik pada laboratorium dan untuk instrumentasi diperkirakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan listrik laboratorium} &= 11 \text{ kW} \\
 \text{Kebutuhan listrik instrumentasi} &= 11 \text{ kW} \\
 \text{Total kebutuhan daya lab} &= 22 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

e. Total Kebutuhan Listrik

Total kebutuhan listrik merupakan jumlah dari kebutuhan daya pada penerangan unit proses/utilitas, kebutuhan daya pendingin ruangan (AC), kebutuhan daya di laboratorium dan instrumentasi, serta energi tambahan dari turbin expander. Dapat dihitung total kebutuhan listrik pabrik asam akrilat adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Total Kebutuhan Listrik} &= 392,90 \text{ kW} \\
 \text{Faktor Keamanan (10\%)} &= 432,18 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

f. Perancangan Generator

Generator hanya digunakan sebagai cadangan apabila ada gangguan supply dari PLN, sebagai tenaga cadangan, digunakan generator dengan efisiensi sebesar 80 %, dengan nilai kebutuhan listrik sebesar 630,26 kW, maka kebutuhan daya aktual generator adalah :

$$\text{Daya aktual (P)} = 630,26 \text{ kW} / 0,80$$

$$= 504,2 \text{ kW} \sim 505 \text{ kW}$$

$$= 1.716.307,426 \text{ BTU/jam}$$

Bahan bakar dari generator menggunakan solar (fuel oil no. 2). Berikut ini data karakteristik dari solar:

$$\text{Heating value} : 45.500 \text{ kJ/kg} = 19.561,49 \text{ BTU/lb}$$

$$\text{Specific gravity} : 0,865$$

Maka, dapat dihitung densitas solar adalah :

$$\text{Specific gravity} = \frac{\rho}{\rho_{air}}$$

Jika densitas air pada suhu 25°C adalah 1,0274 kg/L, maka densitas solar :

$$\rho_{solar} = 0,865 \times 1,0274 \text{ kg/L}$$

$$= 0,8887 \text{ kg/L}$$

$$= 55,4826 \text{ lb/ft}^3$$

Kebutuhan bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$m = \frac{P}{\text{heating value}}$$

$$m = \frac{1.716.307,426 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}{19.561,49 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} = 87,7390 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka diperlukan 1 generator sebagai tenaga cadangan untuk keperluan industri.

Spesifikasi Generator :

Tipe	: Genset Diesel
Kapasitas	: 1300 kW (1,3 MW)
Tegangan	: 380 V
Efisiensi	: 80%
Bahan bakar	: Solar

4.3 Unit Penyediaan *Thermal Fluid*

Thermal fluid digunakan pada proses yang membutuhkan pendingin dengan kapasitas panas jenis (C_p) lebih tinggi dibandingkan air, sehingga perpindahan panasnya lebih efektif dan tidak mudah menguap. Jenis *thermal fluid* yang digunakan adalah *molten salt HITEC*, yang terdiri dari 53% berat KNO_3 , 40% berat NaNO_2 , dan 7% berat NaNO_3 (Felthouse *et al.*, 2001). Nilai C_p dari *molten salt HITEC* adalah 0,373 BTU/lb.°F.

Pemilihan *molten salt* didasarkan pada rentang suhu kerjanya yang luas, sehingga cocok digunakan sebagai pendingin dalam reaktor dengan reaksi yang sangat eksotermis. Rentang suhu kerja *molten salt* sebagai media pemanas atau pendingin dapat mencapai 149–538 °C (Coastal Chemical Co.).

Dalam perancangan ini, *molten salt* digunakan sebagai fluida pendingin yang mengalir melalui bagian luar pipa (*shell*) pada reaktor *fixed-bed* multitubular. Kebutuhan *molten salt* untuk pendinginan pada unit R-02 mencapai 297.429 kg/jam.

4.4 Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

Steam digunakan untuk memenuhi kebutuhan pemanas pada beberapa alat seperti *heat exchanger* atau *reboiler*. *Steam* yang digunakan diperoleh dari pemanfaatan panas melalui WHB (*Waste heat boiler*) *multistage* yang terdiri dari 2 *stage*. Sebagai umpan, digunakan air umpan *boiler* (*Boiler feed water* atau BFW) yang diolah dari air Sungai Cisadane.

