

VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

A. Unit Utilitas

Pabrik membutuhkan unit-unit yang mendukung terlaksananya proses produksi, seperti listrik, air, udara bertekanan, *refrigerant*, dan bahan bakar. Di pabrik, penyediaan dan pengelolaan unit-unit pendukung ini menjadi tanggung jawab unit utilitas. Pada pabrik pembuatan 1-Butena, utilitas mencakup unit-unit sebagai berikut :

1. Unit Penyedia Air dan Pengolahan Air

Kebutuhan air yang disediakan untuk kebutuhan proses produksi di pabrik meliputi :

a. Air untuk Keperluan Umum

Kebutuhan air ini meliputi kebutuhan laboratorium, kantor, karyawan, dll.

Beberapa persyaratan untuk air sanitasi adalah sebagai berikut :

- 1.Syarat fisis : di bawah suhu kamar, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau, tingkat kekeruhan $< 1 \text{ mg SiO}_2/\text{liter}$.
- 2.Syarat kimia : tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air, logam-logam berat lainnya yang beracun.
- 3.Syarat biologis (bakteriologis): tidak mengandung kuman/bakteri.

Tabel 6.1 Kebutuhan air untuk keperluan umum

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Air untuk karyawan & kantor = 30 L/orang/hari Jadi untuk 162 orang diperlukan air sejumlah	4.860	liter/hari
2	Air untuk perumahan karyawan = 60 L/orang/hari Perumahan pabrik : 30 rumah (4 orang /rumah) Mess pabrik : 50 mess (1 orang/mess)	7.200 3.000	liter/hari
3	Air Untuk Laboratorium diperkirakan sejumlah	1.000	liter/hari
4	Air Untuk Kebersihan dan Pertamanan	1.000	liter/hari
Total kebutuhan air bersih		17.060,0000	Liter/hari
		0,7108	m³/jam
Densitas air = 995,68 kg/m ³ (T=30°C, App A.2-3, Geankoplis, 1993 : 855)		707,7625	kg/jam

b. Air Pendingin

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyediaan air untuk keperluan pendingin adalah:

1. Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya *scale* (kerak) pada sistem perpipaan.
2. Bahan-bahan penyebab korosi dan bahan-bahan penyebab penurunan efisiensi perpindahan panas seperti minyak.

Kualitas standar air pendingin yaitu :

- *Ca hardness* sebagai CaCO₃ : < 150 ppm
- *Mg hardness* sebagai MgCO₃: < 100 ppm
- Silika sebagai SiO₂ : < 200 ppm
- Turbiditas : < 10
- Cl⁻ dan SO₄²⁻ : < 1000 ppm
- pH : 6 – 8

- Ca^{2+} : max. 300 ppm
- Silika : max. 150 ppm
- TDS : max 2500 ppm

Peralatan proses yang membutuhkan air pendingin yaitu :

Tabel 6.2 Kebutuhan air untuk air pendingin (*Cooling Water*)

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Reaktor (R-01)	113.371,5926	kg/jam
2	Cooler (CO-01)	1.088,7396	kg/jam
3	Cooler (CO-02)	1.755,9398	kg/jam
4	Cooler (CO-03)	13.116,3959	kg/jam
5	Cooler (CO-04)	1.813,8671	kg/jam
6	Kompresor (CP-01)	555,6714	kg/jam
7	Condenser (CD-02)	63.023,4748	kg/jam
8	Condenser (CD-03)	1.400,9248	kg/jam
Jumlah kebutuhan		196.126,6060	kg/jam
Recovery 90 %, sehingga make - up (10%)		19.612,6606	kg/jam

Air pendingin diolah pada menara pendingin (*cooling tower*). Air pendingin yang telah keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali keseluruhannya di dalam *cooling tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi di dalam *cooling tower* ini. Dalam hal ini air yang menguap dan mengalami kebocoran diasumsikan 10%. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air *make up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang.

c. Air Pembangkit *Steam*

Air ini digunakan sebagai umpan *boiler* agar dapat menghasilkan *steam* yang dapat digunakan sebagai pemanas. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler :

1. Zat-zat penyebab korosi

Korosi yang terjadi didalam ketel disebabkan air pengisi mengandung larutan asam, gas-gas terlarut, seperti O_2 , CO_2 , H_2S , NH_3 .

2. Zat-zat penyebab *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foam* (busa) pada *boiler*. Karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas yang tinggi.

3. Zat-zat yang menyebabkan *scale foaming*

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang bisa berupa garam-garam karbonat dan silika.

