

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau unit utilitas merupakan unit penunjang dari suatu proses utama pabrik, utilitas ini sangat penting dalam pelaksanaan operasi dan proses (Bachtiar&Muwaffaq, 2021). Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat adalah:

1. Unit Penyediaan Air

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

2. Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

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

3. Unit Penyediaan *Thermal Fluid*

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

4. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

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

5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

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

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

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

7. Laboratorium

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Kebutuhan air baku pada pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat yang terlebih dahulu di *pretreatment* direncanakan berasal dari Sungai Brantas yang pengelolaannya berada di bawah kewenangan Perum Jasa Tirta I. Pemanfaatan sumber daya air tersebut mengacu pada Undang-Undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, khususnya Pasal 6 yang menyatakan bahwa sumber daya air dikuasai oleh negara dan digunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat, serta Pasal 49 ayat (1) yang menegaskan bahwa setiap orang atau badan usaha yang melakukan pemanfaatan sumber daya air wajib memperoleh izin dari pemerintah.

Selain itu, pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, khususnya Pasal 82 sampai Pasal 84 yang mengatur

mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, serta kewajiban pemenuhan baku mutu lingkungan.

Dalam pelaksanaannya, pengambilan air dilakukan setelah memperoleh izin pengambilan air permukaan (SIPA) dari instansi berwenang serta rekomendasi dari Perum Jasa Tirta I. Besarnya debit air yang diambil disesuaikan dengan kebutuhan operasional pabrik dengan tetap memperhatikan ketersediaan air dan kelestarian lingkungan.

Air baku yang diperoleh akan diolah terlebih dahulu untuk memenuhi standar kualitas air, sedangkan limbah cair yang dihasilkan akan diolah melalui instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sebelum dibuang ke badan air, sehingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan tidak mencemari lingkungan.

Air bagi suatu industri adalah bahan penunjang baik untuk kegiatan langsung atau tak langsung. Menurut Setiadi (2016) penggunaan air di industri biasanya untuk mendukung beberapa sistem, antara lain:

- Sistem pembangkit uap (boiler)
- Sistem pendingin
- Sistem pemroses (air proses)
- Sistem pemadam kebakaran
- Sistem air minum

Persyaratan kualitas air yang dapat digunakan dalam industri berbeda-beda tergantung kepada tujuan penggunaan air tersebut. Air yang berasal dari alam pada umumnya belum memenuhi persyaratan yang diperlukan sehingga harus menjalani proses pengolahan lebih dahulu. Sumber air pada pabrik sodium sulfat dekahidrat diperoleh dari air Sungai Brantas, Jawa Timur. Pengolahan air sungai di luar titik penggunaan air yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan impurities dilakukan dengan beberapa cara antara lain :

- Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu proses yang bertujuan memisahkan/mengendapkan zat-zat padat atau suspensi non-koloidal dalam air. Pengendapan dapat dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Cara yang sederhana adalah dengan membiarkan padatan mengendap dengan sendirinya. Setelah partikel-partikel mengendap, maka air yang jernih dapat dipisahkan dari padatan yang semula tersuspensi di dalamnya.

- Klarifikasi

Proses klarifikasi bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, baik yang kasar, halus atau bersifat koloid. Proses ini mencakup koagulasi, flokulasi dan sedimentasi yang masing-masing

merupakan langkah-langkah tersendiri dengan persyaratan tertentu yang harus dipenuhi untuk memperoleh hasil yang dikehendaki.

- Aerasi

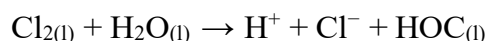
Aerasi adalah proses mekanis pencampuran air dengan udara. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut :

- Membantu dalam pemisahan logam-logam yang tak diinginkan seperti besi (Fe) dan mangan (Mn).
- Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air terutama yang bersifat korosif. Contoh gas seperti ini adalah CO₂ yang dapat menurunkan pH air sehingga membantu proses korosi pada logam.
- Menghilangkan bau, rasa dan warna yang disebabkan oleh mikroorganisma. Penurunan kualitas air tersebut disebabkan oleh bahan organik yang mengalami dekomposisi, sisa-sisa atau bahan-bahan hasil metabolisme mikroba.

