

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Dalam perancangan pabrik ini, unit utilitas memiliki peranan yang sangat penting untuk mendukung kelancaran proses produksi, mulai dari tahap awal hingga akhir. Unit utilitas ini dirancang untuk memastikan kelancaran operasional pabrik dengan efisiensi tinggi dan memenuhi standar keselamatan serta lingkungan. Terdapat tujuh unit utilitas yang dirancang, yaitu:

1. Unit Pengolahan dan Penyediaan Air

Unit ini berfungsi untuk mengolah air dan menyediakan air yang dibutuhkan untuk pendinginan, umpan boiler, sanitasi, dan hydrant.

2. Unit Penyediaan Listrik

Unit ini bertugas menyediakan pasokan listrik yang digunakan untuk peralatan produksi dan penerangan di area dalam dan luar pabrik. Pasokan listrik utama berasal dari PLN, dan generator disiapkan sebagai cadangan.

3. Unit Penyediaan Steam

Unit ini bertanggung jawab untuk menyediakan steam yang digunakan dalam proses pertukaran panas.

4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini menyediakan bahan bakar solar yang digunakan untuk mengoperasikan generator dan boiler.

5. Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit ini bertugas menyediakan udara tekan yang digunakan dalam proses produksi sebagai bahan baku.

6. Laboratorium

Laboratorium di pabrik formaldehid ini digunakan untuk melakukan analisis kualitas produk, termasuk menganalisis bahan baku, proses produksi, dan hasil produk.

7. Unit Pengolahan Limbah

Unit ini bertanggung jawab untuk mengolah limbah yang dihasilkan, baik padat, cair, maupun gas, sebelum dibuang ke lingkungan, baik dari proses produksi maupun aktivitas lain di pabrik.

4.1. Unit Pengadaan Air

4.1.1. Penyediaan Air

Kebutuhan air di pabrik diperoleh dari sumur bor dan digunakan untuk berbagai keperluan sebagai berikut:

1. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler digunakan untuk menghasilkan steam dan mendukung kelancaran proses produksi. Air ini perlu diolah dengan hati-hati karena meskipun terlihat jernih, biasanya mengandung garam dan asam. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaannya antara lain:

- Menghindari kerak: Air harus diolah agar tidak menyebabkan kerak pada steam yang diinginkan atau pada tube heat exchanger. Kerak yang terbentuk dari garam karbonat dan silika dapat menurunkan efisiensi dan bahkan menghentikan operasi boiler.
- Menghindari gas korosif: Air harus bebas dari gas seperti O₂, CO₂, H₂S, dan NH₃ yang dapat menyebabkan korosi.
- Menghindari pembentukan busa (foaming): Air juga perlu diproses untuk menghindari foaming yang disebabkan oleh zat organik atau zat yang tidak larut dalam jumlah besar serta alkalinitas tinggi.

2. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk menyerap panas dalam proses pendinginan dan diperoleh dalam jumlah besar. Air ini mudah diolah, tidak terdekomposisi, dan memiliki kapasitas tinggi untuk menyerap panas per satuan volume. Namun, air ini harus bebas dari beberapa zat yang bisa merusak peralatan proses, seperti:

- Silika: Dapat menyebabkan kerak.
- Oksigen terlarut: Bisa menyebabkan korosi.
- Besi: Juga dapat memicu korosi.
- Minyak: Dapat menyebabkan endapan dan menjadi tempat berkembang biaknya mikroba.

3. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan sehari-hari pekerja pabrik, seperti di toilet, untuk minum, di laboratorium, taman, kantin, kantor, dan masjid. Syarat air sanitasi adalah:

- Bakteriologis: Harus bebas dari bakteri, terutama yang bersifat patogen.
- Fisika: Harus jernih, dengan turbidity kurang dari 10 ppm, suhu lebih rendah dari suhu udara luar, dan tidak berbau atau berasa.
- Kimia: Tidak boleh mengandung zat beracun, bebas dari zat anorganik, dan kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm.

4. Air Hydrant

Air hydrant digunakan untuk sistem pemadam kebakaran di pabrik. Jenis air ini umumnya tidak memerlukan syarat khusus dalam pengolahannya.

Secara keseluruhan, air yang digunakan di pabrik formaldehid harus melalui pengolahan yang tepat untuk memenuhi berbagai persyaratan teknis demi kelancaran operasional pabrik dan menjaga keselamatan serta kualitas produk.

4.1.2. Pengolahan Air

Air yang digunakan di pabrik harus memenuhi standar kualitas yang ditentukan, sehingga perlu dilakukan pengolahan melalui metode kimia, fisika, dan penambahan disinfektan. Berikut adalah langkah-langkah pengolahan air:

1. Proses Pengolahan Awal

Air baku (raw water) pertama-tama disaring menggunakan screener dan dialirkan ke dalam bak penampungan. Setelah itu, air diaduk dengan kecepatan tinggi sambil ditambahkan bahan kimia seperti:

- Coagulan Aid: Untuk mempercepat pengendapan dan membentuk flok yang lebih besar.
- Alumunium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$): Sebagai flokulan untuk mengikat partikel kecil penyebab kekeruhan sehingga membentuk flok yang lebih besar.