Steam yang digunakan sebagai pemanas adalah *steam* jenuh (*saturated steam*) yang masing-masingnya adalah:

- LPS (*Low Pressure Saturated Steam*) pada tekanan 101,32 kPa dan suhu 100°C - sebagai pemanas *Heat exchanger-02*
- LPS (*Low Pressure Saturated Steam*) pada tekanan 202,65 kPa dan suhu 218°C untuk *Reboiler* pada Menara Destilasi (D-01).

Seperti yang telah dipaparkan di sub-bab kebutuhan air untuk pengadaan *steam*, *steam* yang dihasilkan WHB perlu dibantu dengan keberadaan *boiler*. *Boiler* yang digunakan merupakan jenis *fired-tube* karena memiliki nilai *annual cost* yang lebih murah dibandingkan jenis *water-tube*:

Tabel 4.6 Kebutuhan *steam* pada proses

Alat	Suhu (°C)	Kapasitas (kg/jam)	H <i>vapor</i> (kJ/kg)
<i>Heat exchanger-02</i>			
	100	8.329	2257
Reboiler MD-01	218	262.332	1864
Total		270.661	

7.4.1 Kebutuhan Bahan Bakar *Boiler*

Bahan bakar dari *boiler* menggunakan solar. Berikut ini data karakteristik dari solar (Flagan dan Sinfield, 1988):

Heating value : 45.500 kJ/kg = 19561,4965 BTU/lb

Specific gravity : 0,86581

Maka, dapat dihitung densitas solar adalah:

$$\text{Specific gravity} = \frac{\rho}{\rho_{\text{air}}}$$

Diketahui densitas air pada suhu 25°C adalah 1,02745 kg/L, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Densitas solar} &= 0,865 \times 1,02745 \text{ kg/L} \\ &= 0,888746 \text{ kg/L} \\ &= 55,48268 \text{ lb/ft}^3\end{aligned}$$

Laju bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned}m &= \frac{\text{daya boiler}}{\text{heating value} \times \mu} \\ &= \frac{20.760.936,11 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}}}{19.561,4965 \times 0,8} \\ &= 1.326,407878 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Atau laju volumetrik dari bahan bakar *boiler* dapat dihitung sebagai berikut:

$$v = \frac{\text{laju bahan bakar}}{\text{densitas bahan bakar}} = \frac{1.326,407878 \text{ lb/jam}}{55,48268 \text{ lb/ft}^3} = 23,886 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

7.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *furnace* dan boiler, pada *furnace* digunakan bahan bakar berupa batu bara sebesar 289,250 kg/jam. Batu bara diperoleh dari PT. Manambang Muara Enim, pemilihan batu bara didasarkan karena harganya murah dan memiliki nilai kalor yang tinggi.

Sifat fisis batu bara :

- Berat Jenis : 1,25 – 1,70 gr/cm³
- Nilai Kalor : 5.800 kkal/kg

Bahan bakar solar digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler dan standby- generator dengan kebutuhan sebesar 1.326,41 lb/jam dan 87,74 lb/jam. Bahan bakar ini diperoleh dari Pertamina atau distributornya. Pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada pertimbangan:

- Mudah didapat
- Kesetimbangannya terjamin
- Mudah dalam penyimpanan

Sifat fisis bahan bakar solar:

- Heating value = 19440 Btu/lb
- Efisiensi bahan bakar = 80%
- s.g. solar = 0,8691
- ρ solar = 54,26 lb/ft

7.6 Unit Penyediaan Udara Tekan

Instrument air digunakan sebagai media penggerak dalam sistem instrumentasi. Udara bertekanan untuk sistem ini diproduksi oleh kompresor dan dialirkan melalui jaringan perpipaan ke seluruh area proses dan utilitas. Udara bertekanan yang digunakan harus dalam kondisi kering, bebas minyak, serta tidak mengandung partikel-partikel asing. Sistem ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu: *air intake filter*, *intercooler*, *after-cooler*, *air dryer*, *moisture traps*, *air receiver*, jaringan pipa, serta komponen penyaring, pengatur, dan pelumasan.

