

BAB V UTILITAS

Utilitas merupakan unit penunjang operasional pabrik di luar unit operasi dan unit proses yang bertugas menyediakan, mempersiapkan dan mendistribusikan bahan-bahan penunjang operasional pabrik. Berdasarkan perhitungan neraca massa, neraca panas, dan perencanaan spesifikasi peralatan serta kebutuhan lainnya, maka unit utilitas ini menyediakan dan mendistribusikan kebutuhan pabrik seperti air, steam, listrik, dan bahan bakar.

Kebutuhan bahan penunjang yang harus disediakan oleh unit utilitas secara kontinu demi kelangsungan operasi pabrik pembuatan etanol kapasitas 248.000 ton/tahun adalah sebagai berikut :

1. Suplai Air Pendingin	=	1.703.856,651	kg/jam
2. Suplai <i>Steam</i> (350°C)	=	192.398,625	kg/jam
3. Suplai Bahan Bakar	=	6.077,813	kg/jam
4. Suplai air domestik	=	83,333	kg/jam
5. Suplai Listrik	=	574,189	kW

Perincian perhitungan suplai bahan penunjang dapat dilihat di bawah ini.

5.1. Unit Pengadaan *Steam*

Steam yang digunakan adalah saturated *steam* pada suhu 350°C.

1. <i>Vaporizer</i> (VP-01)	=	55.685,454	kg/jam
2. <i>Heater</i> -01 (H-01)	=	33.641,510	kg/jam
3. <i>Heater</i> -02 (H-02)	=	12.120,647	kg/jam
4. <i>Heater</i> -03 (H-03)	=	12.521,484	kg/jam
5. <i>Heater</i> -04 (H-04)	=	12.836,689	kg/jam
6. Reboiler-01 (RB-01)	=	32.795,420	kg/jam
7. Reboiler-02 (RB-02)	=	32.796,420	kg/jam
Total kebutuhan <i>steam</i> 350 °C	=	192.398,625	kg/jam

Faktor keamanan 20 %

$$\begin{aligned}\text{Suplai steam} &= 192.398,625 + (20 \% \times 192.398,625) \\ &= 230.878,351 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

5.2. Unit Pengadaan Air

5.2.1. Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan meliputi :

1. Reaktor (R-01)	=	802.808,878	kg/jam
2. Cooler-01 (C-01)	=	102.249,854	kg/jam
3. Cooler-02 (C-02)	=	99.775,418	kg/jam
4. Cooler-03 (C-03)	=	97.264,051	kg/jam
5. Parsial Condensor-01	=	193.865,624	kg/jam
6. Condensor-01	=	339.666,924	kg/jam
7. Condensor-02	=	68.225,902	kg/jam

$$\text{Total } (W_c) = 68.225,902 \text{ kg/jam}$$

Air pendingin yang sudah digunakan dialirkan ke *Cooling Tower* untuk didinginkan kembali. *Cooling Tower* membutuhkan *Water Makeup* untuk mengatasi *evaporative loss*, *drift loss*, dan *blowdown*.

- *Evaporative Loss* adalah kehilangan air pendingin karena penguapan.

$$W_e = 0,00085 \times W_c \times (T_1 - T_2)$$

Keterangan :

W_e = *Evaporative loss*, kg/jam

W_c = Jumlah air pendingin, kg/jam

T_1 = Air pendingin masuk *Cooling Tower*, °F = 50°C = 122 °F

T_2 = Air pendingin keluar *Cooling Tower*, °F = 28°C = 82,4 °F

$$W_e = 0,00085 \times W_c \times (T_1 - T_2)$$

$$= 0,00085 \times 68.225,902 \text{ kg/jam} \times (50 - 28)$$

$$= 57.351,815 \text{ kg/jam}$$

- *Drift Loss* (W_d) adalah kehilangan air pendingin karena terbawa aliran udara ke luar *Cooling Tower*. *Drift loss* biasanya didesain 0,1-0,2% dari total kebutuhan air pendingin (W_c).

$$\begin{aligned} W_d &= 0,2\% \times W_c \\ &= 0,2\% \times 68.225,902 \text{ kg/jam} \\ &= 3.407,713 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- *Blowdown* (W_b) adalah air pendingin yang sengaja dibuang untuk mengurangi konsentrasi padatan dalam air karena evaporasi (W_e). *Blowdown* dihitung berdasarkan jumlah *cycle of concentration* yang dibutuhkan untuk membatasi terbentuknya *scale*. *Cycle of concentration* adalah perbandingan padatan terlarut dalam air sirkulasi (W_c) terhadap padatan terlarut dalam air *makeup*. *Cycle of concentration* dalam operasi *Cooling Tower* biasanya 3-5 (Perry, 1997).

$$W_b = \frac{W_e}{(\text{cycle} - 1)}$$

Keterangan:

W_b = *Blowdown*, kg/jam

W_e = *Evaporative loss*, kg/jam

cycle = *Cycle of Concentration* = 3

$$W_b = \frac{W_e}{(\text{cycle} - 1)}$$

$$= \frac{57.351,815}{3-1}$$

$$= 28.675,907 \text{ kg/jam}$$

Jumlah *Water Makeup* yang dibutuhkan :

$$W_m = W_e + W_d + W_b \quad (\text{Perry, 1997})$$

$$= 57.351,815 \text{ kg/jam} + 3.407,713 \text{ kg/jam} + 28.675,907 \text{ kg/jam}$$

$$= 89.435,435 \text{ kg/jam}$$

Jadi total air pendingin yang digunakan :

$$W_t = W_c + W_m$$

$$= 68.225,902 \text{ kg/jam} + 89.435,435 \text{ kg/jam}$$

$$= 1.793.292,086 \text{ kg/jam}$$

5.2.2. Air Umpan Boiler

Steam hanya digunakan untuk pemanasan. Kondensat dari *steam* disirkulasikan sebagai air umpan *Boiler*. Untuk mengurangi terbentuknya *scale*, maka dilakukan *blowdown*. *Blowdown* biasanya 3 – 5 % dari total suplai *steam*. Selain *blowdown*, kehilangan air umpan *boiler* juga disebabkan oleh *steam traps*.

$$\text{Suplai steam} = 230.878,351 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Boiler Makeup (B)} = 5\% \times 230.878,351 \text{ kg/jam}$$

$$= 11.543,917 \text{ kg/jam}$$

5.2.4. Air Domestik

Air domestik yang dibutuhkan meliputi :

▪ Kebutuhan rumah sakit 200 liter/hari		
Untuk 3 orang	= 600,000	L/jam
▪ Kantor 10 liter/pegawai/hari		
Untuk 79 orang pegawai	= 790,000	L/jam
▪ Laboratorium 10 liter/pegawai/hari		
Untuk 8 orang pegawai	= 80,000	L/jam
▪ Mushola dan kantin 2.000 liter/hari/orang	= 2.000	L/jam
Densitas air = 1 kg/liter, maka	= 144,583	Kg/jam
Faktor keamanan 10%		
Suplai air domestik (C)	= (1 + 10%) x 144,583 Kg/jam	
	= 159,042 kg/jam	

5.2.5. Total Suplai Air

$$\text{Kebutuhan air} = \text{Air pendingin (A)} + \text{Boiler Makeup (B)} + \text{Air Domestik (C)} +$$

$$\text{Air proses (P)}$$

$$= (98.378,979 + 11.543,917 + 159,041) \text{ kg/jam}$$

$$= 110.081,938 \text{ kg/jam}$$

5.4. Unit Pengadaan Listrik

5.4.1. Peralatan

1) Kompresor-01 (K-01)	= 93,397	Hp
2) Kompresor-02 (K-02)	= 299,257	Hp
3) Pompa-01 (P-01)	= 1,000	Hp
4) Pompa-02 (P-02)	= 1,000	Hp
5) Pompa-03 (P-03)	= 2,000	Hp
6) Pompa-04 (P-04)	= 2,500	Hp
7) Pompa-05 (P-05)	= 1,000	Hp
8) Pompa-06 (P-06)	= 1,000	Hp
9) Ekspander-01 (EP-01)	= 35,000	Hp
Total kebutuhan listrik peralatan	= 436,154	Hp
	= 325,240	kW

5.4.2. Penerangan

1) Penerangan pabrik :

Luas area pabrik = 6 Ha = 60.000,000 m²

Intensitas penerangan pabrik = 500,000 lumen/m²

Tipe lampu yang biasanya digunakan untuk penerangan umum di pabrik, gudang, dan penerangan jalan adalah Fluorescent, 1 Watt = 72 lumen. (Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, 2010).

Total kebutuhan cahaya = 60.000,000 m² x 500 $\frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$

= 30.000.000,000 lumen

Daya yang dibutuhkan = $\frac{30.000.000,000 \text{ lumen}}{67,000 \frac{\text{lumen}}{\text{watt}}}$

= 447.761,194 watt

= 447,761 kW

2) Penerangan kantor, perumahan, mushalla, dan kantin:

Tipe Lampu = *Light-Emitting diode* (LED)

Intensitas Penerangan = 350 lumen/m²

1 Watt = 150 lumen (Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, 2010).

▪ Penerangan perkantoran dan Fasilitas lain

$$\begin{aligned} \text{Luas perkantoran} &= 2,0415 \text{ Ha} \\ &= 20414,850 \text{ m}^2 \\ \text{Total kebutuhan cahaya} &= 20414,850 \text{ m}^2 \times 350 \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2} \\ &= 7.145.197,500 \text{ lumen} \\ \text{Daya yang dibutuhkan} &= \frac{7.145.197,500 \text{ lumen}}{50,000 \frac{\text{lumen}}{\text{watt}}} \\ &= 142.903,950 \text{ watt} \\ &= 142,904 \text{ kW} \end{aligned}$$

