

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Agar pabrik dapat beroperasi dengan baik, diperlukan sarana untuk penunjang proses yakni unit utilitas. Umumnya utilitas di pabrik meliputi air, steam, dan listrik. Unit utilitas memegang peran penting dalam suatu pabrik, dengan *supply* segala kebutuhan penunjang pabrik dapat menjalankan proses dari awal sampai menjadi produk akhir. Utilitas di pabrik sodium bikarbonat meliputi antara lain:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Penyedia Bahan Bakar
4. Unit Penyedia Udara Tekan (*Pressurized Air System*)
5. Unit Pembangkit Listrik (*Electrical Plant System*)
6. Unit Laboratorium
7. Unit Pengolahan Limbah

4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Pada prarancangan pabrik sodium bikarbonat ini, kebutuhan air untuk pabrik diperoleh dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) dikelola langsung oleh PT Krakatau Tirta Industri yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Spesifikasi Penyediaan Air PT Krakatau Tirta Industri

Jenis Air Industri	pH	Conductivity max. (μS)	TOC max. (ppm)
<i>Fresh Water</i>	5.0 – 8.0	50	1000
<i>Air Cooling Tower</i>	6.5 – 8.5	30	1000
<i>Demin Water</i>	6.5 – 8.0	10	500
<i>Soft Water</i>	6.0 – 8.0	10	500
<i>Pure Water</i>			
- <i>Poncini Water</i>	6.0 – 8.0	1.0	50
- <i>Water for Injection</i>	6.5 – 8.0	0.1	10

4.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan air mulai dari pengadaan dan pengolahannya hingga siap digunakan sebagai air proses, air pendingin, air sanitasi, air untuk umpan *boiler*, dan air *hydrant*. Pada pra rancangan pabrik sodium bikarbonat ini, kebutuhan air dipasok dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) dikelola langsung oleh PT Krakatau Tirta Industri. Air yang dibutuhkan di pabrik yang akan didirikan meliputi:

1) Air Pendingin

Air pendingin memiliki peran dalam proses perpindahan panas dalam sejumlah alat. Air pendingin berfungsi untuk mencegah terjadinya panas yang berlebihan dalam suatu alat agar alat tersebut tetap dapat beroperasi dengan normal. Air pendingin tidak berkontak langsung dengan komponen bahan baku, produk intermediat, atau dengan produk akhir. Sistem yang digunakan adalah *recirculating system*, artinya setelah air digunakan untuk mendinginkan alat-alat proses, air tersebut disirkulasi kembali ke utilitas untuk *recovery* agar siap digunakan kembali untuk mendinginkan.

Tabel 4. 2 Parameter Air Pendingin

Parameter	Air Pendingin	
	<i>Circulating Water</i>	<i>Make up Water</i>
pH	6,5 – 8,2	6,0 – 8,0
Konduktivitas elektrik (mS/m)	<80	<30
Klorin (mg/l)	<200	<50
Sulfat (mg/l)	<200	<50
Alkali (mg/l)	<100	<50
Total <i>hardness</i> (mg/l)s	<200	<70
Kalsium (mg/l)	<150	<50
Silika (mg/l)	<40	<30

Air pendingin harus mempunyai sifat tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka air pendingin perlu diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- a. *NO₂ booster* berguna untuk mencegah terjadinya kerak
- b. *Biocide* berguna untuk membunuh mikroorganisme
- c. Zat dispersant berguna untuk mencegah terjadinya penggumpalan atau memecah koloni

2) Air Umpan Boiler

Air umpan *boiler* yang dipasok oleh unit pengadaan air akan diubah menjadi *steam* pada unit pengadaan *steam*. *Steam* yang dihasilkan akan digunakan sebagai pemanas pada berbagai alat. Salah satu syarat air umpan *boiler* yang diproduksi oleh unit pengadaan air haruslah bebas dari mineral. Mineral harus dihilangkan supaya dalam *boiler* tidak menimbulkan kerak yang dapat menghambat kinerja dari *boiler*. Suplai air umpan *boiler* sama dengan jumlah *steam* yang diproduksi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi di dalam *boiler* yang disebabkan air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas yang terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . Kerak tersebut mengakibatkan terjadinya pemanasan lanjut setempat (*local over heating*) dan logam dalam boiler gagal berfungsi (*failure*).

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

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silica

- c. Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalitas tinggi.

Air yang akan diumpangkan kedalam *boiler* harus memenuhi spesifikasi tertentu. Kondisi air umpan *boiler* harus diawasi dengan tepat karena bila terjadi kesalahan akan membahayakan. Parameter yang harus diawasi dari air *boiler* menurut SNI 7268:2009 adalah sebagai berikut

Tabel 4. 3 Parameter Air Umpan *Boiler* (SNI 7268:2009)

Parameter	Satuan	Persyaratan Maks.
pH (pada 25°C)	-	7 – 9
Kesadahan	mg/l	1
Lemak dan minyak	mg/l	0
Oksigen terlarut	mg/l	0
Ion klorida (Cl ⁻)	mg/l	600
Ion fosfat (PO ₄ ³⁻)	mg/l	20 – 40
Ion sulfit (SO ₃)	mg/l	10 – 50
Hidrasin	mg/l	0,1 – 10
Silika (N ₂ H ₄)	-	0,5

3) Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang dibutuhkan untuk sarana dalam pemerintahan kebutuhan pegawai. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/X/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, syarat-syarat air sanitasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Syarat Air Sanitasi

Parameter	Persyaratan Maks.
pH	6,5 – 8,5
Bau	Tidak berbau
Warna	Tidak berwarna
Warna maksimal	15 TCU
Kekeruhan	5 NTU
TDS	1000 mg/L

4) Air Proses

Air proses memiliki peran langsung dalam suatu proses dalam setiap peralatan. Air proses akan berkontak langsung dengan komponen bahan baku untuk menjadi produk. Kebutuhan air dalam suatu proses dapat digunakan misalnya sebagai *solvent*. Demineralisasi adalah proses mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghasilkan air bebas mineral yang akan digunakan sebagai air proses. Untuk keperluan air proses tidak cukup hanya air bersih, oleh karenanya air tersebut masih perlu diperlakukan lebih lanjut yaitu penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut untuk mencegah korosi dan deposit yang dapat merusak pipa serta *valve*. Mula-mula air bersih (*Filtered Water*) dialirkan ke *Cation Exchanger* yang diisi resin cation berupa resin asam kuat yang akan mengikat cation misalnya kalsium, magnesium, natrium, kalium, besi, mangan, dan aluminium yang kemudian melepaskan ion H^+ . Selanjutnya air mengalir ke *Anion Exchanger* dimana anion seperti klorida, karbonat, sulfat, nitrat, silika, dalam air bertukar dengan ion OH^- dari resin anion. Air keluar dari *Anion Exchanger* hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian di tanki penyimpanan (*Demin Water Storage*).