2. Clarifier

Setelah proses pengadukan, air dialirkan ke clarifier, di mana flok-flok yang terbentuk mengendap secara gravitasi dengan pengadukan perlahan. Lumpur yang terendapkan dibuang (blow down), sementara air yang keluar dari bagian atas dialirkan ke bak penampungan sementara.

3. Proses Penyaringan

Air yang sudah lebih bersih dialirkan ke dalam sand filter untuk menyaring kotoran yang belum terendapkan. Setelah penyaringan selesai, air disalurkan ke

dua tangki: Filtered Water Storage Tank dan Portable Water Storage Tank, yang dijelaskan sebagai berikut:

a. Filtered Water Storage Tank

Tangki ini digunakan untuk menampung air yang akan digunakan sebagai air umpan boiler, air pendingin, dan air hydrant. Air dalam tangki ini harus diproses lebih lanjut dengan demineralisasi dan deaerasi:

1) Unit Demineralisasi Air

Di unit ini, air diolah untuk menghilangkan mineral seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan lainnya, menghasilkan air bebas mineral yang akan diproses menjadi air umpan boiler. Proses demineralisasi melibatkan beberapa tahap:

- Activated Carbon Filter

Air dialirkan melalui filter karbon aktif untuk menghilangkan bau, warna, dan zat organik lainnya, menghasilkan air dengan pH sekitar 7,0-7,5.

- Cation Exchanger

Air selanjutnya diproses melalui cation exchanger untuk menghilangkan kation-kation mineral seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} . Proses ini menggunakan resin R-H yang mengikat ion H^+ .

- Anion Resin Exchanger

Air yang keluar dari cation exchanger dialirkan ke anion exchanger untuk menghilangkan anion-anion mineral seperti HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , dan SiO_2 . Proses ini melibatkan resin R-OH yang menggantikan ion negatif dengan OH dari resin.

2) Deaerator

Meskipun air sudah didemineralisasi, masih mengandung gas-gas terlarut seperti oksigen dan karbondioksida, yang dapat menyebabkan korosi. Gas-gas ini dihilangkan dalam deaerator yang bekerja pada tekanan 6-8 atm dan suhu 4,13 K. Untuk mengatur pH, larutan amonia ditambahkan, dan setelah itu larutan fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$) ditambahkan untuk mencegah kerak di boiler.

b. Portable Water Storage Tank

Tangki ini digunakan untuk menampung air yang akan digunakan untuk kebutuhan sehari-hari di pabrik dan pemukiman (air sanitasi). Air ini dipompa ke tangki disinfektan sebelum didistribusikan ke seluruh pabrik. Proses disinfeksi

dilakukan dengan menambahkan Cl2 cair sebagai disinfektan untuk membunuh kuman dalam air.

4.1.2. Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Proses

Air digunakan dalam beberapa tahap produksi EDA:

a. Reaksi & Pencucian

Beberapa reaksi aminasi memerlukan air untuk pengenceran atau pencucian produk, misalnya mencuci EDA dari residu MEA dan ammonia.

Estimasi: 1–2 m³ air per ton EDA.

Kapasitas: 22.000 ton/tahun

Perhitungan tahunan:

$$22.000 \text{ ton/tahun} \times 1,5 \text{ m}^3/\text{ton} = 33.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$22.000 \text{ ton/tahun} \times 1,5 \text{ m}^3/\text{ton} = 33.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Per hari (365 hari kerja):

$$33.000/365 \approx 90 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$33.000/365 \approx 90 \text{ m}^3/\text{hari}$$

b. Solvent Recovery / Distilasi

Kolom distilasi sering menggunakan steam atau cooling water, bukan air murni. Namun, air digunakan untuk kondensor. Estimasi kebutuhan cooling water: 2–3 m³ air per m³ uap kondensasi.

2. Kebutuhan Air Pendinginan

Reaktor, kolom distilasi, heat exchanger memerlukan cooling water untuk mengendalikan suhu. Biasanya menggunakan closed loop atau once-through system.

Estimasi: 1–2 m³ air per ton EDA untuk pendinginan. Jadi: ±22.000–44.000 m³/tahun (~60–120 m³/hari).

3. Kebutuhan Air Domestik & Kantin

Gedung kantor, mess, masjid, kantin, poliklinik membutuhkan air untuk:

Minum, mandi, cuci Sanitasi Standar industri: ±50–100 L/orang/hari

Misal: 200 karyawan:

$$200 \times 0,08 \text{ m}^3/\text{hari} = 16 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$200 \times 0,08 \text{ m}^3/\text{hari} = 16 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4. Kebutuhan Air untuk Pemadam Kebakaran

Sistem hydrant, sprinkler.

Standar NFPA: $\pm 5-10$ m³/jam untuk area pabrik kecil-menengah.