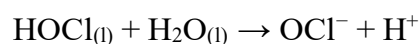
4.1.1 Unit Pengolahan Air

Unit air sanitasi terdapat penambahan desinfektan ke dalam air pada unit air sanitasi ini dengan tujuan untuk membunuh mikroorganisme yang terkandung dalam air sehingga aman untuk kebutuhan sehari-hari (konsumsi dan mandi). Desinfektan yang biasa digunakan yaitu Ca(ClO)₂ atau kaporit yang berfungsi untuk mencegah berkembang biaknya bakteri pada sistem distribusi air sanitasi. Pemilihan kaporit ini didasari karena sering digunakan sebagai desinfektan, memiliki harga yang relatif murah, serta mempunyai daya desinfeksi yang bertahan lama. Reaksi penambahan desinfektan terjadi ketika klorin dalam air membentuk asam hipoklorit (HOCl) yang bersifat sebagai agen oksidator kuat dalam membunuh mikroorganisme.

Selain proses desinfeksi, dilakukan pula tahap koagulasi dan flokulasi untuk membantu penghilangan partikel tersuspensi dalam air. Pada tahap ini, partikel-partikel kecil akan bergabung membentuk flok yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan. Selanjutnya, air dialirkan ke unit sedimentasi untuk proses pengendapan, di mana flok yang terbentuk akan mengendap sebagai lumpur. Lumpur hasil pengendapan kemudian dipisahkan dari air jernih dan dibuang atau diolah lebih lanjut, sehingga diperoleh air yang lebih bersih dan layak digunakan. Berikut adalah reaksi penambahan desinfektan :



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi sebagai berikut:



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 4.1 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

4.1.2 Unit Penyediaan Air

Air cooling dapat dibuat dengan cara mengambil dari air softening yang kemudian dialirkan menuju cooling tower untuk menurunkan suhunya hingga suhu yang diinginkan. Air cooling harus mempunyai sifat-sifat yang tidak mudah korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Maka dari itu untuk mengatasi permasalahan tersebut air cooling diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak
- Orto-fosfat, untuk mencegah korosi
- Chlorine, untuk membunuh mikroorganisme
- Zat dispersant, untuk mencegah pengendapan fosfat
- Asam sulfat, untuk mengatur keasaman

Air cooling ini akan didistribusikan dan digunakan untuk condenser dan juga cooler.

a. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan, laboratorium, perkantoran, dan keperluan lainnya. Penyediaan air sanitasi pada pabrik ini mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, khususnya Pasal 8 mengenai klasifikasi mutu air dan Pasal 9 mengenai baku mutu air, serta Pasal 13 dan Pasal 14 yang mengatur kewajiban menjaga kualitas air dan larangan pencemaran. Oleh karena itu, air yang digunakan harus memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan agar aman untuk kebutuhan sanitasi.

Jumlah air sanitasi yang dibutuhkan pada pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat adalah sebagai berikut:

- Untuk keperluan karyawan : 120 liter/hari.orang

- Jumlah karyawan = 87 orang
- Jam Kerja Karyawan = 8 jam/hari
- Densitas air = 1000 kg/m³

Air sanitasi untuk karyawan

Kebutuhan harian : $Q = \frac{120 \times 87}{8} = 10.440 \text{ l/hari}$

Flow rate saat operasi (8 jam)

$$Q_{jam} = \frac{Q_{hari}}{waktu \text{ operasi}} = \frac{10.440}{8} = 1305 \text{ l/jam}$$

$$= 1305 \text{ kg/jam}$$

Maka pemakaian air sanitasi untuk karyawan yaitu 1305 kg/jam.

b. Kebutuhan air untuk laboratorium

Kebutuhan air untuk laboratorium akan direncanakan 20% dari kebutuhan karyawan sehingga kebutuhan air sanitasi untuk laboratorium adalah:

$$Air \text{ sanitasi untuk laboratorium} = 20\% \times 1305 \frac{kg}{jam}$$

$$= 261 \frac{kg}{jam}$$

c. Kebutuhan air untuk hidran kebakaran dan cadangan air

Kebutuhan air untuk hidran sebesar 140% dari kebutuhan air sanitasi (kebutuhan air karyawan + kebutuhan air laboratorium), sehingga kebutuhan air untuk hidran dan cadangan adalah:

$$Air \text{ sanitasi untuk hidran dan cadangan} = 140\% \times (1305 \frac{kg}{jam} + 261 \frac{kg}{jam})$$

$$= 2192 \frac{kg}{jam}$$

Berdasarkan beberapa rincian kebutuhan air diatas, dapat dihitung jumlah total kebutuhan air sanitasi pada pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat adalah :

Jumlah kebutuhan air sanitasi = 1305 + 261 + 2192 = 3758 kg/jam

d. Air Pendingin (Cooling Water)

Air pendingin pada pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat sebagai berikut:

Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan Air Pendingin (kg/jam)
1	Heat Exchanger	737.222,2

No	Nama Alat	Kebutuhan Air Pendingin (kg/jam)
2	Crystallizer	486,639,5
Total		1.223.861

Diperkirakan air yang hilang sekitar 120% sehingga total kebutuhan air pendingin sebesar $1,2 \times 1.223.861 \text{ kg/jam} = 1.468.633,2 \text{ kg/jam}$ atau $1468 \text{ m}^3/\text{jam}$.