Adapun syarat-syarat air umpan *boiler* adalah sebagai berikut :

- pH : 8,5 – 9
- *Hardness* : 1 ppm sebagai $CaCO_3$
- CO_2 terlarut : 25 ppm
- Fe^{2+} : 0,05 ppm
- Ca^{2+} : 0,01 ppm
- SiO_2 : 0,1 ppm
- Oksigen terlarut : 0,02 ppm
- Cl_2 : 4,2 ppm

Peralatan yang membutuhkan *steam* adalah :

Tabel 6.3 Kebutuhan air untuk *boiling feed water*

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Heater (HT-01)	35,6835	kg/jam
2	Heater (HT-02)	88,1919	kg/jam
3	Heater (HT-03)	13,5078	kg/jam
4	Heater (HT-04)	28,5882	kg/jam
5	Reboiler (RB-01)	201,5390	kg/jam
6	Reboiler (RB-02)	562,0041	kg/jam
7	Adsorber (AD-01)	158,9379	kg/jam
Jumlah kebutuhan		1.088,4524	kg/jam
Recovery 90 %, sehingga make – up (10%)		108,8452	kg/jam

d. Air Pemadam Kebakaran

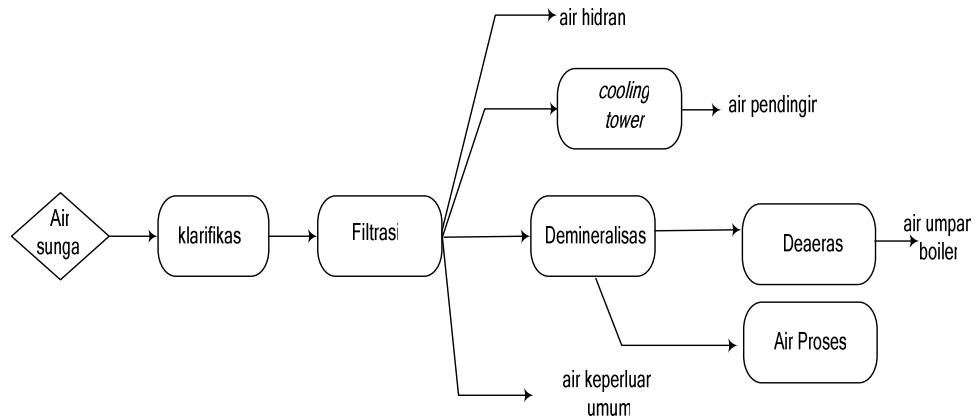
Kebutuhan air untuk seksi ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara rutin dan kontinyu tetapi hanya bersifat insidental. Kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa *hydrant* terutama dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis. Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran sekitar 1000 liter/hari = 0,0417 m³/jam = 41,4867 kg/jam.

Sehingga total kebutuhan air pabrik 1-Butena dengan *over design* 10 % ± sebesar 22,6155 m³/jam.

Air yang digunakan dalam pabrik ini, seperti air umpan *boiler*, dan air pendingin dan lainnya diperoleh dari Sungai Cibanten Kabupaten Serang.

Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan kebutuhan dilakukan pengolahan dengan beberapa tahap. Pengolahan yang dilakukan adalah penjernihan, penyaringan, demineralisasi, dan deaerasi.

Diagram alir pengolahan air adalah sebagai berikut :



Gambar 6.1 Diagram Alir Pengolahan Air

Penjernihan (Clarification)

Bahan baku air diambil dari badan air sungai. Air sungai dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. *Screen* dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air.

Air masuk ke dalam tangki sedimentasi untuk mengendapkan dan memisahkan lumpur yang mungkin terbawa, yang dapat menyebabkan gangguan *fouling* di dalam proses penyediaan air bebas mineral. Partikel

yang besar dihilangkan dengan penyaringan, tetapi koloidal yang ada dilepas melalui proses klarifikasi dalam penetralan dan penggumpalan (*coagulation*) dan sebelum dikeluarkan dilakukan injeksi larutan alum, kaustik, dan klorin. Jumlah aliran bahan kimia yang masuk dikontrol secara otomatis sebanding dengan jumlah air yang masuk.

Jumlah injeksi bahan kimia tergantung dari mutu air sungai dan keadaan operasi di lapangan. Semua air alam mengandung bermacam-macam jenis dan jumlah pengotor. Kotoran ini dapat digolongkan sebagai :

a. Padatan yang terlarut

Zat-zat padat yang terlarut terdiri dari bermacam-macam komposisi mineral-mineral seperti kalsium karbonat, magnesium karbonat, kalsium sulfat, magnesium sulfat, silika, sodium klorida, sodium sulfat dan sejumlah kecil besi, mangan, florida, aluminium, dan lain-lain.

b. Gas-gas yang terlarut

Gas-gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang, seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen dan CO₂.

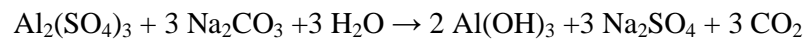
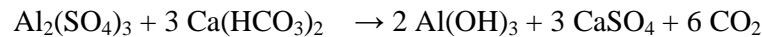
c. Zat yang tersuspensi

Dapat berupa kekeruhan (*turbidity*) yang terjadi dari bahan organik, mikroorganik, tanah liat dan endapan lumpur, warna yang disebabkan oleh pembusukan tumbuh-tumbuhan, dan lapisan endapan mineral seperti minyak.

Untuk memperoleh efisiensi di tangki penggumpal dipakai bahan kimia koagulan seperti :

1. Larutan Alum (Aluminium Sulfat)

Berupa tepung berwarna putih, dapat larut dalam air, stabil dalam udara, tidak mudah terbakar, tidak dapat larut dalam alkohol dan dapat dengan cepat membentuk gumpalan. Alum berfungsi sebagai bahan penggumpal (*floculant*) untuk menjernihkan air. Pembentukan endapan terbaik pada pH 6,5 – 7,5. Reaksi yang terjadi :



2. Soda kaustik (NaOH)

Diinjeksikan untuk mengatur pH atau memberikan kondisi basa pada air sungai sehingga mempermudah pembentukan endapan oleh alum karena air sungai cenderung bersifat asam.