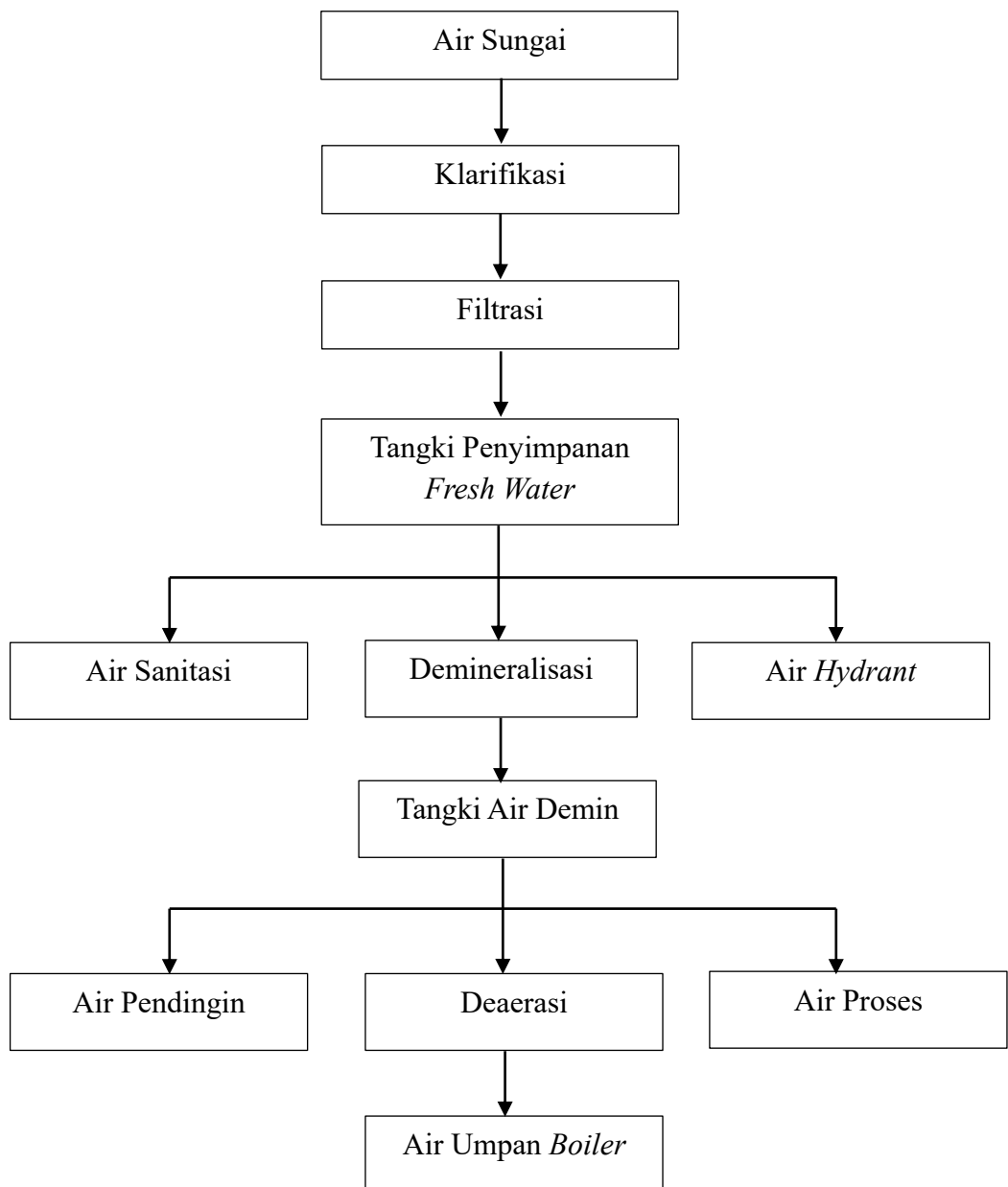
5) Air Hydrant

Air hydrant adalah air yang digunakan sebagai air pemadam kebakaran. Kebutuhan air *hydrant* sangat diperlukan jika terjadi kebakaran pada salah satu bagian dari pabrik. Dalam penggunaannya, air *hydrant* bersifat *incidental* atau hanya saat terjadi kebakaran. Dalam prakteknya, air *hydrant* disalurkan melalui pipa air *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa air *hydrant* dipersiapkan pada lokasi yang strategis dengan tujuan utama yaitu kemudahan pencapaian

seluruh lokasi pabrik. Persyaratan pasokan air *hydrant* yaitu harus sekurang-kurangnya 2400 liter/menit pada tekanan 3,5 bar, serta mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit (SNI 03-1735 2000).

4.1.2 Unit Pengolahan Air

Pabrik sodium bikarbonat memasok air bersih (*fresh water*) dari PT Krakatau Tirta Industri. PT KTI adalah penyedia utama air bersih bagi berbagai industri di kawasan Cilegon. KTI mengolah air baku dari Sungai Cidanau dan Sungai Cipasauran, yang kemudian didistribusikan melalui jaringan pipa sepanjang lebih dari 100 km ke berbagai pelanggan industri. Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air dimulai dari pengadaan dan pengolahan hingga menjadi air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan *boiler*, dan air *hydrant*. Berikut tahap pengolahan air yang digunakan:



Gambar 4. 1 Tahap Pengolahan Air

a. Penjernihan (*Purification*)

Air diperoleh dari Sungai Cidanau dan Sungai Cipasauran, air dialirkan pada area terbuka ke water intake system yang terdiri dari pompa dan screen. Screen digunakan untuk memisahkan kotoran dan benda asing. Air yang sudah tersaring akan dialirkan ke *suction* pompa setelahnya melalui pipa masuk ke proses sedimentasi. Dalam proses sedimentasi terdapat proses pengendapan dan pemisahan lumpur yang masih terbawa, hal tersebut dapat menyebabkan gangguan *fouling*

dalam proses penyediaan air bebas mineral. Partikel besar dihilangkan melalui proses screening, sementara partikel kecil atau koagulan melalui proses klarifikasi. Proses klarifikasi diinjeksikan sodium hipoklorit (NaOCl) sebanyak 3 ppm untuk mematikan mikroorganisme. Kotoran dalam air sungai dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. 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.

2. Gas-gas yang terlarut

Gas-gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang, seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen dan CO_2 .

3. Zat yang tersuspensi

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

Pada proses penjernihan air ini digunakan bahan kimia seperti Larutan Alum (Aluminium Sulfat), Soda Kaustik (NaOH), dan Klorin/Kaporit. Bahan kimia tersebut berfungsi sebagai bahan penggumpal (*floculant*), pengatur pH, membunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme sehingga dapat memepermudah pembentukan flok. Air sungai yang telah di-treatment pada unit purification, selajutnya diolah pada unit filtrasi yaitu pada Sand Filter.