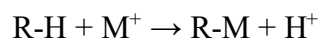
e. Air Proses

Air proses pada pabrik sodium sulfat dekahidrat menggunakan air yang telah melalui proses ion exchange dengan menggunakan resin kation, decarbonator, dan resin anion (Kardjono, 2007).

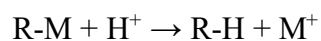
Air hasil proses ion exchange diharapkan dapat terbebas dari kandungan mineral seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , dan lain-lain. Untuk tahapan proses ion exchanger adalah sebagai berikut:

1. Proses kation exchanger

Proses ini adalah proses pengikatan ion kation (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) dengan cara menukarkan ion tersebut dengan ion H^+ melalui resin kation. Adapun prinsip reaksi resin penukar ion positif akan menyerap ion menyerap ion mineral bermuatan positif (M^+) dan resin kation akan melepaskan ion hydrogen sesuai dengan reaksi sebagai berikut:

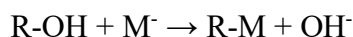


Resin kation yang telah mencapai titik jenuhnya akan menyebabkan kemampuan untuk mengikat mineral tersebut rendah sehingga banyak mineral yang lolos. Kejenuhan resin dapat diketahui dengan meningkatnya konduktivitas air yang dihasilkan, maka dari itu harus diregenerasi dengan menggunakan larutan asam kuat HCl untuk menghilangkan mineral-mineral yang terikat pada resin kation. Reaksi regenerasinya adalah sebagai berikut:

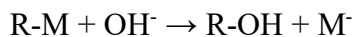


- Setelah melewati resin kation, air dialirkan menuju decarbonator untuk menghilangkan kandungan CO_2 .
- Selanjutnya menuju proses anion exchange dimana terjadi proses pengikatan ion HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , dan HSiO_3^- , dengan cara menukarkan ion tersebut dengan ion OH^- melalui resin anion. Adapun prinsip reaksi resin penukar ion negatif akan menyerap ion mineral bermuatan negatif (M^-) dan resin anion akan melepaskan ion OH^- (hidroksil) sesuai

dengan reaksi sebagai berikut :



Resin anion yang telah mencapai titik jenuhnya harus diregenerasi dengan menggunakan larutan NaOH, reaksi regenerasinya adalah sebagai berikut:



Setelah melalui kolom resin anion, air proses akan ditampung pada tangki air sebelum akhirnya didistribusikan menuju reaktor dan juga unit boiler (Kardjono, 2017).

Air proses pada pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat digunakan untuk kebutuhan air umpan reaktor (R-01) dengan jumlah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kebutuhan Air Proses

No	Nama Alat	Kebutuhan Air Proses (kg/jam)
1	Reaktor	1.420.408.6
Total		1.420.408.6

Jadi kebutuhan air proses yaitu sebesar 1.420.408.619 kg/jam

Dari rincian diatas, dapat dihitung jumlah total air keseluruhan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Total Air Keseluruhan yang Dibutuhkan

Macam Air	Kebutuhan (kg/jam)
Air Sanitasi	
i. Untuk Karyawan	1305
ii. Untuk Laboratorium	261
iii. Untuk Hydran dan cadangan	2192
Air Pendingin	1.468.633,2
Air Umpan Boiler	16.382
Air Proses	1.420.408,6
Total	2.909.181,8

Jadi total air keseluruhan yang dibutuhkan adalah 2.909.181,8 kg/jam.