Disiapkan dalam tangki cadangan, biasanya 50–100 m³.

5. Kebutuhan Air untuk Unit Pengolahan Limbah (UPL)

Air digunakan untuk pengenceran limbah, netralisasi, dan pembersihan tangki.

Biasanya 20–30% dari kebutuhan air proses.

Dari 90 m³/hari \rightarrow $\pm 20-30$ m³/hari.

Tabel 4. 1. 5.Kebutuhan Air untuk Unit Pengolahan Limbah

Kategori	Kebutuhan (m ³ /hari)
Proses & pencucian produk	90
Pendinginan	60–120
Domestik & kantin	16
Pemadam kebakaran	5–10
Unit Pengolahan Limbah	20–30
Total	~200–270 m ³ /hari

4.2. Unit Pengadaan Listrik

1. Kebutuhan Listrik untuk Proses Pabrik

Proses pabrik meliputi reaktor, kolom distilasi, pompa, blower, cooling tower, kompresor, dan sistem utilitas lain. Kita bisa estimasikan kebutuhan listrik berdasarkan consumption factor industri kimia skala menengah.

a. Peralatan Utama

Tabel 4. 2. Peralatan Utama

Peralatan	Daya Listrik (kW)	Keterangan / Asumsi
Pompa bahan baku & produk	50–100	Pompa transfer MEA, ammonium, EDA
Agitator / mixer reaktor	30–50	Reaktor kontinu/reaksi batch
Kolom distilasi & heat	100–150	Untuk sirkulasi fluida &

Peralatan	Daya Listrik (kW)	Keterangan / Asumsi
exchanger		kondensasi
Cooling tower / chiller	50–100	Sirkulasi pendingin
Kompresor udara & blower	20–40	Untuk instrumentasi dan control
Sistem vacuum (jika ada)	30–50	Distilasi & pemisahan uap
Control system & instrumentation	20–30	SCADA, sensor, control room

Estimasi total daya listrik proses:

$$50+40+120+80+30+40+25 \approx 385 \text{ kW}$$

Biasanya ditambahkan safety factor 20–30% untuk cadangan → ±500 kW.

b. Konsumsi Energi Tahunan Proses

- Anggap pabrik beroperasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun
- Konsumsi energi:

$$500 \text{ kW} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \approx 3.96 \times 10^6 \text{ kWh/tahun} \sim 4 \text{ GWh/tahun}$$

2. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Area Pabrik

a. Penerangan Gedung & Area Luar

Tabel 4. 3. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Area Pabrik

Area	Luas (m ²)	Intensitas Penerangan (W/m ²)	Total Daya (kW)
Area proses & tangki	5.000	10–15 W/m ²	50–75
Gudang & workshop	1.700	15 W/m ²	25–30
Kantor, laboratorium, control room	1.700	20 W/m ²	34
Mess, kantin, poliklinik, masjid	1.700	15–20 W/m ²	25–34
Jalan & parker	2.000	5 W/m ²	10

Total daya penerangan: ±150–175 kW

b. Konsumsi Energi Tahunan Penerangan

- Asumsi 12 jam operasi per hari (siang & malam)

$$175\text{kW} \times 12\text{jam/hari} \times 330\text{hari/tahun} \approx 0.693 \times 10^6 \text{kWh} \sim 0.7 \text{GWh/tahun}$$

3. Total Kebutuhan Listrik Pabrik

Tabel 4. 4. Total Kebutuhan Listrik Pabrik

Kategori	Daya (kW)	Konsumsi Tahunan (GWh)
Proses pabrik	500	4
Penerangan & fasilitas	175	0.7
Total	675	4.7 GWh/tahun

4.2.1. Generator

Tabel 4. 5. Generator

No	Parameter	Spesifikasi / Nilai	Keterangan
1	Tipe Generator	Diesel Generator	Handal untuk pabrik kimia
2	Kapasitas Daya	900 kW / 1.125 kVA	Faktor daya 0,8–0,9
3	Jumlah Unit	1 unit utama (opsional 2 unit paralel)	Redundansi dan pemeliharaan
4	Sistem Pendingin	Air-cooled atau Water-cooled	Sesuai lokasi & kapasitas
5	Konsumsi Bahan Bakar	$\pm 0,2$ liter/kWh	Diesel
6	Tangki Bahan Bakar	1.500–2.000 liter	Untuk 8–12 jam operasi
7	Sistem Start	Automatic Start dengan ATS (Automatic Transfer Switch)	Menghidupkan genset saat PLN mati
8	Tegangan Output	400 V / 3 phase / 50 Hz	Sesuai standar industry

No	Parameter	Spesifikasi / Nilai	Keterangan
9	Prioritas Beban	Proses pabrik, cooling, control room (tinggi), penerangan & fasilitas lain (menengah)	Memastikan operasi kritis tetap berjalan
10	Sistem Distribusi	Switchgear, panel distribusi, busbar	Mengalirkan listrik ke tiap unit sesuai prioritas
11	Lokasi	Ruang genset khusus dengan ventilasi dan peredam suara	Terpisah dari area proses kimia
12	Fitur Tambahan	Proteksi overcurrent, under/over voltage, low oil, high temp	Keamanan dan reliability