3. Klorin/Kaporit

Berfungsi untuk membunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme.

Air dari klarifier kemudian dipompakan ke *sand filter* untuk dilakukan filtrasi sehingga diperoleh air yang siap untuk konsumsi proses lebih lanjut.

Penyaringan (Filtration)

Air yang dipersiapkan sebagai bahan baku untuk proses pertukaran ion (*ion exchanger*) harus disaring untuk mencegah *fouling* di penukar ion yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa. Bahan yang akan disaring termasuk bahan organik, warna dan bakteri. Selama operasi dari filter, kotoran yang masih terbawa pada air setelah mengalami proses penjernihan akan terlepas oleh filter dan terkumpul pada permukaan *bed*. Penyaringan ini

menggunakan media pasir atau *sand filter* berbentuk silinder vertikal yang terdiri dari *fine sand* dan *coarse sand*.

Bila *sand filter* ini telah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi, dengan cara cuci aliran balik (*backwash*) dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi, hal ini dilakukan untuk melepaskan kotoran (*suspended matters*) dari permukaan filter dan untuk memperluas bidang penyaringan. Setelah di-*backwash* dan filter dioperasikan kembali, air hasil saringan untuk beberapa menit pertama dikirim ke pembuangan, hal ini dilakukan untuk membersihkan sistem dari benda-benda padat yang masih terbawa dan setelah itu dibuang. *Backwash* filter secara otomatis terjadi bila hilang tekan tinggi (*high pressure drop*) tercapai atau waktu operasi (*duration time*) tercapai. Larutan kaporit diinjeksikan untuk mencegah tumbuhnya mikroorganisme pada produk air filter yang masuk ke tangki penyimpanan air filter. Dari tangki air filter air didistribusikan ke menara pendingin, perumahan, unit demineralisasi.

Sistem air pendingin terutama terdiri dari *cooling tower* dan basin, pompa air pendingin untuk peralatan proses, dan *induce draft fan*. Sistem resirkulasi yang dipergunakan bagi air pendingin ini adalah sistem terbuka. Sistem ini akan memungkinkan berbagai penghematan dalam hal ongkos penyediaan utilitas khususnya untuk air pendingin. Udara bebas akan digunakan sebagai pendingin dari air panas yang terbentuk sebagai produk dari proses perpindahan panas. Udara masuk dari sisi bawah menara berlawanan arah dengan aliran air. Air mengalir ke bawah menuju basin dan

udara mengalir ke atas dihisap oleh *induce draft fan* pada masing-masing sel. Aliran udara ke atas mendinginkan air yang turun kebawah. Pada *cooling tower* juga diinjeksikan asam sulfat 5% untuk mengatur pH inhibitor untuk mencegah timbulnya kerak dan *dispersant* untuk mencegah terjadinya penggumpalan dan pengendapan kotoran serta mencegah terjadinya *fouling*.

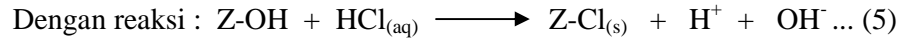
Demineralisasi

Demineralisasi berfungsi mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air umpan ketel (*boiler feed water*) untuk membangkitkan *steam*.

Unit penyediaan air bebas mineral terdiri dari *cation exchanger* dan *anion exchanger*. Pada penukar kation diisi dengan penukar ion asam lemah berupa metilen akrilat yang merupakan tipe (PK 6). Resin ini dirancang untuk menghilangkan/mengikat ion-ion logam dari air atau ion-ion positif seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} dan Al^{3+} .

Dengan reaksi : $R-H + NaCl_{(aq)} \longrightarrow R-Na_{(s)} + HCl_{(aq)} \dots\dots\dots (4)$

Penukar anion berisi penukar ion basa lemah berupa resin amino polistirena, yang merupakan tipe (PK 9, $NH(CH_2)_2OH$). Resin ini dirancang untuk menghilangkan ion asam dari air atau ion-ion negatif seperti karbonat, bikarbonat, sulfat, sulfit, nitrat, nitrit, silika, dan lain-lain.



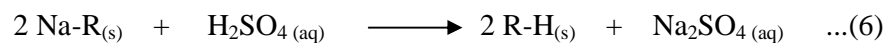
Penyukat kation-anion berisi campuran resin kation dan anion untuk pengolahan akhir air. Semua penyukat ion dioperasikan dengan aliran air yang kontinyu. Resin yang diisi ke penyukat ion diregenerasi bila kemampuannya menukar ion telah habis dan sebagai batasannya adalah total gallon dan konduktivitas air (*high SiO₂, high conductivity*). Regenerasi terdiri dari tiga langkah yaitu cuci balik (*backwash*), regenerasi awal dengan bahan kimia dan pencucian (*rinse*).