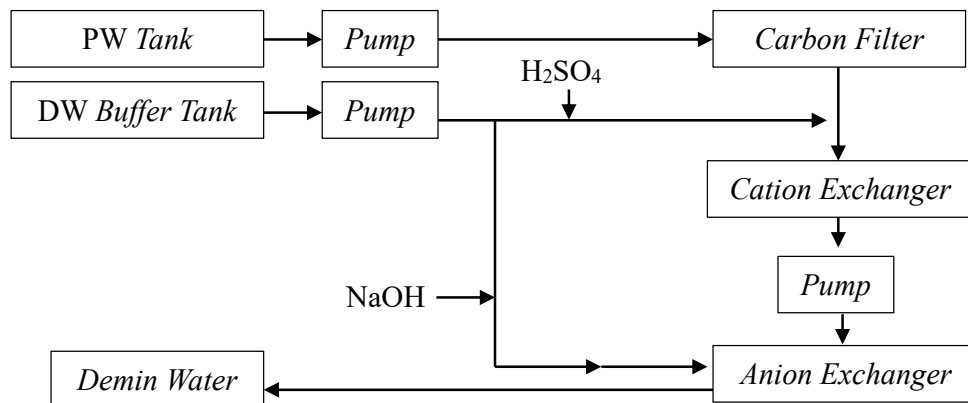
- b. Penyaringan (*Filtration*)

Air yang telah melalui penjernihan akan dilakukan filtrasi menggunakan sand filter. Kotoran yang dihilangkan merupakan bahan organik, warna, dan bakteri. Air hasil penjernihan turbiditasnya

menjadi 5 ntu. Penyaringan dengan *sand filter* berbentuk silinder vertikal. Jika *sand filter* telah jenuh akan dilakukan regenerasi secara berkala yaitu mencuci aliran balik dengan aliran yang lebih tinggi dari filtrasi agar kotoran terlepas dari permukaan filter untuk memperluas permukaan bidang penyaringan. Filtrat akan dialirkan tangki penyimpanan untuk membersihkan kotoran yang terbawa, diinjeksikan NaOH melalui pipa untuk mengatur pH yang akan masuk dalam tangki penyimpanan *filter*. Selain itu, diinjeksikan klorin sebagai pencegah pertumbuhan mikroorganisme.

c. Demineralisasi

Demineralisasi merupakan proses penghilangan mineral dalam air. Mineral tersebut berupa Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , dan SO_4^{2-} . Air yang sudah diproses disebut air demin (*deionized water*). Proses demineralisasi bertujuan untuk mengolah air filter dengan *ion exchanger* untuk menghilangkan ion, mineral, dan padatan sehingga menghasilkan air demin untuk digunakan sebagai air umpan *boiler*. *Ion exchanger* untuk pembebasan mineral terdiri dari *carbon active filter*, *cation exchanger*, dan *anion exchanger*.



Gambar 4. 2 Proses Demineralisasi

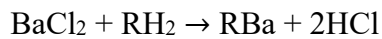
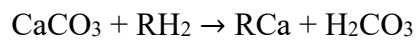
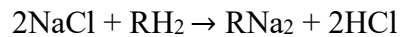
1. *Carbon active filter*

Air hasil filter dialirkan menuju *carbon filter* untuk menghilangkan klorin, bau, warna, dan zat organik. Media yang digunakan pada *carbon filter* merupakan karbon aktif. Hasil dari

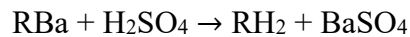
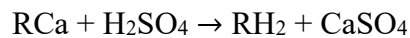
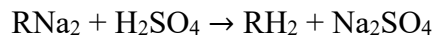
carbon filter memiliki Ph 6,8-7,7 yang selanjutnya diumpukan menuju *cation exchanger*.

2. *Cation Exchanger*

Cation exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion positif yang terlarut dalam air lunak. Alat ini berupa silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion. Resin yang digunakan adalah C249/S80 dengan notasi RH₂. Adapun reaksi terjadi di dalam *cation exchanger* adalah sebagai berikut:

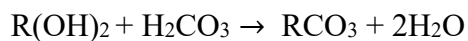
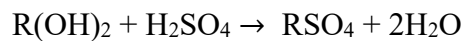
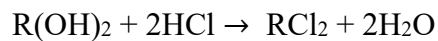


Apabila resin sudah jenuh, maka pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H₂SO₄ 2%, Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah sebagai berikut:

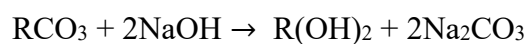
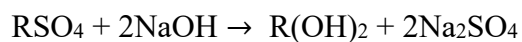
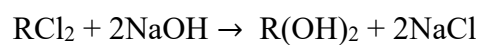


3. *Anion Exchanger*

Alat ini hampir sama dengan *cation exchanger*, namun memiliki fungsi yang berbeda yaitu mengikat ion-ion negatif yang ada dalam air lunak. Resin yang digunakan adalah jenis M-500 dengan notasi R(OH)₂. Reaksi yang terjadi di dalam *anion exchanger* adalah sebagai berikut:



Pencucian resin yang sudah jenuh digunakan larutan NaOH 4%. Reaksi yang terjadi saat regenerasi adalah sebagai berikut:

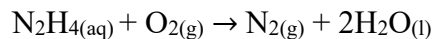


d. Deaerasi

Air yang sudah bebas dari ion-ion positif dan negatif kemudian dialirkan menuju tangki deaerator. Proses deaerasi bertujuan untuk menghilangkan gas terlarut, terutama oksigen dan karbon dioksida dengan cara pemanasan. Oksigen terlarut dapat menyebabkan korosi pada alat-alat proses. Gas ini kemudian dibuang ke atmosfer. Air bebas gas terlarut kemudian diumpankan menuju tangki penyimpanan air proses. Bahan-bahan yang ditambahkan untuk mencegah terjadinya korosi dan kerak, antara lain:

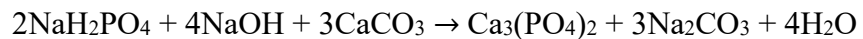
1. Hidrazin (N_2H_4)

Zat ini berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas terlarut terutama gas oksigen sehingga dapat mencegah korosi alat proses. Adapun reaksi yang terjadi adalah:



2. NaH_2PO_4

Zat ini berfungsi untuk mencegah timbulnya kerak. Reaksi yang terjadi adalah:



4.1.3 Kebutuhan Air

Penyediaan kebutuhan air baik untuk kebutuhan air proses, pendingin dan umpan *boiler* pada perancangan pabrik Sodium bikarbonat ini diperkirakan sebagai berikut:

a. Kebutuhan Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk mendinginkan agar menjaga suhu di dalam reaktor. Adapun untuk kebutuhan air pendingin dalam prarancangan pabrik ini adalah:

- Jumlah kebutuhan air pendingin sebesar = 96.809,98 kg/jam
- Densitas air pada 28°C (Perry & Green, 1997) = 996,233 kg/m³
- Jadi total kebutuhan air pendingin = 97,18 m³/jam
- Diperkirakan terjadi penguapan air saat proses pendinginan pada *cooling water* sebesar 10%
= 10% x 97,18 m³/jam

$$= 9,71 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Kebutuhan *make up* air pendingin

$$= (97,18 + 9,71) \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 106,89 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2565,45 \text{ m}^3/\text{hari}$$

b. Kebutuhan Air Sanitasi

Berikut jumlah kebutuhan air sanitasi yang dibutuhkan:

- Air untuk karyawan kantor

Kebutuhan air untuk karyawan sebesar 50 L/orang/hari (SNI 03-7065-2005)