▪ Penerangan perumahan dan area penghijauan

$$\begin{aligned} \text{Luas perumahan dll} &= 1,1032 \text{ Ha} \\ &= 11.032,000 \text{ m}^2 \\ \text{Total kebutuhan cahaya} &= 11.032,000 \text{ m}^2 \times \\ &= 11.032,000 \text{ lumen} \times 150 \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2} \\ \text{Daya yang dibutuhkan} &= \frac{11.032,000 \text{ lumen}}{50,000 \frac{\text{lumen}}{\text{watt}}} \\ &= 33.096,000 \text{ watt} \\ &= 33,096 \text{ kW} \end{aligned}$$

3) Total Kebutuhan Listrik

$$\begin{aligned} \text{Peralatan} &= 325,240 \text{ kW} \\ \text{Penerangan pabrik} &= 447,761 \text{ kW} \\ \text{Penerangan perkantoran} &= 142,904 \text{ kW} \\ \text{Penerangan rumah dll} &= 33,096 \text{ kW} \\ \text{Total kebutuhan listrik} &= 949,001 \text{ kW} \end{aligned}$$

faktor keamanan 10 %

$$\begin{aligned} \text{Suplai listrik} &= 1 + 10 \% \times 949,001 \text{ kW} \\ &= 1.043,901 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk memenuhi suplai listrik di atas, maka digunakan 1 buah generator dan 1 buah untuk cadangan 700 Hp = 521,990 kW (perry, halaman 29-18).

5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar

1) Bahan bakar *Boiler*

Temperatur *steam* = 350 °C (*saturated steam*)

Suplai *steam*, m_{steam} = 230.878,350 kg/jam

Dari *steam* table diperoleh:

- Entalpi *saturated vapor*, H_v = 2.567,7 kJ/kg
- Entalpi *saturated liquid*, H_l = 1.671,8 kJ/kg
- Panas Laten, λ = 895,9 kJ/kg

Panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan *steam*.

$$\begin{aligned}
 Q &= m_{steam} \times \lambda \\
 &= 230.878,350 \text{ kg/jam} \times 895,9 \text{ kJ/kg} \\
 &= 206.843.914,220 \text{ kJ/jam} \\
 &= 206.843.914,220 \text{ kJ/jam} \times \frac{0,947817 \text{ Btu}}{1 \text{ kJ}} \\
 &= 196.050.198,929 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

Bahan bakar yang digunakan adalah industrial *diesel oil* dengan :

- Nilai kalor bahan bakar (LHV) = 19.200,598 Btu/lb
- Efisiensi *Boiler*, η = 85 %

Kebutuhan bahan bakar boiler :

$$\begin{aligned}
 m_{\text{bahan bakar}} &= \frac{Q}{\eta \cdot LHV} \\
 &= \frac{196.050.198,929 \text{ Btu/jam}}{85\% \times 19.200,598 \text{ Btu/lb}} \\
 &= 12.012,506 \text{ lb/jam} \\
 &= 12.012,506 \text{ lb/jam} \times \frac{0,454 \text{ kg}}{1 \text{ lb}} \\
 &= 5.448,781 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

2) Bahan bakar keperluan generator

$$\begin{aligned}\text{Daya Generator} &= 521,990 \text{ kW} \\ &= 178.1104,003 \text{ Btu/hr} \\ \text{Nilai kalor bahan bakar} &= 19200,598 \text{ Btu/lb}\end{aligned}$$

Efisiensi generator PLTD 55% (Cahyadi, 2011)

$$\text{Dipilih efisiensi generator} = 55\%$$

Bahan bakar yang diperlukan untuk generator :

$$\begin{aligned}m_{\text{bahan bakar}} &= \frac{Q}{\eta \cdot LHV} \\ &= \frac{178.1104,003 \text{ Btu/jam}}{55\% \times 19.200,598 \text{ Btu/lb}} \\ &= 168,660 \text{ lb/jam} \\ &= 76,503 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

3) Total Kebutuhan Bahan Bakar

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar pada Boiler} &= 5.448,781 \text{ kg/jam} \\ \text{Kebutuhan bahan bakar pada Generator} &= 76,503 \text{ kg/jam} \\ \text{Total kebutuhan bahan bakar} &= 5.525,284 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Faktor keamanan 10 %

$$\begin{aligned}\text{Suplai bahan bakar} &= (1 + 10\%) 5.525,284 \text{ kg/jam} \\ &= 6.077,813 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Densitas IDO (*Industrial Diesel Oil*) = 0,8500 kg/liter

$$\begin{aligned}\text{Total suplai bahan bakar} &= \frac{6.077,813 \text{ kg/jam}}{0,8500 \text{ kg/liter}} \\ &= 7.150,368 \text{ liter/jam}\end{aligned}$$