Bahan kimia yang dipakai untuk regenerasi dari penyukat ion dan netralisasi air bekas regenerasi adalah :

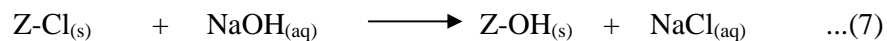
1. Asam sulfat (H₂SO₄)
2. Soda kaustik (NaOH)

Reaksi yang terjadi pada saat regenerasi adalah :

➤ Pada penyukat kation



➤ Pada penyukat anion



Buangan bekas bahan kimia dari *cation exchanger* dan *anion exchanger* mengalir ke bawah ke dalam kolam netralisasi melalui saluran pembuangan. Air bebas mineral yang telah diproduksi selanjutnya akan dialirkan ke tangki penampungan air demin.

2. Unit Penyedia *Steam*

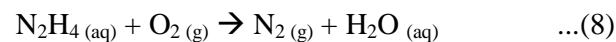
Steam yang digunakan dalam pabrik 1-Butena ini adalah *saturated steam* (150 °C; 4,6958 atm). *Steam* ini dipergunakan untuk menukar panas pada aliran yang perlu dinaikkan suhunya. Sistem penyediaan *steam* terdiri dari *deaerator* dan *boiler (steam generator)*.

a. *Deaerasi*

Proses deaerasi terjadi dalam *deaerator* yang berfungsi untuk membebaskan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray, sparger* yang berkontak secara *counter current* dengan *steam*. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung dalam drum dari *deaerator*.

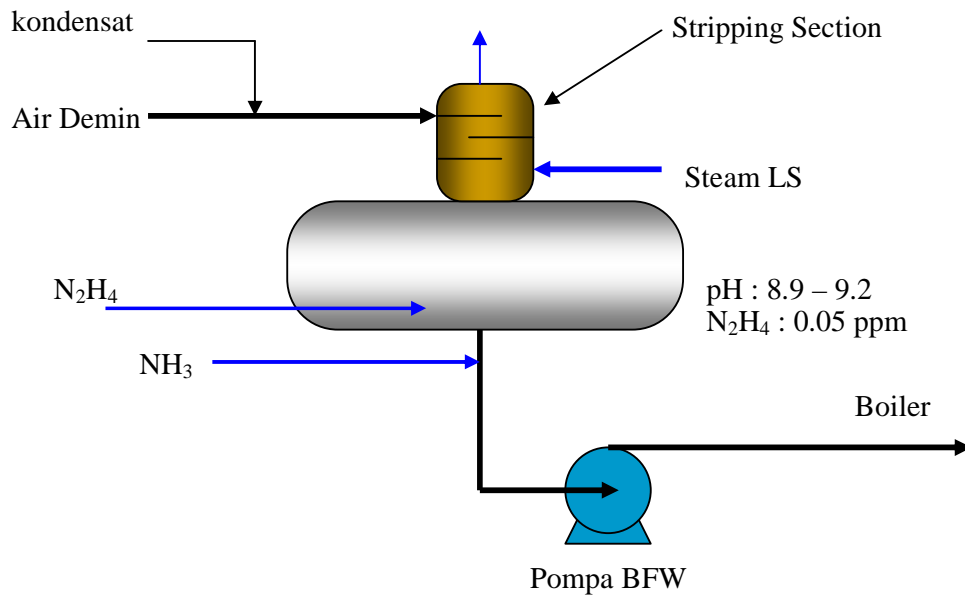
Proses deaerasi dilakukan dalam *daerator* terjadi dalam 2 tahap :

- Mekanis : proses *stripping* dengan steam LS, dapat menghilangkan oksigen sampai 0,007 ppm
- Kimia : reaksi dengan N_2H_4 (*hydrazine*), dapat menghilangkan sisa oksigen



N_2H_4 juga bereaksi dengan besi :





Gambar 6.2 Deaerator

b. *Steam generation*

Pembentukan *steam* terjadi di dalam *boiler* (*steam generator*). Pada umumnya ada dua jenis *boiler*, pertama *fire tube boiler* yang mirip dengan *shell and tube heat exchanger* dengan gas pembakar mengalir melalui *tube*. *Fire tube boiler* digunakan untuk membangkitkan *steam* dengan tekanan maksimal 18 bar dan temperatur 210 °C. Kedua, *water tube boiler* dengan air umpan *boiler* melalui *tube* dan terjadi pembentukan *steam* pada *tube*. Sementara pembakaran terjadi dalam kotak *chamber* terbuka. *Water tube boiler* digunakan untuk membangkitkan *steam* dengan tekanan maksimal 45 bar dan temperatur 350 °C. Pada perancangan pabrik 1-Butena ini digunakan *boiler* dengan tipe *fire tube boiler*.