Jumlah karyawan sebanyak = 362 orang

Sehingga air yang diperlukan sebanyak

$$= 50 \text{ L/hari} \times 362 \text{ orang}$$

$$= 18.100 \text{ L/orang/hari}$$

$$= 18,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Air untuk tamu, kontraktor, pekerja lepas, diasumsikan sebanyak 50 orang. Kebutuhan air sebanyak

$$= 50 \text{ L/hari} \times 50 \text{ orang}$$

$$= 2500 \text{ L/orang/hari}$$

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Air untuk laboratorium diperkirakan sebanyak = 2,5 m³/hari

- Air untuk pembersihan dan lain-lain = 10 m³/hari

- Total kebutuhan air untuk sanitasi sebanyak

$$= (18,1 + 2,5 + 2,5 + 10) \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 33,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c. Air *Hydrant*

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

Maka volume tangki penyimpanan minimum adalah:

$$V = Q \times t = 18,925 \text{ liter/menit} \times 30 \text{ menit}$$

$$= 567.750 \text{ L}$$

$$= 567,75 \text{ m}^3$$

4.2 Unit Pembangkit *Steam*

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

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Heater</i> (E – 142)	920,470
<i>Heater</i> (E – 050)	246,736
<i>Mixer</i> (M – 120)	52,472
Total	1219,679

Umpan *boiler* yang disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan *steam* yaitu total sebesar 1219,679 kg/jam. Untuk menjaga ketersediaan *steam* maka 20% ditambahkan untuk faktor kehilangan pada *steam*, sehingga jumlah *steam* total yang dibutuhkan adalah sebesar 1463,615 kg/jam. Jenis *boiler* yang digunakan adalah *water tube boiler* (air di dalam *tube* dan api di dalam *shell*). Digunakan *water tube boiler* karena memiliki efisiensi yang tinggi dan memiliki kapasitas yang besar. *Water tube boiler* memiliki kapasitas lebih dari 125.000 lbs/jam.

- Kebutuhan *steam* = 1.463,615 kg/jam = 3.226,715 lb/jam
- *Blowdown* pada air umpan boiler adalah sebesar 4-5%. Apabila presentase *blowdown* sebesar 5%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 5\% \text{ dari } \text{steam yang dihasilkan} \\ &= 5\% \times 3.226,715 \text{ lb/jam} \\ &= 161,336 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

- Umpan air masuk boiler

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} + \text{steam yang dihasilkan} &= (161,336 + 3.226,715) \text{ lb/jam} \\ &= 3388,050 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

- Kondensat yang kembali = 80% dari *steam* yang dihasilkan

$$= 0,8 \times 3.226,715 \text{ lb/jam}$$

$$= 2.581,371 \text{ lb/jam}$$
- Kondensat yang hilang = air masuk *boiler* – kondensat yang kembali

$$= (3.388,050 - 2.581,371) \text{ lb/jam}$$

$$= 806,678 \text{ lb/jam}$$
- *Make up boiler* = kondensat yang hilang + *blowdown*

$$= (806,678 + 161,336) \text{ lb/jam}$$

$$= 968,014 \text{ lb/jam}$$
- % *Make up boiler* = $\frac{\text{make up air}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\%$

$$= \frac{968,014 \text{ lb/jam}}{3.388,050 \text{ lb/jam}} \times 100\%$$

$$= 28,57\%$$
- % *Kondensat kembali* = $\frac{\text{kondensat yang kembali}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\%$

$$= \frac{2.581,371 \text{ lb/jam}}{3.388,050 \text{ lb/jam}} \times 100\%$$

$$= 76,190\%$$

Gambar 4. 3 Kebutuhan Air *Boiler*

Kebutuhan Air <i>Boiler</i>	Jumlah (lb/jam)
Kebutuhan steam	3.226,715
<i>Blowdown</i>	161,336
Umpan air masuk boiler	3.388,050
Kondensat yang kembali	2.581,371
Kondensat yang hilang	806,678
<i>Make up boiler</i>	968,014
Total	11.132,166

1. Perhitungan Kapasitas *Boiler*

Kapasitas *boiler* dihitung dengan persamaan:

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

Keterangan:

Q : Kapasitas *boiler* (BTU/jam)

m : Massa *steam* (lb/jam)

Hv : Entalpi uap *steam* (BTU/lb)

Hf : Entalpi *feed* (BTU/lb)

Berdasarkan buku (Kern, 1965), *make up* air pada T = 30°C (86°F) dari *steam* tabel didapat Hf = 57,99 Btu/lb. *Steam* yang digunakan merupakan *steam low pressure* dengan kondisi *steam* pada:

P = 4,76 bar

T = 150°C

dari *steam* tabel didapat:

hL (H sat liq) = 271 Btu/lb

hV (H sat vap) = 1180 Btu/jam

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

Hf = (0,2857 x H liq 30°C) + (0,7619 x H sat liq 150°C)

Hf = (0,2857 x 57,99) + (0,7619 x 271)

Hf = 223,042 Btu/lb

Q = m (hL – Hf)

Q = 3.226,715 (271 – 223,042)

Q = 154.764,798 Btu/jam

Menentukan Luas Perpindahan Panas

Boiler Saturated Steam

$$Hp = \frac{Q}{970,3 \times 34,5}$$

$$Hp = \frac{154.764,798 \text{ Btu/jam}}{970,3 \times 34,5}$$

$$Hp = 4,62 \text{ Hp}$$

Menentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft²/Hp, maka *total heating surface* sebesar, A = 10 ft²/Hp x 4,62 Hp = 46,23 ft²

4.3 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *boiler* dan generator. *Natural gas* diperoleh dari jaringan gas kota atau distributor LNG,

sedangkan bahan bakar solar diperoleh dari Penyedia BBM industri seperti Pertamina.

4.3.1 Perhitungan Bahan Bakar Boiler

Bahan bakar yang digunakan untuk *boiler* merupakan *Liquid Natural Gas*.

Menurut (Hougen & Watson, 1952), didapat:

Heating Value (NHV) = 19,676 Btu/lb

Densitas = 59,32 lb/ft³

Specific gravity = 0,67

Efisiensi *boiler* = 80%

Kebutuhan bahan bakar untuk boiler:

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

Keterangan:

Q = Beban panas

n = Efisiensi bahan bakar

Maka:

$$mf = \frac{154.764,798 \text{ Btu/jam}}{0,8 \times 19,676 \text{ Btu/lb}}$$

$$mf = 9.830,94 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} = 4.453,41 \text{ kg/jam}$$

Volume bahan bakar

$$V = \frac{\text{massa bahan bakar}}{\text{densitas bahan bakar}}$$

$$V = \frac{9.830,94 \text{ lb/jam}}{59,32 \text{ lb/ft}^3}$$

$$V = 165,73 \frac{\text{ft}^3}{\text{jam}} = 4,64 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka total bahan bakar per bulan = 139,21 m³/bulan