4.3. Unit Pengadaan *Steam*

4.3.1. Perhitungan Kapasitas Boiler

Boiler digunakan untuk menghasilkan steam yang diperlukan dalam:

Reaksi aminasi (proses endothermic/exothermic, tergantung desain reaktor), Distilasi dan pemisahan (kolom distilasi), Heating utilities (preheating, heat exchanger, regenerasi solvent)

a. Estimasi Kebutuhan Steam

Anggap kebutuhan panas rata-rata: ± 500 kW thermal (dari perhitungan energi reaksi dan distilasi)

Boiler efisiensi termal: $\pm 85\%$

Energi steam = daya panas / efisiensi

$$Q_{\text{steam}} = 0.85500 \text{ kW} \approx 588 \text{ kW}$$

steam pressure: 6–10 bar (umum untuk pabrik kimia menengah)

Steam flow rate:

$$\dot{m} = \Delta H_{\text{steam}} / Q_{\text{steam}}$$

ΔH steam jenuh pada 10 bar ≈ 2.000 kJ/kg

Jadi:

$$\dot{m} = 2.000 \text{ kJ/kg} \cdot 588 \text{ kW} \times 1000 \text{ J/s} \approx 294 \text{ kg/h}$$

4.3.2. Menentukan Luas Penampang Perpindahan Panas

$$Q = 588 \text{ kW} = 588.000 \text{ W}$$

$$U = 500 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\Delta T_{lm} \approx 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = U \cdot \Delta T_{lm} Q = 500 \times 50588.000 \approx 23,5 \text{ m}^2$$

4.3.3. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

a. Energi boiler per jam

$$Q_{\text{boiler}} = 588 \text{ kW} \approx 588 \text{ kJ/s} \times 3600 \text{ s/jam} \approx 2,12 \times 10^6 \text{ kJ/jam}$$

b. Kalor bahan bakar

Asumsikan menggunakan gas minyak (diesel) atau gas alam

$$\text{HHV diesel} \approx 42.000 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Boiler efficiency} = 85\%$$

$$\text{Fuel needed} = \eta \cdot \text{HHV} Q_{\text{boiler}} = 0.85 \times 42.000 \times 2,12 \times 10^6 \approx 59,5 \text{ kg/jam}$$

Jika diesel: $\pm 60 \text{ kg/jam}$ ($\sim 0,07 \text{ m}^3/\text{h}$, densitas $0,85 \text{ kg/L}$)

Per hari (24 jam operasi): $\pm 1.440 \text{ kg} \approx 1.7 \text{ m}^3$ diesel

Tabel 4. 6. Kalor bahan bakar

Parameter	Nilai Estimasi	Keterangan
Daya Thermal	588 kW	Sesuai kebutuhan steam
Tekanan Steam	6–10 bar	Standar pabrik menengah
Laju Steam	294 kg/h	Untuk proses dan distilasi
Luas Heat Transfer	$\pm 24 \text{ m}^2$	Menentukan pipa/tabung boiler
Bahan Bakar	Diesel / gas alam	HHV diesel 42.000 kJ/kg
Kebutuhan Bahan Bakar	60 kg/jam	$\pm 1,44 \text{ ton/hari}$
Efisiensi Boiler	85%	Thermal efficiency

4.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar

1. Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan perhitungan sebelumnya:

Peralatan Bahan Bakar Perkiraan Kebutuhan

Boiler Diesel / Gas Alam $\pm 60 \text{ kg/jam}$ ($\sim 1,44 \text{ ton/hari}$)

Peralatan Bahan Bakar Perkiraan Kebutuhan

Genset Diesel ±1500–2000 liter/hari

Utilitas lain Diesel / Gas Alam Sesuai kebutuhan minor

Catatan: Pilihan bahan bakar bisa disesuaikan dengan ketersediaan lokal dan biaya. Diesel umum digunakan karena mudah disimpan, sementara gas alam memerlukan jaringan pipa dan regulator.

2. Sistem Penyimpanan Bahan Bakar

a. Tangki Penyimpanan

- Tangki bahan bakar untuk boiler dan genset harus terpisah atau tangki gabungan dengan sistem manifold.
- Kapasitas tangki dihitung untuk cadangan 1–3 hari operasi:

Tabel 4. 7. Kapasitas tangka

Unit	Kebutuhan Harian	Kapasitas Tangki	Keterangan
Boiler	±1,44 ton/hari	±3 ton	2 hari cadangan
Genset	±1,5–2 m ³ /hari	±4 m ³	2 hari cadangan

- Tangki terbuat dari baja tahan korosi, dilengkapi level indicator, venting, dan fire protection.

b. Sistem Distribusi

- Dari tangki ke boiler/genset menggunakan pompa bahan bakar dan pipa khusus.
- Pompa harus self-priming dan tahan korosi, dilengkapi filter untuk menghindari kotoran masuk ke boiler/genset.
- Disarankan ada manifold untuk switching tangki cadangan.