3. Unit Penyedia Tenaga Listrik

Tenaga listrik dipergunakan untuk menjalankan peralatan proses pabrik seperti pompa dan kompresor, menjalankan infrastruktur dan perlengkapan kantor seperti penerangan kantor bangunan, jalan, *air conditioner*, peralatan dan perlengkapan kantor, *control room*, dll. Kebutuhan listrik terdiri dari :

- a. Kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor-motor di dalam unit proses dan unit utilitas, yaitu :

➤ Unit proses

Tabel 6.4 Kebutuhan Listrik untuk Unit Proses

Kode	Jumlah	Daya (hp)	Daya (kW)
MT-01	1	0,5	0,3728
K-01 <i>stage 1</i>	1	15,0	11,1855
K-01 <i>stage 2</i>	1	15,0	11,1855
K-02	1	100	74,5700
PP-01	1	0,5	0,3728
PP-02	1	1,5	1,1185
PP-03	1	0,5	0,3728
PP-04	1	0,5	0,3728
PP-05	1	0,5	0,3728
PP-06	1	5,0	3,7285
PP-07	1	0,5	0,3728
	7	139,50	104,0251

Tabel 6.5 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Kode	Jumlah	Daya (hp)	Daya (kW)
BP-01	1	1,5	1,1185
CT-01	1	40	29,8280
TI-01	1	1,0	0,7457
TI-02	1	1,0	0,7457
TI-03	1	0,5	0,3728
BO-01	1	150	111,8550
BL-01	1	0,5	0,3728
KU-01	1	0,5	0,3728
KU-02	1	0,5	0,3728
EU-01	1	0,5	0,3728
PU-01	1	5	3,7285
PU-02	1	1	0,7457
PU-03	1	2	1,4914
PU-04	1	1	0,7457
PU-05	1	1,5	1,1185
PU-06	1	0,5	0,3728
PU-07	1	0,5	0,3728
PU-08	1	10	7,4570
PU-09	1	7,5	5,5927
PU-10	1	10	7,4570
PU-11	1	3	2,2371
PU-12	1	0,5	0,3728
PU-13	1	0,5	0,3728
PU-14	1	0,5	0,3728
PU-15	1	0,5	0,3728
PU-16	1	0,5	0,3728
PU-17	1	0,5	0,3728
PI-01	1	0,5	0,3728
PI-02	1	0,5	0,3728
PI-03	1	0,5	0,3728
PI-04	1	0,5	0,3728
PI-05	1	0,5	0,3728
PI-06	1	0,5	0,3728
PI-07	1	0,5	0,3728
Total	34	244,50	182,3236

Kebutuhan Listrik Unit Proses = 104,0251 kW

Kebutuhan Listrik Unit Utilitas = 182,3236 kW

b. Kebutuhan penerangan

Chemical Engineer's Handbook, 3rd ed, merekomendasikan untuk perhitungan penerangan digunakan satuan lumen. Dengan menetapkan jenis lampu yang digunakan, maka dapat dihitung jumlah listrik yang harus disediakan untuk penerangan. Untuk menentukan besarnya tenaga listrik digunakan persamaan :

$$L = \frac{a \times F}{U \times D}$$

Dengan :

L : *Lumen per outlet.*

a : Luas area, ft²

F : *food candle* yang diperlukan (Tabel 13, Perry 3th)

U : Koefisien utilitas (Tabel 16, Perry 3th)

D : Efisiensi lampu (Tabel 16, Perry 3th)

❖ Kebutuhan penerangan area dalam bangunan

Tabel 6.6 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Area Bangunan

Area Bangunan	Luas (m ²)	Luas (ft ²)	F	U	D	Lumen
Pos keamanan	75	807,27	20	0,50	0,8	40.363,68
Mushola	250	2.690,91	20	0,55	0,8	122.314,19
Kantin	100	1.076,36	10	0,51	0,8	26.381,49
Kantor	1000	10.763,65	20	0,58	0,8	463.950,37
Klinik	100	1.076,36	20	0,55	0,8	48.925,68
Ruang control	150	1.614,55	35	0,60	0,8	117.727,41
Laboratorium	100	1.076,36	35	0,60	0,8	78.484,94
Bengkel	50	538,18	10	0,53	0,8	12.692,98
GSG	150	1.614,55	10	0,51	0,8	39.572,24
Gudang	100	1.076,36	5	0,52	0,8	12.937,08
Total	2.075	22.334,57	185	5,45		963.350,05

Untuk area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu *fluorescent* 40 Watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 40 Watt mempunyai 1.960 lumen. Jumlah listrik area ini sebesar 963.350,05 lumen, sehingga jumlah lampu yang diperlukan sebanyak 492 buah.

$$\text{Daya} = 40 \text{ Watt} \times 492 = 19.680 \text{ Watt} = 19,68 \text{ kW}$$

❖ Kebutuhan penerangan area luar bangunan

Tabel 6.7 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Area NonBangunan

Area	Luas (m ²)	Luas (ft ²)	F	U	D	Lumen
Area parker	200	2.152,73	10	0,49	0,8	54.916,57
Proses	1000	10.763,65	10	0,59	0,8	228.043,40
Utilitas	1200	12.916,38	10	0,59	0,8	273.652,08
Perumahan	3000	32.290,95	20	0,55	0,8	1.467.770,27
Jalan&taman	3.500	37.672,77	5	0,53	0,8	444.254,37
Total	8.900	95.796,47	55	2,75		2.468.636,70

Untuk area di luar bangunan direncanakan menggunakan lampu *mercury* 250 watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 250 Watt mempunyai 10000 lumen. Jumlah listrik area ini sebesar 2.468.636,70 lumen sehingga jumlah lampu yang diperlukan sebanyak 247 buah.

$$\text{Daya} = 250 \text{ Watt} \times 247 = 61.750 \text{ Watt} = 61,75 \text{ kW}$$

❖ Kebutuhan listrik lainnya

Kebutuhan listrik lainnya (barang elektronik kantor : AC, komputer dll) diperkirakan sebesar 10 kW.