4.3.2 Perhitungan Bahan Bakar Generator

Spesifikasi Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar : Solar

Heating Value : 18.848 Btu/lb

Densitas : 49,83 lb/ft³

Efisiensi : 80%
Specific Gravity : 0,8691

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Generator} &= 500 \text{ kW} \times \frac{0,95 \frac{\text{Btu}}{\text{s}}}{1 \text{ kW}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \\ &= 1.710.000 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas Bahan Bakar} = \frac{1.710.000}{0,8 \times 0,8691 \times 18.848} = 130,488 \text{ lb/jam}$$

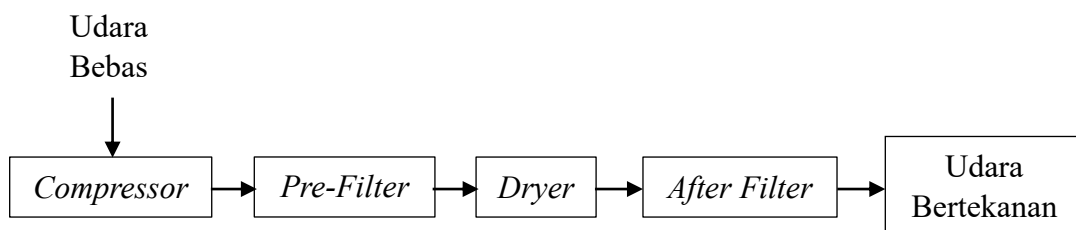
$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Solar} &= \frac{\text{Massa solar}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{130,488}{49,83} = 2,62 \text{ ft}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Berdasarkan data pemadaman di Indonesia pada *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) yakni terjadi pemadaman Listrik selama 6 – 13 jam/tahun, maka dapat dihitung perkiraan kebutuhan bahan bakar sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan solar} &= 2,62 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 13 \text{ jam/tahun} \\ &= 34 \text{ ft}^3/\text{tahun} \\ &= 963 \text{ liter}\end{aligned}$$

4.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit ini berfungsi sebagai penyedia udara tekan, udara tersebut akan mengonversi energi dengan cara memampatkan udara disekitarnya melalui alat *pneumatic*. Udara tekan berbahaya apabila dioperasikan langsung pada kondisi panas, bahan kimia berbahaya, dan tegangan listrik yang tinggi. Untuk memperoleh udara tekan menggunakan alat *screw compressor* untuk mengatur besar kecilnya udara yang dihasilkan.



Gambar 4. 4 Proses Pembentukan Udara Tekan

Kebutuhan udara bertekanan di pabrik ini dipenuhi oleh kompresor bertipe *screw compressor* yang digerakkan oleh motor dengan daya 175 kW. Kompresor ini memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dan kandungan *compressed air* lebih banyak dengan cara memberikan pelumasan pada bagian *screw* yang berputar dengan oli atau minyak pelumas sehingga berputar lebih cepat. Udara yang terkompresi kemudian disimpan dalam *surge drum* melalui tiga tahapan yaitu *dryer prefilter*, *instrument air dryer* dan *dryer after filter*. Tahapan- tahapan tersebut memiliki tujuan agar mengurangi kandungan minyak, debu dan kondensat yang terbawa dalam udara tekan. Tekanan udara tekan pada saat masuk yaitu 7 bar g dengan temperature 40°C dengan kandungan minyak maksimal 10 ppm. Waktu operasi dalam *dryer* selama 5 menit tiap vessel.

a. Perhitungan Daya Kompresor

Daya yang diperlukan kompresor dihitung dengan persamaan 4.2 (Branan, 1994)

$$Daya = \frac{\left(\frac{144}{33000}\right) \left(\frac{K}{K-1}\right) (P_1 Q_1) (r^{\frac{(K-1)}{K}} - 1)}{E_o}$$

Keterangan:

K	= <i>adiabatic exponent</i>	= 1,19
P ₁	= <i>suction pressure</i>	= 1 atm (14,7 psi)
Q ₁	= kapasitas aktual	= 35,67 ft ³ /menit
R	= <i>compression ratio</i> (P ₂ /P ₁)	= 4
E _o	= efisiensi kompresor	= 80%

Maka, daya kompresor yang dibutuhkan sebesar 5 hp.

b. Spesifikasi Kompresor

Tipe	: <i>Screw Compressor</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 58,65 m ³ /jam
Tekanan <i>suction</i>	: 1 atm
Tekanan <i>discharge</i>	: 6,91 atm (7 bar)
Suhu udara	: 40°C
Efisiensi	: 80%

Daya kompresor : 5 hp

Kebutuhan udara tekan dalam satu tahun adalah 464.508 m³/jam

4.5 Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik merupakan unit untuk mengonversi listrik menjadi tenaga mekanik untuk menggerakkan alat pada area proses dan utilitas. Listrik disuplai oleh PT PLN, selain itu untukantisipasi bila ada gangguan listrik, disuplai oleh generator berjenis bolak balik (AC) dengan 3 phase dengan pertimbangan tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar dan tegangan yang dapat dinaikkan atau diturunkan dengan trafo sesuai kebutuhan, tegangan listrik stabil, fleksibel untuk memilih voltase antara 380 V dan 220 V, kemampuan daya kerja yang besar, menekan biaya dan efisiensi alat apabila terjadi kerusakan salah satu trafo sehingga proses masih dapat terus berjalan, lebih awet, motor 3 fase harganya relatif lebih murah dan sederhana. Berikut ini merupakan kebutuhan listrik yang digunakan:

4.5.1 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	HP	Jumlah	Total HP
<i>Belt Conveyor I</i>	2	1	2
<i>Bucket Elevator</i>	2	1	2
<i>Mixer</i>	5,4	1	5,4
Pompa	7	2	14
<i>Expander</i>	4,8	1	4,8
<i>Rotary Drum Vacuum</i>			
<i>Filter</i>	6	1	6
<i>Screw Conveyor</i>	2	1	2
<i>Rotary Dryer</i>	15	1	15
<i>Belt Conveyor II</i>	2	1	2
<i>Bucket Elevator II</i>	2	1	2
Total			55,2

4.5.2 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	HP	Jumlah	Total HP
Pompa air sanitasi	2	3	6
Pompa Air pendingin	2	3	6
Pompa air demin	25	2	50
Pompa air <i>hydrant</i>	1	1	1
Pompa air unit deaerasi	30	2	60
Pompa injeksi bahan kimia	2	1	2
Compressor udara tekan	5	2	10
Total			135

Kebutuhan listrik total utilitas

= Listrik area proses + listrik area utilitas

= 55,2 Hp + 135 Hp

= 190,2 Hp = 142 kW

Ketersediaan listrik untuk overall desain ditambahkan 10% Maka,
total kebutuhan listrik = 156 kW

4.5.3 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Besarnya kebutuhan listrik yang digunakan untuk penerangan ditentukan melalui konsep *Luminous Efficacy* yaitu, tenaga radiasi Cahaya yang dikeluarkan lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area ditentukan sebagai berikut:

Lumen = Area x Lux

Area = Luas daerah yang membutuhkan cahaya (m²)

Lux = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m²)