4.2 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik Sodium Sulfat ini direncanakan diperoleh dari:

- Suplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN)

PT. PLN Nusantara Power Gresik akan memenuhi kebutuhan listrik pada pabrik sodium sulfat dekahidrat ini. Pengoperasian pembangkitnya dari 5 PLTG, 1 PLTU, dan 3 PLTGU dengan jumlah total kapasitas 2.219 MW.

b. Pembangkit tenaga listrik sendiri (Generator Set) sebagai cadangan. Generator yang digunakan adalah generator bolak-balik dengan pertimbangan:

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan dengan trafo sesuai kebutuhan Generator AC yang digunakan adalah jenis 3 phase yang memiliki keuntungan:
 1. Tegangan listrik stabil
 2. Daya kerja lebih besar
 3. Kawat penghantar lebih sedikit
 4. Motor yang digunakan relatif murah dan sederhana

Kebutuhan listrik untuk pabrik Sodium Sulfat meliputi:

- a. Listrik untuk keperluan proses, utilitas dan pengolahan limbah
- b. Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC
- c. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium dan instrumentasi

a. Listrik untuk Keperluan Proses, Utilitas dan Pengolahan Limbah

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses dapat diperkirakan melalui tabel berikut:

- Keperluan Proses

Tabel 4.5 Kebutuhan Listrik untuk Proses

Nama Alat	Daya (HP)	Jumlah	Total Daya (HP)
Pompa Tangki Penampung H ₂ SO ₄	7	1	7
Pompa Tangki Fuel Oil	7	1	7
Pompa Reaktor	7	1	7
Pompa Filter Press	7	1	7
Total			28

- Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
Pompa Umpan Air Reaktor	2	2	2
Pompa Air Sanitasi	2	2	2
Kompresor Udara Tekan	100	2	100
Pompa Unit Hydrant	1	4	4
Total			108

- Kebutuhan untuk Pengolahan Limbah

Kebutuhan listrik untuk pengolahan limbah diperkirakan = 25 HP

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan} &= \text{Listrik proses} + \text{Listrik utilitas} + \text{Listrik pengolahan limbah} \\
&= 28 + 108 + 25 \\
&= 161 \text{ HP}
\end{aligned}$$

Jika diketahui 1 HP = 0,7475 kW, maka *power* yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Power} = 161 \times 0,7475 = 120,3475 \text{ kW}$$

b. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC

- Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan konsep *Luminous Efficacy*, yaitu tenaga radiasi Cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam untuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Lumen} = \text{Area} \times \text{Lux}$$

Dimana:

Area = luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m^2)

Lux = kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m^2)

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar AS/NZS 1680.2.2- *Interior and Workplace Lighting*.

Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

No	Area Penerangan	Luas (m^2)	Lux (Lumen m^2)	Lumen
1.	Pos Keamanan	20	150	3.000
2.	Kantin	120	200	24.000
3.	Kantor	500	300	150.000
4.	Mushola	40	200	8.000
5.	Tempat parkir *	230	80	18.400
6.	Taman*	80	40	3.200
7.	Area proses	500	300	150.000
8.	Ruang control	240	300	72.000
9.	Laboratorium	120	300	36.000
10.	Gudang	320	150	48.000
11.	Parkir truk*	650	80	52.000
12.	Bengkel	130	150	19.500
13.	Pengolahan limbah*	550	250	137.000
14.	Perluasan*	5.000	40	200.000

No	Area Penerangan	Luas (m ²)	Lux (Lumen m ²)	Lumen
15	Utilitas*	1.500	200	300.000
	Total	10.000	1.600	1.221.600

*) area diluar ruangan

Lampu yang direncanakan untuk semua area dalam bangunan (*indoor*) menggunakan lampu *Light-Emitting Diode* (LED) Philips 20 watt. Lumen output tiap lampu adalah 2100 Lumen.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah lumen didalam ruangan} &= 510.500 \text{ Jumlah} \\
 \text{lampu yang dibutuhkan} &= 510.500 / 2.100 \\
 &= 243,1 \text{ buah} \\
 &= 244 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Area diluar ruangan (*outdoor*) digunakan lampu Mercury 250 watt. Output tiap lampu adalah 10.000 lumen (Perry, hal 17-58).