3. Sistem Keamanan dan Proteksi

- Fire prevention system: fire hydrant, fire extinguisher, dan spray system.
- Secondary containment: tangki dikelilingi bund wall untuk menampung tumpahan ±110% kapasitas tangki.
- Alarm level dan temperature: mencegah overfilling dan overheating.
- Drain & venting system: aman untuk pembuangan uap bahan bakar.

4. Peralatan Pendukung

Tabel 4. 8. Peralatan Pendukung

Peralatan	Fungsi
Pompa transfer bahan bakar	Memindahkan bahan bakar dari tangki ke boiler/genset
Filter bahan bakar	Memisahkan kotoran dan air
Flow meter	Monitoring konsumsi bahan bakar
Pressure regulator	Mengatur tekanan distribusi
Valve manual & otomatis	Mengontrol aliran bahan bakar

5. Ringkasan Unit Pengadaan Bahan Bakar

Tabel 4. 9. Ringkasan Unit Pengadaan Bahan Bakar

Parameter	Spesifikasi / Nilai
Jenis Bahan Bakar	Diesel / Gas Alam
Tangki Penyimpanan	$\pm 3-4 \text{ m}^3$ per tangki
Sistem Distribusi	Pompa, pipa, filter, flow meter
Sistem Proteksi	Fire protection, bund wall, level alarm
Kapasitas Cadangan	2-3 hari konsumsi
Lokasi Tangki	Terpisah dari area proses, ventilasi baik

4.4. Unit Pengadaan Udara Tekan

1. Kebutuhan Udara Tekan

a. Peralatan yang membutuhkan udara tekan

- Instrumentasi & kontrol: pneumatic actuator, control valves
- Cleaning: pipa, tangki, area produksi
- Workshop / maintenance: tools pneumatik
- Safety system: emergency blow-off, fire suppression (opsional)

b. Estimasi Kebutuhan

- Standar pabrik kimia menengah: $20-50 \text{ m}^3/\text{h}$ udara tekan per 1000 m^2 area proses
- Untuk pabrik EDA kapasitas 22.000 ton/tahun:
 - Area proses $\pm 5.000 \text{ m}^2 \rightarrow$ kebutuhan udara $\pm 100-150 \text{ m}^3/\text{h}$
- Tekanan operasi: 6-8 bar (standar industri)

2. Sistem Kompresor Udara

a. Jenis Kompresor

- Screw compressor: umum untuk pabrik menengah, handal, low noise
- Kapasitas: $\pm 150 \text{ m}^3/\text{h}$, 6–8 bar
- Dilengkapi air dryer untuk mengurangi kandungan uap air (dew point -40°C atau sesuai kebutuhan proses)

b. Jumlah Unit Kompresor

- 1 unit utama + 1 unit cadangan (standby) untuk redundansi & maintenance

3. Sistem Penyimpanan dan Distribusi

Tabel 4. 10. Sistem Penyimpanan dan Distribusi

Komponen	Fungsi
Receiver tank (tangki udara)	Menstabilkan tekanan & menampung cadangan
Pipa distribusi	Menyalurkan udara ke seluruh area proses
Filter & regulator	Membersihkan udara dari minyak/kotoran & mengatur tekanan
Valve & manifold	Kontrol aliran udara ke tiap peralatan

- Tangki udara: $\pm 1\text{--}2 \text{ m}^3$, tekanan 8 bar, berfungsi sebagai buffer untuk peak demand

4. Sistem Proteksi dan Keamanan

- Pressure relief valve: mencegah overpressure
- Check valve: mencegah aliran balik udara
- Alarm tekanan rendah: mencegah kerusakan peralatan kritis
- Maintenance schedule: filter, dryer, dan kompresor rutin diperiksa

5. Ringkasan Spesifikasi Unit Udara Tekan

Tabel 4. 11. Ringkasan Spesifikasi Unit Udara Tekan

Parameter	Spesifikasi / Nilai
Kapasitas	$150 \text{ m}^3/\text{h}$
Tekanan Operasi	6–8 bar
Jenis Kompresor	Screw compressor
Jumlah Unit	1 unit operasi + 1 unit cadangan

Parameter	Spesifikasi / Nilai
Tangki Penyimpanan	1–2 m ³ , tekanan 8 bar
Kebutuhan Udara	±100–150 m ³ /h
Fitur Proteksi	Relief valve, check valve, pressure alarm
Fitur Tambahan	Air dryer, filter, pressure regulator

4.5. Laboratorium

Laboratorium memegang peranan penting dalam perusahaan untuk menjaga kualitas produksi, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan optimal. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium, kontrol terhadap proses produksi dapat dilakukan dan kualitas produk dapat dipastikan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Analisis yang dilakukan di laboratorium meliputi pemeriksaan bahan baku, proses, dan kualitas produk. Selain itu, laboratorium juga digunakan untuk uji coba proses produksi dan untuk memeriksa kadar zat yang berpotensi menyebabkan pencemaran pada limbah pabrik.