Besarnya *lux* nilainya berbeda dengan area yang diberi penerangan. Dalam perancangan menggunakan *lighting handbook* dari Zumtobel Lighting Gmbh. *Lux* didapatkan dari SNI Sistem Pencahayaan SNI 03-6575-2001. Kebutuhan listrik ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik

Bangunan	Luas (m²)	Lux (lumen/m²)	Lumen
Pos Keamanan	72	150	10.800
Masjid	300	200	60.000
Poliklinik	150	250	37.500
Koperasi	225	200	45.000
Aula	360	150	54.000
<i>Training Centre</i>	234	250	58.500
Parkir Karyawan	400	50	20.000
Kantor	900	350	315.000
<i>Loading Bahan Baku</i>	360	100	36.000
<i>Storage Bahan Baku</i>	1.400	100	140.000
Area Proses	5.850	200	1.170.000
Utilitas	2.000	200	400.000
UPL	720	200	144.000
Area Perluasan	2.600	50	130.000
Penyimpanan Produk	1.400	100	140.000
Parkiran <i>Customer</i>	720	50	36.000
Laboratorium	180	500	90.000
<i>Control Room</i>	375	350	131.250
<i>HSE & Fire Safety</i>	180	350	63.000
Bengkel	195	150	29.250
TS (<i>Technical Service</i>)	180	350	63.000
Area Hijau	1.030	50	51.500
Jalan	13.184	50	659.200
Total	33.015		3.884.000

Lampu yang digunakan merupakan merk Philips dengan LED 19 Watt untuk area *indoor* dan 50 watt untuk area *outdoor* dimana masing-masing besar lumennya adalah 2300 lumen dan 4500 lumen. Dapat dihitung jumlah lampu dan total penerangan daya lampu sebagai berikut:

- Jumlah lumen di *indoor* = 1.237.300
- Jumlah lampu yang digunakan (*indoor*)

$$= \frac{1.237.300}{2300} = 537,96$$

$$= 537,96 \approx 537 \text{ lampu LED 19 watt yang digunakan}$$
- Daya lampu LED 19 watt

$$= 19 \times 537 \text{ lampu}$$

$$= 10.203 \text{ Watt}$$

$$= 10,203 \text{ kW}$$
- Jumlah lumen di *outdoor* = 2.646.700
- Jumlah lampu yang digunakan (*outdoor*)

$$= \frac{2.646.700}{4500} = 588,15$$

$$= 588,15 \approx 588 \text{ lampu LED 50 watt yang digunakan}$$
- Daya lampu LED 50 watt

$$= 50 \times 588 \text{ lampu}$$

$$= 29.400 \text{ watt}$$

$$= 29,4 \text{ kW}$$
- Total daya penerangan

$$= \text{Total daya lampu } indoor + \text{Total daya lampu } outdoor$$

$$= 39,603 \text{ kW}$$

4.5.4 Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara

Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara

Bangunan	Luas (m ²)
Pos Keamanan	72
Masjid	300
Poliklinik	150
Koperasi	225
Aula	360
<i>Training Centre</i>	234
Kantor	900
Laboratorium	180

<i>Control Room</i>	375
<i>HSE & Fire Safety</i>	180
TS (<i>Technical Service</i>)	180
Total	3156

Pendingin udara direncanakan menggunakan jenis *inverter*. Sebuah pendingin ruangan dengan ukuran 1 PK memerlukan daya listrik sebesar 520 watt. Luas area yang memerlukan pendingin ruangan adalah 3156 m². Sebuah pendingin udara ukuran 1 PK diperkirakan cukup untuk mendinginkan ruangan seluas 4 x 6 m². Sehingga dibutuhkan pendingin ruangan sejumlah $3156/24 = 131,5 = 132$ buah.

- Kebutuhan listrik = $132 \times 520 \text{ Watt}$
= 68640 Watt
= 68,640 kW
- Kebutuhan listrik di laboratorium = 20 kW
- Total kebutuhan listrik pabrik ditambahkan 10% sebagai keamanan
= Kebutuhan listrik total + kebutuhan penerangan + Daya AC +
listrik laboratorium
= $156 \text{ kW} + 39,603 \text{ kW} + 68,640 \text{ kW} + 20 \text{ kW}$
= $284, 243 \text{ kW} + 28,24 \text{ kW}$
= 311,33 kW

4.5.5 Kebutuhan Listrik untuk Generator

Listrik dalam keadaan darurat atau mengantisipasi hambatan listrik dari PT PLN maka listrik disuplai oleh *diesel emergency generator* yang digerakkan oleh pembakaran *petroleum oil* (solar). Kebutuhan listrik yang diperlukan oleh *diesel emergency generator*:

Spesifikasi generator

- Type = AC Generator
- Kapasitas = 200 kW
- Tegangan = 220/360 volt
- Efisiensi = 80%
- Frekuensi = 50 Hz

- Phase = 3 phase
- Jumlah = 1 buah
- Total kebutuhan daya
 - = Kebutuhan listrik keseluruhan pabrik + (50% x kebutuhan Listrik keseluruhan pabrik)
 - = 312,663 kW + (50% x 312,663 kW)
 - = 468,97 kW $\approx$ 500 kW
- Daya generator yang dibutuhkan
 - = $\frac{\text{Total kebutuhan daya}}{\text{jam} \times \text{Power factor}}$
 - = $\frac{500 \text{ kW}}{13 \times 0,8} = 48 \text{ kVA}$

4.6 Unit Laboratorium

Laboratorium memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran produksi dan menjaga mutu produk. Selain itu, laboratorium berfungsi dalam pengendalian pencemaran, baik udara maupun limbah cair. Secara umum, tugas utamanya meliputi:

- Mengontrol kualitas bahan baku agar sesuai standar.
- Menjamin mutu produk akhir sesuai spesifikasi.
- Menganalisis proses produksi terkait potensi pencemaran (udara, limbah cair, dan padat).
- Memeriksa kualitas air, termasuk air pendingin dan umpan boiler, yang berpengaruh langsung terhadap proses produksi.

Dengan data dari laboratorium, proses produksi dapat dikontrol dan kualitas limbah dapat dipantau sesuai baku mutu. Berikut adalah beberapa jenis analisis laboratorium yang dilakukan di pabrik sodium bikarbonat:

a) Analisis Mutu Bahan Baku

Dilakukan terhadap bahan baku utama seperti natrium karbonat (Na_2CO_3) dan karbon dioksida (CO_2). Analisis ini dilakukan saat bahan baku tiba untuk memastikan kualitasnya sesuai standar. Bahan baku yang tidak memenuhi spesifikasi dapat ditolak sebelum digunakan dalam proses produksi.