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah lumen didalam ruangan} &= 711.100 \\
 \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} &= 711.100 / 10.000 \\
 &= 71,11 \text{ buah} \\
 &= 72 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total daya penerangan} &= (20 \text{ watt} \times 244) + (250 \text{ watt} \times 72) \\
 &= 22.880 \text{ W} \\
 &= 22,88 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Kebutuhan Listrik untuk AC

No	Ruangan yang butuh AC	Luas (m ²)
1.	Kantor	500
2.	Ruang control	240
3.	Laboratorium	120
	Total	860

Air Conditioner direncanakan menggunakan AC inverter LG. Sebuah AC 2 pKa LG memerlukan daya listrik sebesar 1540 watt. Sebuah AC diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan seluas 35 m². Sehingga dibutuhkan AC sejumlah:

$$\begin{aligned}
 \text{AC yang dibutuhkan} &= 860 \text{ m}^2 / 35 \text{ m}^2 \\
 &= 24,6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$= 25 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Listrik yang dibutuhkan} &= 25 \text{ buah} \times 1540 \text{ watt/buah} \\ &= 38500 \text{ W} \\ &= 38,5 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi digunakan SNI 03-6197-2000:

$$\text{Laboratorium} = 20 \text{ kW}$$

$$\text{Instrumentasi} = 20 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik} &= \text{Proses} + \text{Penerangan} + \text{AC} + \text{Laboratorium} + \text{Instrumentasi} \\ &= 120,3475 + 22,88 + 38,5 + 20 + 20 \\ &= 221,7275 \text{ kW} \end{aligned}$$

Faktor keamanan dipilih 10% dari total kebutuhan, maka total kebutuhan listrik sebesar:

$$\begin{aligned} &= 10\% \times 221,7275 \text{ kW} \\ &= 22,727 \text{ Kw} \end{aligned}$$

d. Generator

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut diatas, maka digunakan generator yang merupakan cadangan sumber energi listrik apabila listrik dari PLN mengalami gangguan. Generator yang digunakan memiliki efisiensi 80%.

$$\text{Input generator} = 22,727 / 0,80 = 28,408 \text{ kW}$$

Ditetapkan input generator sebesar 400 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia

$$= 1000 - 28,408$$

$$= 971,592 \text{ kW}$$

- Spesifikasi Generator

$$\text{Type} = \text{AC Generator}$$

$$\text{Kapasitas} = 400 \text{ kW}$$

$$\text{Tegangan} = 220/360 \text{ volt}$$

$$\text{Efisiensi} = 80\%$$

$$\text{Frekuensi} = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{Phase} = 3 \text{ phase}$$

$$\text{Jumlah} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Bahan Bakar} = \text{Solar}$$

- Spesifikasi Bahan Bakar

$$\text{Jenis Bahan Bakar} = \text{Solar}$$

Heating Value = 19,448 Btu/lb

Densitas = 49,83 lb/ft³

Efisiensi = 80%

Specific gravity = 0,8691

$$Kapasitas\ generator = 400\ kW \times \frac{3412\ Btu/s}{1\ kW} \times \frac{3600\ s}{1\ jam} = 1364800\ Btu/jam$$

$$Kebutuhan\ Bahan\ Bakar = \frac{1364800\ Btu/jam}{0,8 \times 19,448} = 1706000\ \frac{btu}{jam} = 87,7\ \frac{lb}{jam}$$

$$Kebutuhan\ Solar = \frac{Massa}{Densitas} = \frac{87,7\ lb/jam}{49,83\ lb/ft^3} = 1,76\ \frac{ft^3}{jam} = 4224\ ft^3/tahun$$

4.3 Unit Penyediaan *Thermal Fluid*

Air thermal fluid dapat dibuat dengan cara mengambil dari air softening yang kemudian dialirkan menuju cooling tower untuk menurunkan suhunya hingga suhu yang diinginkan. *Air thermal fluid* harus mempunyai sifat-sifat yang tidak mudah korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Maka dari itu untuk mengatasi permasalahan tersebut air cooling diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

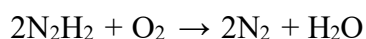
- Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak
- Orto-fosfat, untuk mencegah korosi
- Chlorine, untuk membunuh mikroorganisme
- Zat dispersant, untuk mencegah pengendapan fosfat
- Asam sulfat, untuk mengatur keasaman

Air thermal fluid ini akan didistribusikan dan digunakan untuk condenser dan juga cooler.

4.4 Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

Bahan baku untuk pembentukan steam dapat diperoleh dari unit demineralisasi yang mengalami pengolahan lanjut sebelum diubah menjadi steam pada unit boiler. Air dari unit demineralisasi harus diolah lebih lanjut karena, air tersebut masih mengandung zat-zat terlarut, terutama CO₂ dan O₂ yang menyebabkan korosi sehingga gas tersebut harus dihilangkan dengan cara memasukan ke dalam deaerator. Pada deaerator diinjeksikan :

- Hydrazin, untuk mengikat oksigen dengan reaksi sebagai berikut:



Nitrogen sebagai hasil reaksi Bersama-sama dengan gas lain dipisahkan dengan

stripping uap bertekanan rendah.