Kompresor tipe *reciprocating* paling umum digunakan untuk kompresi udara maupun refrigeran. Prinsip kerjanya menyerupai pompa sepeda, dengan karakteristik aliran keluar yang relatif konstan dalam rentang tekanan tertentu. Kapasitasnya berbanding lurus dengan kecepatan, dan aliran keluarannya berupa denyutan. Kompresor tipe ini hadir dalam berbagai konfigurasi, dengan empat jenis paling umum: *horizontal*, *vertical*, *horizontal balance-opposed*, dan *tandem*.

- Filter Udara Masuk: Berfungsi mencegah masuknya debu ke dalam kompresor. Debu dapat menyebabkan kerusakan pada katup dan silinder, serta meningkatkan keausan.
- Pendingin Antar Tahap (*intercooler*): Menurunkan suhu udara sebelum masuk ke tahap kompresi berikutnya, sehingga mengurangi kerja kompresi dan meningkatkan efisiensi. Umumnya digunakan pendingin air.
- After-Cooler: Menghilangkan kandungan air dari udara dengan cara menurunkan suhu menggunakan *heat exchanger* berpendingin air.
- Air Dryer: Menghilangkan sisa uap air setelah melalui *after-cooler*. Karena udara instrumen harus bebas uap air, maka digunakan bahan penyerap seperti *silica gel*, *activated carbon*, *refrigerated dryer*, atau panas dari sistem pengering itu sendiri.

- Moisture Traps: Digunakan untuk membuang air dari udara tekan, bekerja mirip seperti *steam trap*. Jenis *trap* yang umum digunakan antara lain kran manual, katup otomatis, atau berdasarkan waktu.
- Air Receiver: Berfungsi sebagai penampung udara tekan sekaligus peredam denyut aliran dan penstabil tekanan dari kompresor.

Dalam proses produksi *instrument air*, udara dari kompresor diarahkan ke *Instrument Air Receiver* untuk pemisahan kandungan air dan sebagai penampung sementara pada tekanan 8,0 kg/cm². Selanjutnya, udara dialirkan ke *inlet filter* untuk menyaring kotoran dan minyak. Udara kemudian dialihkan melalui *4-way valve* menuju salah satu *dryer* (A atau B) yang berisi *silica gel* atau *activated alumina*. Kandungan uap air dalam udara akan diserap oleh material pengering yang bersifat higroskopis. Setelah keluar dari *dryer*, udara yang telah kering disaring lagi di *outlet filter*. *Instrument air* yang keluar memiliki tekanan 7,0 kg/cm² dan *dew point* sekitar -40 °C.

7.7 Unit Pengolahan Limbah

4.7.1 Unit Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair dalam perancangan pabrik asam akrilat ini pada umumnya berasal dari aktivitas proses produksi serta kebutuhan domestik. Secara umum, metode pengolahan limbah yang diterapkan adalah pengolahan secara biologis dengan memanfaatkan *activated sludge* untuk menurunkan kadar BOD dalam air limbah yang dihasilkan. Sebagian dari pengolahan limbah cair dilakukan melalui unit *water treatment*. Titik-titik pemantauan limbah cair meliputi bak netralisasi, saluran drainase, *outfall* internal, dan *outfall* eksternal. Pemantauan dilakukan menggunakan alat *water sampler*, dan hasilnya dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Limbah gliserol dan air pada hasil keluaran *separator* akan diolah terlebih dahulu sebelum dijual.

4.7.2 Unit Pengolahan Limbah Gas

Penanganan limbah gas buangan pada unit proses memerlukan perhatian khusus, terutama terhadap gas-gas yang mudah terbakar (*flammable*) karena berpotensi menimbulkan ledakan. Untuk mencegah risiko tersebut, limbah gas ditangani melalui proses *gas scrubbing* sebelum dialirkan ke *stack*. Sebelum dilepaskan ke atmosfer, gas hasil proses dari unit Absorpsi (AB-01) terlebih dahulu dialirkan ke *venturi scrubber*, di mana dilakukan penyemprotan air (*spray*) untuk menangkap gas-gas berbahaya yang tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan. Air yang telah bercampur dengan komponen

gas ini kemudian dialirkan menuju unit pengolahan limbah cair. Sementara itu, gas yang masih lolos dari *venturi* selanjutnya dialirkan ke *stack* yang dilengkapi *packing* dan kembali disemprot air (*spray*) sebelum akhirnya dilepaskan ke atmosfer.