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan penerangan} &= \text{Kebutuhan area bangunan} + \\ &\quad \text{Kebutuhan area luar bangunan} + \\ &\quad \text{Kebutuhan listrik lain} \\ &= (19,68 + 61,75 + 10) \text{ kW} \\ &= 91,430 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik total} &= \text{Kebutuhan Proses} + \text{Kebutuhan Utilitas} + \\ &\quad \text{Kebutuhan Penerangan} \\ &= (104,0251 + 168,1553 + 91,430) \text{ kW} \\ &= 377,779 \text{ kW} \\ &= 0,3778 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\text{Over Design 20 \%} = 453,3345 \text{ kW}$$

Jadi kebutuhan listrik total pabrik $\pm 453,3345 \text{ kW}$

Kebutuhan listrik ini dibangkitkan oleh *generator* tenaga gas. Sehingga total kebutuhan listrik pabrik dipenuhi secara swadaya.

Efisiensi Generator, $\eta = 80 \%$

$$\text{Total daya} = \frac{P}{\eta} = \frac{461,0851 \text{ kW}}{80\%} = 576,9157 \text{ kW}$$

4. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair yaitu *fuel oil* yang diperoleh dari PT. Pertamina atau distribusinya.

Pemilihan didasarkan pada pertimbangan bahan bakar cair :

- mudah didapat
- tersedia secara kontinyu
- mudah dalam penyimpanannya

Fuel oil yang digunakan mempunyai nilai *heating value* sebesar 18.615,2255 Btu/lb, sehingga *fuel oil* yang dibutuhkan generator sebanyak 58,9454 kg/jam (60,7685 liter/jam).

5. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air*)

Sumber udara instrumen berasal dari kompresor udara proses. Udara pabrik didefinisikan sebagai udara kering (*dew point* rendah) yang dipakai terbatas untuk pengoperasian instrumentasi. Udara pabrik dari penerima udara dialirkan ke instrumen oleh kompresor dimana kandungan air diturunkan oleh bahan pengering hingga memenuhi *dew point* menjadi udara instrumen dan dikirim ke pemakai melewati *instrument air header*.

Udara instrumen adalah udara kering (*dew point* rendah) yang dipergunakan terbatas untuk pengoperasian instrumentasi. Unit udara tekan diperlukan untuk menggerakkan instrumen-instrumen pengendalian

proses yang ada dalam pabrik 1-Butena. Udara tekan yang diperlukan didistribusi pada tekanan 15 – 20 psig serta dalam kondisi kering dan bersih (Kern, hal.768).

Dalam pabrik 1-Butena terdapat sekitar 36 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan dapat diuraikan berikut ini : udara lingkungan ditekan dengan menggunakan kompresor (KU – 01) yang dilengkapi dengan filter (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 20 psig, kemudian dilewatkan dalam tumpukan silika gel sehingga diperoleh udara kering. Selanjutnya udara kering tersebut dialirkan pada alat kontrol yang memerlukannya.

Udara pneumatik = 28 L/min (Considin, 1993)

Jumlah alat kontrol = 36 buah

Kebutuhan udara = 1.008 L/min = 60,48 m³/jam

Over design = 20%

Total udara pneumatik = 72,5760 m³/jam
= 0,0202 m³/s

6. Unit Penyediaan *Refrigerant*

Refrigerant yang digunakan adalah metana sebagai pendingin pada kondensor MD-01. Metana yang telah digunakan diolah dalam sistem refrigerasi metana pada unit utilitas. Sistem refrigerasi ini berfungsi untuk mensirkulasikan metana dengan kondisi operasi sebagai berikut:

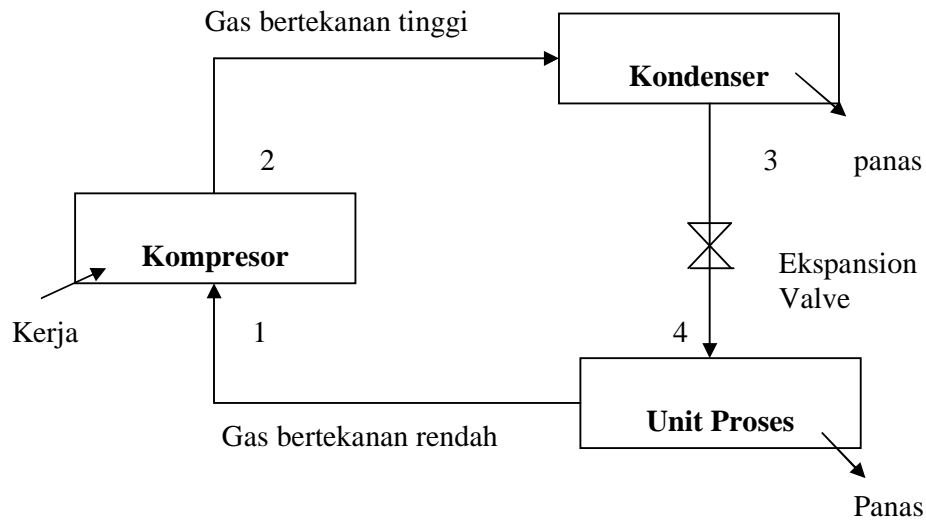
Temperatur masuk metana (gas) = -178,15 °C (0,1954 atm)