1. Uji Ion Pengotor (Cl^- dan SO_4^{2-}) – Spektrofotometri UV-Vis

Tujuan: Menentukan kadar kemurnian natrium karbonat dalam bahan baku

Peralatan:

- Timbangan analitik ($\pm 0,0001$ g)
- Gelas ukur, labu erlenmeyer 250 mL
- Buret, statif buret
- Pipet volumetrik dan pipet filler
- pH meter / indikator *methyl orange*
- Larutan HCl 0,1 N
- Indikator *methyl orange*
- Aquades

Cara Uji:

1. Timbang $\pm 0,5$ g *soda ash* kering, larutkan dalam 100 mL aquades.
2. Pipet 25 mL larutan tersebut ke dalam erlenmeyer.
3. Tambahkan 2–3 tetes indikator *methyl orange*.
4. Titrasi dengan HCl 0,1 N hingga perubahan warna dari kuning ke oranye muda.
5. Catat volume HCl yang digunakan.
6. Hitung kadar Na_2CO_3

Perhitungan

$$\% \text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times BM_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

2. Uji Kemurnian Soda Ash – Metode Titrasi Asam-Basa

Tujuan: Menentukan kandungan ion klorida dan sulfat sebagai pengotor dalam soda ash

Peralatan dan Bahan:

- Spektrofotometer UV-Vis
- Labu ukur, pipet, tabung reaksi
- Timbangan analitik

- *Water bath*
- Reagen untuk ion Cl^- (reagen $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ dan $\text{Hg}(\text{SCN})_2$)
- Reagen untuk ion SO_4^{2-} (reagen BaCl_2)
- Standar Cl^- dan SO_4^{2-}
- Aquades

Cara Uji:

Prosedur Uji Cl^-

1. Timbang 0,5 g soda ash, larutkan dalam 100 mL aquades, saring jika perlu.
2. Ambil 10 mL larutan, tambahkan reagen $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ dan $\text{Hg}(\text{SCN})_2$.
3. Inkubasi di *water bath* 10 menit.
4. Ukur absorbansi pada $\lambda = 480 \text{ nm}$.
5. Bandingkan terhadap kurva standar Cl^-

Prosedur Uji SO_4^{2-}

1. Ambil larutan hasil filtrasi seperti di atas.
 2. Tambahkan reagen BaCl_2 dalam kondisi asam.
 3. Ukur kekeruhan dengan spektrofotometer pada $\lambda = 420 \text{ nm}$ (atau metode turbidimetri).
 4. Bandingkan terhadap kurva standar SO_4^{2-}
3. Uji Kemurnian CO_2 – Metode *Gas Chromatography* (GC)

Tujuan: Menentukan kemurnian gas CO_2 serta mendeteksi gas pengotor seperti CO , CH_4 , O_2 , dan N_2

Peralatan dan Bahan:

- *Gas Chromatograph* (GC)
- Injektor gas otomatis atau manual
- Silinder gas CO_2
- Kolom GC

Cara Uji:

1. Kalibrasi GC menggunakan standar gas campuran.
2. Ambil sampel CO_2 dari silinder menggunakan injektor atau alat sampling gas.

3. Injeksi gas ± 1 mL ke dalam kolom GC.
4. Jalankan program GC, deteksi masing-masing komponen.
5. Identifikasi puncak berdasarkan waktu retensi.
6. Hitung % CO₂ dari luas puncak dan bandingkan dengan gas standar.

b) Analisis Produk Setengah Jadi

Dilakukan untuk menganalisa bahan setengah jadi yang diambil pada beberapa titik tertentu (*sampling point*) setiap 4 jam. Berikut prosedur pengujian produk jadi yang digunakan di laboratorium:

1. Pengujian Konsentrasi NaHCO₃ – Titrasi Asam-Basa

Tujuan: Menentukan kadar *sodium bicarbonate* dalam *slurry* hasil reaksi

Peralatan dan Bahan:

- Timbangan analitik
- Pipet volumetrik, buret, erlenmeyer
- pH meter atau indikator phenolphthalein
- Larutan HCl 0,1 N
- Indikator phenolphthalein
- Aquades

Cara Uji:

1. Ambil 25 mL slurry (setelah homogenisasi), encerkan dalam 100 mL aquades jika diperlukan.
2. Pipet 10–25 mL larutan tersebut ke erlenmeyer.
3. Tambahkan 2–3 tetes indikator phenolphthalein.
4. Titrasi dengan larutan HCl 0,1 N hingga warna merah muda hilang.
5. Hitung kadar NaHCO₃

2. Pengujian pH Larutan

Tujuan: Memastikan larutan berada dalam pH netral-ke-basa sesuai karakteristik reaksi NaHCO₃

Peralatan:

- pH meter digital

Cara Uji:

1. Kalibrasi pH meter dengan larutan buffer pH 4.00, 7.00, dan 10.00.
2. Ambil sampel slurry atau larutan NaHCO_3 , diamkan sampai suhu ruang.
3. Celupkan elektroda pH ke dalam sampel, aduk perlahan.
4. Catat nilai pH setelah stabil.

3. Uji Pengotor – Spektrofotometri / Ion Kromatografi

Tujuan: Mendeteksi keberadaan ion pengotor seperti Cl^- , SO_4^{2-} , dan Na^+ bebas.

Peralatan dan Bahan:

- Spektrofotometer UV-Vis atau Ion Chromatography
- Filter kertas / syringe filter
- Pipet otomatis
- Tabung reaksi / vial
- Reagen Cl^- dan SO_4^{2-} (atau larutan standar untuk kalibrasi)
- Aquades

Cara Uji:

1. Ambil *slurry*, saring atau sentrifugasi untuk memperoleh supernatan.
2. Ambil supernatan, analisis kandungan ion dengan spektrofotometri atau ion kromatografi sesuai metode yang divalidasi.
3. Bandingkan hasil dengan kurva standar atau nilai ambang batas yang diperbolehkan

4. Uji Viskositas – Viskometer Rotasi

Tujuan: Menilai kekentalan *slurry* untuk menentukan kesiapan proses filtrasi dan kristalisasi.

Peralatan:

- *Viscometer* rotasi digital
- Tabung silinder

Cara Uji:

1. Kalibrasi viskometer sebelum digunakan.
2. Masukkan ± 200 mL *slurry* ke dalam silinder uji.

3. Celupkan *spindle*, atur kecepatan sesuai SOP alat.
4. Catat nilai viskositas (cP atau mPa·s) setelah pembacaan stabil.

c) Analisis Produk Akhir

Dilakukan secara berkala, misalnya setiap 4 jam, untuk memantau kemurnian produk antara seperti sodium karbonat serta produk akhir sodium bikarbonat (NaHCO_3). Berikut prosedur pengujian produk jadi yang digunakan di laboratorium:

1. Penetapan Kadar Natrium Bikarbonat (NaHCO_3) – Titrasi Asam Basa
Pengujian dilakukan dengan metode titrasi menggunakan larutan HCl 0,1 N dan indikator *fenolftalein*, sesuai metode titrasi standar dalam SNI 06-6989.24-2005

Tujuan: Untuk mengetahui kadar zat aktif NaHCO_3 dalam produk akhir

Peralatan:

- Buret 50 mL
- Pipet volume 25 mL
- Erlenmeyer 250 mL
- Gelas ukur
- Corong kaca
- Timbangan analitik (ketelitian 0,1 mg)
- Larutan HCl 0,1 N
- Indikator *fenolftalein*
- Air suling

Cara Uji:

1. Timbang $\pm 0,5$ gram sampel sodium bikarbonat secara akurat menggunakan neraca analitik.
2. Larutkan dalam 100 mL air suling di dalam erlenmeyer.
3. Tambahkan 2–3 tetes indikator *fenolftalein*.
4. Titrasi dengan larutan HCl 0,1 N hingga larutan berubah dari merah muda menjadi bening.
5. Catat volume larutan HCl yang digunakan.
6. Ulangi titrasi minimal 2 kali untuk validasi hasil

Perhitungan:

$$\%NaHCO_3 = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times BM_{NaHCO_3}}{Berat\ sampel} \times 100\%$$

2. *Water Content Tester*

Pengujian dilakukan dengan mengacu pada SNI 82017:2016. Kadar air dihitung berdasarkan bobot yang hilang selama pemanasan pada temperatur $110 \pm 2^\circ\text{C}$ dalam waktu kurang lebih 2 jam.