4.5.1. Tugas Laboratorium

1. Laboratorium Pengamat

Laboratorium Pengamat bertugas untuk memantau kondisi operasi pabrik secara rutin dan memastikan semua proses berjalan sesuai standar. Laboratorium ini melakukan pengamatan terhadap kualitas bahan baku, peralatan proses, dan produk antara, serta mendeteksi adanya penyimpangan atau potensi masalah dalam proses produksi. Selain itu, laboratorium pengamat berperan dalam pengawasan parameter proses seperti pH, viskositas, kepadatan, suhu, dan tekanan, sehingga memungkinkan tindakan korektif dapat dilakukan secara cepat sebelum terjadi kerusakan atau penurunan kualitas produk.

2. Laboratorium Analisa

Laboratorium Analisa memiliki tugas utama untuk melakukan pengujian dan pengukuran kualitas bahan baku, produk antara, dan produk akhir secara detail. Laboratorium ini menggunakan metode kimia, fisika, dan instrumen analitik untuk menentukan komposisi, kemurnian, kandungan pengotor, serta karakteristik fisikokimia lain yang relevan. Hasil dari laboratorium analisa menjadi dasar pengendalian kualitas (QC) pabrik dan kepatuhan terhadap standar industri atau regulasi yang berlaku, sehingga memastikan produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi teknis dan aman untuk digunakan.

3. Laboratorium Penelitian, Pengembangan dan Lingkungan

Laboratorium Penelitian, Pengembangan, dan Lingkungan memiliki tugas untuk mendukung inovasi proses, optimasi produksi, dan pemenuhan aspek lingkungan. Laboratorium ini melakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi reaksi kimia, pengembangan produk baru, modifikasi proses, serta uji coba skala laboratorium sebelum diterapkan di pabrik. Selain itu, laboratorium ini bertanggung jawab memantau dampak lingkungan dari operasi pabrik, termasuk kualitas udara, air limbah, dan emisi gas, serta merancang strategi mitigasi untuk memenuhi peraturan lingkungan dan menjaga keberlanjutan operasional pabrik.

4.5.2. Alat Utama Laboratorium

Tabel 4. 12. Alat Utama Pada Laboratorium

No	Laboratorium	Alat Utama	Fungsi / Keterangan
1	Pengamat	pH meter	Mengukur tingkat keasaman/alkalinitas larutan
2	Pengamat	Termometer digital / termokopel	Mengukur suhu proses
3	Pengamat	Refractometer	Mengukur konsentrasi larutan atau kadar bahan
4	Pengamat	Densitometer / Hydrometer	Mengukur densitas cairan
5	Pengamat	Viscometer	Mengukur viskositas larutan atau produk
6	Pengamat	Alat titrasi sederhana	Pengukuran parameter kimia secara cepat
7	Pengamat	Timbangan analitik	Penentuan massa sampel
8	Pengamat	Mikroskop sederhana	Pengamatan visual partikel atau kristal
9	Analisa	Spektrofotometer UV-Vis	Analisis konsentrasi senyawa kimia
10	Analisa	Gas Chromatograph (GC)	Analisis komponen volatile

No	Laboratorium	Alat Utama	Fungsi / Keterangan
			atau EDA murni
11	Analisa	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	Analisis komponen non-volatile dan pengotor
12	Analisa	Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)	Analisis kandungan logam
13	Analisa	Titratot otomatis / buret	Analisis kimia kuantitatif
14	Analisa	Oven pengering / Muffle Furnace	Pengeringan atau pengabuan sampel
15	Analisa	Timbangan analitik	Penentuan berat sampel secara presisi
16	Analisa	Alat uji kepadatan & viskositas	Memastikan karakteristik fisik produk
17	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Reaktor mini laboratorium	Simulasi reaksi skala kecil
18	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Magnetic Stirrer & Hot Plate	Pengadukan dan pemanasan sampel
19	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Fume Hood / Kabinet Asam	Keamanan untuk reaksi berbahaya
20	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Gas Chromatograph & HPLC	Analisis hasil penelitian
21	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Spectrophotometer / FTIR	Analisis senyawa kimia dan struktural
22	Penelitian,	Air Sampler / Gas Analyzer	Monitoring udara dan emisi

No	Laboratorium	Alat Utama	Fungsi / Keterangan
	Pengembangan & Lingkungan		
23	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Alat uji kualitas air limbah	Pengujian pH, COD, BOD, TSS
24	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Timbangan analitik & Pipet Volumetrik	Akurasi pengukuran sampel
25	Penelitian, Pengembangan & Lingkungan	Oven, Incubator, Autoclave	Pengolahan sampel dan sterilisasi

4.6. Unit Pengolahan Limbah

1. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan selama proses produksi EDA biasanya berupa amonia, uap air, dan gas samping lain. Unit pengelolaan limbah gas berfungsi untuk menangkap, menetralkan, atau membakar gas berbahaya sebelum dilepas ke atmosfer. Sistem yang umum digunakan meliputi scrubber basah atau kering untuk menyerap gas berbahaya, serta stack atau flare untuk membakar gas sisa. Selain itu, pemantauan gas secara kontinu dilakukan untuk memastikan emisi memenuhi standar lingkungan dan peraturan pemerintah.