4.7.3 Unit Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat berasal dari unit proses, yaitu reaktor R-01 dan R-02, dan kegiatan domestik/rumah tangga. Limbah padat dari kegiatan proses berupa katalis bekas diserahkan ke PT. Rafika Trans Indonesia sebagai pihak ketiga pengolah limbah B3. Limbah padat dari kegiatan domestik dibuang terlebih dahulu pada Tempat Pembuangan Sementara (TPS) di dalam area pabrik yang terletak di unit pengolahan limbah. TPS berjumlah 3. Setelah limbah padat terkumpul, limbah tersebut akan dikirimkan ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) terdekat.

4.7.4 Unit Pengolahan Limbah B3

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dikategorikan sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) meliputi zat, energi, dan/atau komponen lain yang—karena sifat, konsentras, atau jumlahnya—secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan atau merusak lingkungan, serta membahayakan kesehatan manusia, makhluk hidup, dan kelangsungan hidupnya.

Limbah cair dari laboratorium maupun proses produksi mengandung bahan kimia berbahaya dan harus dipisahkan terlebih dahulu melalui proses kimia. Karena bersifat beracun, infeksius, dan korosif, limbah tersebut diklasifikasikan sebagai limbah B3. Selain itu, katalis yang sudah habis masa pakainya juga termasuk jenis limbah ini.

Berikut adalah baku mutu air limbah B3 menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, yang tercantum pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Baku Mutu Air Limbah B3

Parameter	Konsentrasi Maksimal	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	mg/L
Besi terlarut (Fe)	5	mg/L
Mangan terlarut (mn)	2	mg/L
Barium (Ba)	2	mg/L
Tembaga (Cu)	2	mg/L

Parameter	Konsentrasi Maksimal	
	Nilai	Satuan
Seng (Zn)	5	mg/L
Krom valensi enam	0,1	mg/L
Krom total (Cr)	0,5	mg/L
Kadmium (Cd)	0,05	mg/L
Merkuri (Hg)	0,002	mg/L
Timbal (Pb)	0,1	mg/L
Stanum (Sn)	2	mg/L
Arsen (As)	0,1	mg/L
Selenium (Se)	0,05	mg/L
Nikel (Ni)	0,2	mg/L
Kobalt (Co)	0,4	mg/L
Sianida (CN)	0,05	mg/L
Sulfida	0,05	mg/L
Fluorida (F ⁻)	2	mg/L
Klorin bebas (Cl ₂)	1	mg/L
Amonia bebas (NH ₃ ⁻)	1	mg/L
Nitrat (NO ₃ -N)	20	mg/L
Nitrit (NO ₂ -N)	1	mg/L
Senyawa aktif biru	5	mg/L
Fenol	0,5	mg/L
AOX	0,5	mg/L
PCBs	0,05	mg/L
PCDFs	10	mg/L
PCDDs	10	mg/L

7.8 Unit Laboratorium

Laboratorium memiliki peranan krusial dalam operasional pabrik karena merupakan sumber data terkait bahan baku dan produk akhir. Informasi yang diperoleh dari laboratorium digunakan untuk mengendalikan proses produksi serta memastikan mutu produk tetap sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Selain itu, laboratorium juga berfungsi untuk menganalisis kesesuaian baku mutu limbah yang dihasilkan oleh unit pengolahan limbah di dalam pabrik. Adapun fungsi utama dari laboratorium antara lain:

- Mengontrol kualitas bahan baku untuk memastikan kesesuaiannya dengan spesifikasi yang ditentukan.
- Memeriksa mutu produk akhir agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.
- Melakukan pemantauan dan analisis terhadap proses produksi, khususnya yang berkaitan dengan potensi pencemaran lingkungan seperti emisi gas, limbah cair, dan limbah padat dari unit produksi.
- Menganalisis dan mengontrol kualitas air, termasuk air pendingin, air umpan boiler, serta air lain yang berkaitan langsung dengan jalannya proses produksi.

Program Kerja Laboratorium

Dalam upaya pengendalian mutu produk, diperlukan upaya untuk mengoptimalkan aktivitas laboratorium pengujian mutu. Adapun analisa yang dilakukan pada proses pembuatan asam akrilat adalah sebagai berikut:

- Analisis terhadap bahan baku *glycerol* mencakup: analisis kadar air, viskositas, dan *specific gravity*. Sementara itu, untuk udara yang digunakan dalam reaksi dilakukan analisis terhadap *humiditas* dan *specific gravity*
- Analisis produk utama, yaitu asam akrilat, meliputi: analisis kemurnian, kadar *impurities*, viskositas, dan *specific gravity*.