Tujuan: Untuk menganalisis kadar air dalam produk sodium bikarbonat.

Peralatan:

- Oven dengan ketelitian $\pm 1^\circ\text{C}$
- Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
- Desikator yang berisi *silica gel*
- Cawan petri

Cara Uji:

1. Panaskan cawan petri beserta tutupnya dalam oven pada temperatur $110 \pm 2^\circ\text{C}$ selama ± 1 jam, lalu dinginkan dalam desikator selama 20–30 menit. Timbang cawan dan tutupnya (W_0).
2. Masukkan ± 20 g sampel ke dalam cawan, tutup dan timbang (W_1).
3. Panaskan cawan berisi sampel dalam oven $110 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 2 jam.
4. Setelah 2 jam, angkat dan dinginkan kembali dalam desikator 20–30 menit, lalu timbang ulang (W_2).
5. Ulangi proses pemanasan dan penimbangan hingga diperoleh bobot tetap.

Perhitungan:

$$\%Kadar\ Air = \frac{W_1 \times W_2}{W_1 \times W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W_0 = bobot cawan kosong + tutupnya (gram)

W_1 = bobot cawan + tutup + sampel sebelum pengeringan (gram)

W_2 = bobot cawan + tutup + sampel sesudah pengeringan (gram)

3. Pengukuran pH Larutan Sodium Bikarbonat

Pengujian dilakukan sesuai standar pengujian larutan kimia dalam SNI, menggunakan pH meter digital yang terkalibrasi.

Tujuan: Untuk mengetahui tingkat keasaman/basaan produk sodium bikarbonat

Peralatan:

- pH meter digital
- *Buffer* standar pH 4, 7, dan 10
- *Beaker* gelas 100 mL
- Gelas ukur
- Air suling
- Batang pengaduk

Cara Uji:

1. Larutkan 10 gram sampel sodium bikarbonat dalam 100 mL air suling di beaker.
2. Kalibrasi pH meter menggunakan larutan *buffer* standar (pH 4, 7, dan 10).
3. Celupkan elektroda pH meter ke dalam larutan sampel, aduk perlahan dan tunggu sampai pembacaan stabil.
4. Catat nilai pH yang ditunjukkan.
5. Bilas elektroda dengan air suling setelah digunakan.

d) Analisis Sistem Utilitas

Laboratorium juga menganalisis kualitas air dan sistem pendukung produksi, meliputi:

- Air proses: pH, kandungan silikat (SiO_2), kalsium (CaCO_3), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), dan total zat padat terlarut
- Resin penukar ion: dianalisis untuk kesadahan (CaCO_3) dan kandungan silikat
- Air demineralisasi: diperiksa pH, kesadahan, kandungan oksigen terlarut, dan zat besi (Fe)
- Air boiler: dianalisis terhadap pH, zat padat terlarut, kandungan Fe, oksigen, kalsium karbonat, dan silikat
- Air minum: diuji pH, sisa klorin, dan tingkat kekeruhan

- Air limbah: dianalisis pH, kekeruhan, COD, BOD, dan kandungan logam berat seperti Fe

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah bertujuan mengurangi pencemaran agar aman dibuang dan memenuhi standar mutu limbah yang ditetapkan pemerintah (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup). Limbah pabrik sodium bikarbonat (*baking soda*) meliputi:

4.7.1 Limbah Cair

Pengolahan limbah berasal dari kegiatan proses dalam produksi sodium bikarbonat (*baking soda*). Dalam pengolahan limbah ini, terdapat parameter limbah cair yang ditetapkan agar limbah yang dibuang tidak menimbulkan bahaya bagi lingkungan. Berikut ini adalah parameter limbah cair tersebut:

Tabel 4. 9 Parameter Limbah Cair				
Parameter		Batas	Satuan	
		Maksimum		
BOD	(<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	100	mg/l	
COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)		250	mg/l	
TSS (<i>Total Suspended Solids</i>)		100	mg/l	
Minyak dan Lemak		25	mg/l	
pH		6,0 – 9,0	-	

Limbah cair proses produksi sodium bikarbonat (*baking soda*) dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah (*waste water treatment plant*). Berikut adalah tahap-tahap pengolahan limbah cair:

1. Limbah cair proses produksi

Limbah dari proses pembuatan sodium bikarbonat, termasuk sisa reaksi kimia dan bilasan alat. Mengandung natrium bikarbonat tak terproses dan bahan kimia lain. Parameter yang perlu diperiksa antara lain pH, total padatan terlarut (TDS), kadar natrium, dan kandungan bahan kimia berbahaya lain yang mungkin ada.

2. Air berminyak dari pompa

Air limbah yang terkontaminasi oleh oli atau minyak pelumas akibat kebocoran atau pelumasan pada pompa dan peralatan mekanik. Limbah ini berpotensi mencemari lingkungan karena kandungan minyaknya yang sulit terurai. Parameter penting yang biasanya diukur adalah kandungan minyak dan lemak, kadar bahan organik (BOD dan COD), serta total padatan tersuspensi (TSS).

3. Air limbah sanitasi

Air limbah domestik yang berasal dari fasilitas kebersihan seperti toilet dan kamar mandi di area pabrik. Limbah ini mengandung bahan organik dan mikroorganisme yang perlu diolah agar tidak menimbulkan pencemaran biologis. Parameter utama yang dipantau adalah BOD, COD, jumlah mikroorganisme, dan pH.

4.6.2 Limbah Padat

Pengolahan limbah padat di pabrik sodium bikarbonat dilakukan untuk memastikan sisa padatan tidak mencemari lingkungan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *heap leaching*, di mana padatan dilarutkan dalam larutan kimia dalam kondisi basa untuk mengekstrak zat berbahaya. Senyawa yang terbentuk diserap oleh karbon aktif dan kemudian diproses pada suhu tinggi, menghasilkan residu padat (*slurry*) yang lebih aman untuk dibuang.

4.6.3 Limbah Gas

Pengolahan limbah gas di pabrik sodium bikarbonat dilakukan untuk mencegah bahaya ledakan dan pencemaran. Gas terlebih dahulu melewati proses *scrubbing*, di mana disemprot air untuk mengikat gas berbahaya. Air bekas scrubbing dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah, sementara gas tersisa dibakar di *flare stack* sebelum dibuang ke atmosfer.