2. Limbah Padat

Limbah padat di pabrik EDA dapat berasal dari residu reaktor, sisa filtrasi, atau material habis pakai. Unit pengelolaan limbah padat bertugas untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah, dan mendaur ulang atau membuang limbah secara aman. Metode pengelolaan bisa berupa penyimpanan sementara di silo atau drum, pengolahan dengan incinerator, atau pengiriman ke fasilitas pengolahan limbah berizin. Semua langkah ini memastikan limbah padat tidak mencemari lingkungan dan aman bagi pekerja.

3. Limbah Cair

Limbah cair berasal dari air pencucian proses, sisa reaksi, dan aliran pendinginan. Unit pengelolaan limbah cair berfungsi untuk mengolah air limbah sebelum dibuang ke

lingkungan. Prosesnya mencakup penyaringan fisik, netralisasi kimia, sedimentasi, serta treatment biologis jika diperlukan, untuk menurunkan kandungan BOD, COD, TSS, dan pH ke batas aman. Setelah melalui pengolahan, air limbah bisa dibuang ke badan air atau digunakan kembali sebagai air proses non-kritis, tergantung kualitasnya.

4.7. Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

4.7.1 Kesehatan Keselamatan Kerja di Pabrik

Kesehatan dan keselamatan kerja sangat penting untuk para pekerja di pabrik Ethylnediamine. Untuk mendukung kompetensi, kinerja, dan memberikan perawatan medis saat terjadi kecelakaan, Pabrik ini menyediakan fasilitas kesehatan yang bertujuan untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja dan mengurangi biaya yang dikeluarkan oleh pihak perusahaan. Fasilitas kesehatan yang tersedia antara lain:

1. Asuransi Kesehatan

Pekerja dilindungi melalui asuransi kesehatan BPJS Ketenagakerjaan, yang mencakup perawatan kesehatan, jaminan hari tua, kecelakaan kerja, dan jaminan kematian.

2. Rumah Sakit Rujukan

Rumah sakit rujukan diperlukan untuk memberikan perawatan lanjutan jika terjadi keadaan darurat pada pekerja, guna mencegah cedera lebih lanjut.

3. Tenaga Kesehatan

Pabrik memiliki tenaga medis seperti dokter umum dan perawat untuk menangani masalah kesehatan para pekerja.

4. Petugas P3K

Petugas P3K memberikan pertolongan pertama kepada pekerja yang mengalami kecelakaan sebelum dirujuk ke rumah sakit.

5. Gizi Kerja

Makanan sehat yang memenuhi standar kebersihan dan gizi seimbang, sesuai dengan prinsip 4 sehat 5 sempurna, disediakan di kantin pabrik.

6. Kotak P3K

Kotak P3K ada di seluruh unit pabrik dan kantor, dan diperiksa setiap hari untuk memastikan isinya lengkap, seperti perban, sarung tangan karet, kaca steril, dan lain-lain.

Selain itu, pabrik formaldehid ini juga mengidentifikasi berbagai potensi bahaya yang dapat terjadi selama proses produksi, baik akibat faktor lingkungan maupun kelalaian pekerja. Beberapa potensi bahaya tersebut antara lain:

1. Kejatuhan Benda

Kejatuhan benda bisa terjadi di beberapa unit kerja, seperti di unit pengemasan produk, terutama saat alat mengalami gangguan teknis. Selain itu, penempatan barang yang tidak rapi juga dapat menyebabkan benda jatuh dari rak penyimpanan atau peralatan berat yang terpasang tidak dengan benar.

2. Terpeleset

Lantai yang licin, seperti di kantin atau di area wastafel yang tergenang air, dapat menyebabkan pekerja terpeleset. Selain itu, oli yang tercecer di jalan yang dilalui forklift juga menjadi penyebabnya.

3. Tersandung

Benda-benda yang diletakkan sembarangan, seperti kardus, kabel, atau peralatan lainnya, dapat menghalangi jalan dan menyebabkan pekerja tersandung, terutama di area pemeliharaan.

4. Terjatuh

Terjatuh, terutama dari ketinggian, dapat menyebabkan cedera serius bahkan kematian.

5. Percikan Bahan Kimia

Percikan bahan kimia biasanya terjadi akibat kebocoran pipa, perbaikan mesin, atau pencucian tangki.

6. Terkena Benda Panas

Pekerja yang bekerja dekat peralatan panas harus berhati-hati untuk menghindari luka bakar.