Temperatur keluar metana (cair) = $-178,15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Metana cair masuk berwujud cair dan keluar dengan fase gas. Metana bersirkulasi menggunakan konsep *liquifaction*. *Liquifaction* adalah perubahan zat dari wujud gas ke bentuk cairan. Karena perubahan wujud zat sebanding dengan perbedaan jumlah energi dari molekul yang membentuk zat tersebut, maka energi panas harus diserap atau dilepas oleh zat tersebut sehingga dapat merubah keadaan wujud zat tersebut. Dengan demikian, perubahan zat dari padat ke cair atau dari cair ke gas memerlukan penambahan panas. Jika gas mengalami kompresi, panas akan terlepas dan berubah fasa menjadi cair, sehingga pendinginan ekstrim tidak mutlak diperlukan untuk pencairan gas. Pendinginan semacam ini ditemukan oleh Thomas Andrew pada tahun 1969. Disebutkan bahwa setiap gas mempunyai temperatur kritis, dan apabila pencairan dilakukan diatas temperatur kritis maka gas tersebut tidak dapat dicairkan dan tidak berpengaruh berapapun tekanan diberikan.

Ketika gas tersebut dikompres, molekul-molekul gas saling tarik-menarik sehingga kalornpun terlepas. Pada proses kompresi, kecepatan molekul-molekul gas dan jarak antara molekul tersebut semakin dekat sampai akhirnya gas tersebut mengalami perubahan wujud menjadi cairan (Wikipedia, 2006)

Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan sistem/daur yang paling banyak digunakan dalam daur refrigerasi. Proses-proses yang membentuk daur kompresi uap adalah :



Gambar 6.3 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Keterangan :

1-2 Kompresi adiabatik dan reversible, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.

2-3 Pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan *refrigerant*.

3-4 Ekspansi irreversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan kondensor.

4-1 Penambahan kalor reversible pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh

B. Pengolahan Limbah

Pada pabrik 1-Butena ini terdapat limbah industri berupa gas dan cairan yang tidak berbahaya. Untuk limbah gas tidak dilakukan penanganan secara khusus, hanya dimasukan ke dalam *incinerator* untuk dibakar. Sedangkan untuk

limbah cair, karena tidak berbahaya maka penanganannya sebelum dibuang ke sungai hanyalah di cek kandungan pH didalamnya agar sama dengan pH lingkungan. Adapun penanganan limbah-limbah cair di pabrik 1-Butena selain limbah cair industri adalah sebagai berikut :

a. Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik, pencucian, dan dapur dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan desinfektan kalsium hipoklorit yang berfungsi untuk membunuh mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit. Sedangkan kotoran yang berasal dari WC dibuang ke tempat pembuangan khusus *septic tank*.

b. Air buangan dari peralatan proses

Air buangan ini mengandung minyak atau bahan organik yang mungkin disebabkan oleh :

- Bocoran dari suatu peralatan
- Bocoran karena tumpahan saat pengisian
- Pencucian atau perbaikan peralatan

Air buangan yang mengandung minyak dilakukan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak di bagian atas dialirkan ke tungku pembakaran, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, kemudian dibuang.

c. Air buangan dari utilitas

Air buangan dari utilitas berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin yang bersifat asam atau basa. Air sisa proses yang berasal

dari unit demineralisasi dan air sisa regenerasi dikirim ke kolom netralisasi. Penetralan dilakukan dengan menambahkan asam sulfat atau basa NaOH sampai air tersebut mempunyai pH netral (diharapkan 6,5 – 8). Air yang sudah dinetralkan kemudian dialirkan ke penampungan akhir untuk dibuang.

C. Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium maka proses produksi akan selalu dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Disamping itu juga berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan. Laboratorium mempunyai tugas pokok antara lain :

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku dan pengendali kualitas produk.
2. Sebagai pengendali terhadap proses produksi dengan melakukan analisa terhadap pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
3. Sebagai pengendali terhadap mutu air proses, air pendingin, air umpan *boiler*, *steam*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium melaksanakan tugas selama 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

a. Kelompok *NonShift*

Kelompok ini bertugas melakukan analisa khusus, yaitu analisa yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan *reagen* kimia yang diperlukan oleh laboratorium. Dalam membantu kelancaran kinerja kelompok *shift*, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas-tugas diantaranya sebagai berikut :

- Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.
- Melakukan analisa bahan buangan penyebab polusi.
- Melakukan penelitian/percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

b. Kelompok *Shift*

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisa-analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya, kelompok ini menggunakan sistem bergilir yaitu kerja *shift* selama 24 jam dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam.