Sedangkan analisis pada unit utilitas meliputi:

- Analisis *boiler feed water* (BFW), meliputi: analisis *dissolved oxygen*, pH, *hardness*, *total solid*, *suspended solid*, serta kandungan *oil* dan *organic matter*.
- Analisis air proses penjernihan, dengan parameter yang dianalisis meliputi: pH, SiO₂, Ca sebagai CaCO₃, sulfur sebagai SO₄²⁻, *chlor* sebagai Cl₂, dan zat terlarut lainnya.
- Analisis pada sistem *ion exchanger*, meliputi: *hardness* sebagai CaCO₃ dan silikat sebagai SiO₂.
- Analisis air pendingin (*cooling water*) meliputi pH jenuh CaCO₃ dan *Langelier Index*.
- Analisis air minum mencakup: pH, sisa *chlor*, dan tingkat kekeruhan

Berikut ini tabel perincian program kerja dari laboratorium di Pabrik Asam Akrilat untuk menganalisa bahan baku, produk, air yang digunakan dalam proses, maupun pada unit utilitas.

Tabel 4.8 Parameter Uji Program Laboratorium

Parameter Uji	Tujuan Pengujian	Alat Uji
Analisa Bahan Baku Gliserol	• Analisa kemurnian gliserol	GC-MS
	• Analisa <i>specific gravity</i>	<i>Hydrometer</i>
Analisa Udara	• Analisa humidity dan temperature	<i>Hygrometer</i>
	• Analisa <i>specific gravity</i>	<i>Effusimeter</i>
Analisa Produk Asam Akrilat	• Analisa kemurnian, kadar As. Akrilat, As. Asetat dan air	GC-MS
	• Analisa <i>specific gravity</i>	<i>Effusimeter</i>
	• Analisa viskositas	Viskosimeter
Analisa Air Sanitasi	• Analisa kekeruhan air	<i>Turbidity meter</i>
	• Analisa pH	pH meter
	• Analisa kadar TDS (Total Dissolved Solid)	TDS meter
	• Analisa kandungan logam pada air	AAS
Analisa BFW (<i>Boiler feed water</i>) dan CW (<i>Cooling Water</i>)	• Analisa dissolved oxygen (oksigen terlarut dalam air)	DO Meter
	• Analisa kadar BOD (Biological Oxygen Demand)	BOD Meter
	• Analisa kadar TDS (Total Dissolved Solid)	TDS Meter
	• Analisa pH	pH Meter
	• Analisa kesadahan air	<i>Water Hardness</i>
	• Analisa kandungan logam pada air	<i>Testes</i>
	• Analisa <i>specific gravity</i>	AAS

Metode Analisa

Metode analisis dan prosedur kerja laboratorium dilaksanakan berdasarkan instruksi kerja yang dirancang dengan merujuk pada berbagai standar analisis yang diakui secara internasional, seperti ASTM, SII, DIN, dan JIS.

Peralatan Analisis yang Digunakan:

- Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) – digunakan untuk menentukan kandungan logam seperti Fe, Si, Cu, dan unsur logam lainnya dalam air, serta untuk mengukur kadar silikat (SiO_2) pada resin penukar ion.
- Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) – digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung komposisi bahan baku gas maupun produk dalam bentuk cair.
- Effusimeter – digunakan untuk mengukur massa jenis (specific gravity) gas.
- Hydrometer – digunakan untuk mengukur massa jenis (specific gravity) cairan.
- Hygrometer – digunakan untuk mengukur kelembaban dan suhu udara atau gas.
- Viscosimeter – digunakan untuk mengukur kekentalan (viskositas) cairan.
- pH meter – digunakan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan (pH) suatu larutan.
- Turbidity meter – digunakan untuk mengetahui tingkat kekeruhan air.
- Dissolved Oxygen (DO) meter – digunakan untuk mengukur kadar oksigen terlarut dalam air.
- Biological Oxygen Demand (BOD) meter – digunakan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses penguraian bahan organik di air.
- Water Hardness Tester – digunakan untuk menentukan tingkat kesadahan air.
- Total Dissolved Solids (TDS) meter – digunakan untuk mengukur jumlah total zat padat yang terlarut dalam air.