7. Ledakan

Ledakan dapat menimbulkan kerugian besar karena pelepasan energi panas yang dapat menyebabkan kebakaran hebat.

8. Kebakaran

Kebakaran bisa terjadi di berbagai tempat, terutama di bagian pemeliharaan karena percikan api saat pengelasan atau pemotongan besi. Konsleting listrik juga sering menjadi penyebab kebakaran. Untuk mencegahnya, pabrik ini memiliki unit

keselamatan dan pemadam kebakaran yang memastikan semua alat pemadam berfungsi dengan baik serta memberikan pelatihan penanggulangan kebakaran.

4.7.2. Pengelolaan Lingkungan Hidup di Pabrik

Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) merupakan alat pengelolaan lingkungan hidup yang memiliki tujuan untuk menghindari dampak dan meminimalisir dampak. Sedangkan menurut peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 27 Tahun 1999 AMDAL merupakan kajian mengenai dampak penting suatu kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup untuk pengambilan keputusan mengenai penyelenggaraan usaha atau pembangunan dan produksi dari pabrik yaitu bahaya bagi masyarakat dan lingkungan. Bahaya yang dapat ditimbulkan dari proses operasi pabrik diantaranya adalah:

1. Tercemarnya udara akibat pembuangan hasil pembakaran bahan bakar. Karena hal tersebut dapat menimbulkan polusi dan berdampak pada gangguan pernapasan bagi masyarakat sekitar.
2. Dapat menurunkan ekosistem baik flora maupun fauna yang ada di sekitar pabrik.
3. Dapat menimbulkan perubahan iklim.
4. Pencemaran air akibat adanya proses pembuangan limbah cair yang ditimbulkan dari proses produksi, oleh karena itu perlu adanya treatment yang tepat dan sesuai.

Rencana pengolahan lingkungan hidup yang akan dilakukan untuk mengurangi dampak negatif dari polusi yang ditimbulkan pabrik yaitu dengan adanya program penghijauan di daerah sekitar pabrik untuk meminimalisir polusi udara yang ditimbulkan dari kegiatan proses produksi. Penghijauan akan dilakukan dengan pembuatan taman didalam pabrik, dan penanaman pohon disetiap pinggir jalan area pabrik. Selain itu, program penghijauan, akan dilakukan pemantauan kadar polutan diudara secara berkala, pemantauan kesehatan warga yang bermukim di area sekitar pabrik dan pemantauan terhadap ekosistem perairan yang berada di sekitar pabrik. Pemantauan tersebut dilakukan untuk mencegah dan meminimalisir dampak negatif kepada masyarakat sekitar dan lingkungan hidup sekitar pabrik.

4.8. Instrumentasi

1. Instrumentasi Manual

Instrumentasi manual adalah sistem pengukuran, pengendalian, dan monitoring yang dijalankan langsung oleh operator di lapangan. Pada pabrik EDA, beberapa contoh penerapannya:

- Pengukuran level cairan di tangki: operator membaca level dari gauge kaca atau indikator mekanik.
- Pengukuran tekanan dan suhu: menggunakan manometer, thermometer, atau termometer dial, dibaca secara manual.
- Pengambilan sampel: operator mengambil sampel MEA, ammonium, atau EDA dari pipa atau tangki secara periodik untuk dianalisis di laboratorium.
- Pengaturan aliran atau valve: operator membuka atau menutup valve secara manual untuk mengatur laju alir bahan baku atau produk.
- Catatan harian (logbook): semua parameter dicatat manual untuk monitoring proses dan audit.

Kelebihan manual:

- Lebih murah untuk instalasi awal
- Mudah dilakukan di area dengan akses terbatas

Kekurangan:

- Respon lambat terhadap perubahan kondisi proses
- Rentan kesalahan manusia
- Monitoring tidak kontinu

2. Instrumentasi Otomatis

Instrumentasi otomatis menggunakan sensor, transmitter, dan sistem kontrol terintegrasi untuk memantau dan mengendalikan proses secara real-time. Di pabrik EDA, penerapannya meliputi:

- Sensor dan transmitter:
 - Flow meter, level sensor, pressure transmitter, temperature transmitter mengirimkan data secara langsung ke control system.
- SCADA / DCS (Supervisory Control and Data Acquisition / Distributed Control System):
 - Menampilkan semua parameter proses di control room

- Memungkinkan pengendalian otomatis valve, pompa, agitator, dan reaktor
- Alarm dan safety interlock:
 - Jika parameter melebihi batas aman (misal tekanan tinggi di reaktor), sistem otomatis akan memicu shutdown, divert flow, atau blow-off
- Data logging: otomatis menyimpan semua parameter untuk analisis tren dan optimasi proses.

Kelebihan otomatis:

- Monitoring real-time, lebih cepat merespon perubahan proses
- Mengurangi risiko kesalahan manusia
- Bisa terintegrasi dengan sistem pengendalian keselamatan (SIS)

Kekurangan:

- Biaya awal lebih tinggi
- Memerlukan pemeliharaan rutin dan operator terlatih