Dalam pelaksanaan tugasnya, seksi laboratorium dikelompokkan menjadi :

a. Laboratorium Fisika

Bagian ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk. Pengamatan yang dilakukan antara lain : *specific gravity*, viskositas kinematik dan kandungan air

b. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat-sifat kimianya.

Analisa yang dilakukan antara lain :

- Kadar impuritis pada bahan baku
- Kandungan logam berat
- Kandungan metal

c. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya :

- Diversifikasi produk
- Pemeliharaan lingkungan (pembersihan air buangan).

Disamping mengadakan penelitian rutin, laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non-rutin, misalnya saja penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasanya dilakukan penelitian, guna mendapatkan alternatif lain tentang penggunaan bahan baku.

d. Laboratorium Analisa Air

Pada laboratorium Analisis air ini yang di analisa antara lain :

1. Bahan baku air
2. Air demineralisasi
3. Air pendingin
4. Air umpan *boiler*

Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, kadar minyak, sulfat, silika dan konduktivitas air. Alat- alat yang digunakan dalam laboratorium analisa air adalah :

- pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman/kebasaan.
- Spektrometer, untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa terlarut dalam air dengan syarat larutan harus berwarna.
- *Spectroscopy*, untuk menentukan kadar sulfat.
- *Gravimetric*, untuk mengetahui jumlah kandungan padatan dalam air.
- Peralatan titrasi, untuk mengetahui kandungan klorida, kسادahan dan alkalinitas.
- *Conductivity meter* , untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Air terdeminerasasi yang dihasilkan unit terdemineralizer juga diuji oleh departemen ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat (SiO_2). Sedangkan parameter air umpan *boiler* yang dianalisis antara lain kadar hidrazin, metana dan ion fosfat.

e. Alat Analisa

Alat Analisa yang digunakan :

- *Water Content Tester*, untuk menganalisa kadar air dalam produk.
- *Viskometer Bath*, untuk mengukur viskositas produk keluar reaktor.
- *Hydrometer*, untuk mengukur *specific gravity*.

D. Instrumentasi dan Pengendalian Proses

Dalam pengoperasian dan pengendalian alat-alat proses, diperlukan sistem instrumentasi yang dapat mengukur, mengindikasikan, dan mencatat variabel-variabel proses. Variabel proses itu antara lain temperatur, tekanan, laju alir, dan ketinggian. Pengendalian alat-alat proses dipusatkan di ruang kendali, walaupun dapat pula dilakukan langsung di lapangan. Pengendalian terhadap kualitas bahan baku dan produk dilakukan di laboratorium pabrik.

Sistem pengendalian di pabrik 1-Butena ini menggunakan *Distributed Control System* (DCS). Sistem ini mempergunakan komputer mikroprosesor yang membagi aplikasi besar menjadi sub-sub yang lebih kecil. Data yang diperoleh dari elemen-elemen sensor diolah dan disimpan. Pengendalian dilakukan dalam *Programmable Logic Controller* dengan cara mengubah data-data tersebut menjadi sinyal elektrik untuk pembukaan atau penutupan *valve-valve*. Untuk melakukan perhitungan matematis yang rumit dan kompleks dibutuhkan *Supervisor Control System* (SCS). Beberapa kemampuan yang dimiliki oleh SCS adalah :

1. Kalkulasi termodinamik.
2. Prediksi sifat/komposisi produk dan kontrol.
3. Menyimpan data dalam jangka waktu yang panjang.

Model hierarki pengendalian meliputi empat tingkat kebutuhan informasi dan sistem pengendalian. *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) dicapai dengan pengkoordinasian dan penggunaan secara efektif aliran informasi melalui seluruh tingkatan. Keempat tingkatan ini diperlihatkan pada tabel berikut :

Tabel 6.8 Tingkatan kebutuhan informasi dan sistem pengendalian.

Tingkatan	Fungsi
1. <i>Regulatory and Sequential Control</i>	Memantau, mengendalikan, dan mengatur berbagai aktuator dan perangkat lapangan yang berhubungan langsung dengan proses.
2. <i>Supervisory Control System</i>	- Mengkoordinasikan kegiatan satu atau lebih DCS - Menyediakan plantwide summary dan <i>plantwide process overview</i> .
3. Sistem informasi yang dibutuhkan oleh <i>Local Plant Management</i>	Pengaturan operasi hari ke hari, seperti penjadwalan produk, pemantauan operasi, laboratorium jaminan kualitas, akumulasi data produksi – biaya, dan <i>tracking shipment</i> .
4. <i>Management Information System</i>	Mengkoordinasikan informasi keuangan, penjualan, dan pengembangan produk pada tingkat perusahaan.

Pengendalian terhadap variabel proses dilakukan dengan sistem pengendali elektronik. Variabel yang dikendalikan berupa temperatur, tekanan, laju alir dan level cairan. Pengendalian variabel utama proses tercantum pada tabel berikut :

Tabel 6.9 Pengendalian variabel utama proses

No	Variabel	Alat Ukur
1.	Temperatur	Termokopel
2.	Tekanan	<i>Pressure gauge</i>
3.	Laju Alir	<i>Orificemeter, venturimeter, vortexcoriolismeter</i>
4.	Level cairan	<i>Float level device</i>