- Larutan ammonia yang berfungsi mengontrol pH

Air yang keluar dari deaerator memiliki pH sekitar 8,5-9,5. Air tersebut kemudian dialirkan kedalam air boiler yang selanjutnya akan diinjeksikan 61 larutan fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$) untuk mencegah terbentuknya kerak dan kalsium.

- Sebelum diumpan ke unit boiler air ditambahkan dispersan untuk mencegah penggumpalan pospat.

Air yang akan diumpankan 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 4.9 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

4.4.1 Kebutuhan Bahan Bakar Boiler

- Air Umpan Boiler

Kebutuhan air umpan boiler akan direncanakan 120% dari total kebutuhan steam sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah:

Tabel 4.10 Kebutuhan Air Umpan Boiler

No	Nama Alat	Kebutuhan Steam (kg/jam)
1	Heater	13.652
Total		13.652

$$\text{Kebutuhan air umpan boiler} = 120\% \times 13.652 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} = 16.382 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

Jadi kebutuhan air umpan boiler yaitu sebesar 16.382 kg/jam.

4.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

a. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar pada Furnace

Bahan bakar yang digunakan sebagai bahan bakar furnace adalah metana. Pemilihan bahan bakar ini didasarkan pada pertimbangan ekonomis karena harganya relatif lebih murah serta memiliki nilai kalor yang tinggi dan pembakaran yang lebih bersih. Metana umumnya diperoleh dari gas alam yang didistribusikan melalui jaringan pipa atau dalam bentuk compressed natural gas (CNG) maupun liquefied natural gas (LNG), tergantung pada ketersediaan infrastruktur di lokasi pabrik.

Distribusi gas metana ke lokasi pabrik dilakukan melalui jaringan perpipaan dari pemasok gas yang terhubung langsung ke area fasilitas industri. Gas dialirkan melalui pipa transmisi bertekanan tinggi dari sumber gas menuju stasiun pengatur tekanan (gas receiving station) yang berada di area pabrik. Pada unit ini, tekanan gas diturunkan menggunakan pressure regulator agar sesuai dengan kebutuhan operasional furnace.

Selanjutnya, gas dialirkan melalui pipa distribusi internal pabrik menuju unit pengguna (furnace). Sistem perpipaan dilengkapi dengan komponen penting seperti shut-off valve untuk penghentian aliran darurat, pressure gauge untuk pemantauan tekanan, flow meter untuk mengukur laju alir gas, serta gas detector untuk mendeteksi kebocoran. Selain itu, jalur pipa dirancang dengan mempertimbangkan faktor keselamatan, seperti penggunaan material tahan tekanan, perlindungan terhadap korosi, serta penempatan pipa yang aman dari potensi kerusakan mekanis.

Perancangan dan pengoperasian sistem distribusi gas ini mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 36 Tahun 2004, khususnya terkait pengangkutan dan penyimpanan gas, serta Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 dalam penerapan aspek keselamatan kerja. Dengan sistem ini, penyaluran gas metana ke furnace dapat berlangsung secara aman, stabil, dan efisien. Metana yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Net Heating Value = 50.142,5 kJ/kg

Kebutuhan bahan bakar untuk Furnace: 117,276 kg

B. Kebutuhan Bahan Bakar untuk Utilitas

Tabel 4.11 Kebutuhan Bahan bakar untuk utilitas

Nama Alat	Kebutuhan
Furnace	16.382 kg

4.6 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan digunakan untuk menjalankan instrumentasi seperti untuk menggerakkan *control valve* serta untuk pembersihan peralatan pabrik. Udara *instrument* bersumber dari udara di lingkungan pabrik hanya saja udara tersebut harus dinaikkan dengan menggunakan kompresor. Untuk memenuhi kebutuhan, digunakan 3 kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa.

4.7 Unit Penyedia Limbah

Unit ini merupakan salah satu unit yang harus disediakan oleh suatu pabrik. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik Sodium Sulfat antara lain yaitu:

- a. Limbah Cair
- b. Limbah Gas
- c. Limbah Padat
- d. Limbah B3
- Sumber dan Karakteristik Limbah pada Pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat
 - a. Limbah Cair

Limbah cair merupakan limbah dengan wujud cair yang dihasilkan dari kegiatan industri dan dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah cair pada pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat berupa air buangan sanitasi, purge dari centrifuge, serta sisa pencucian mesin dan peralatan pabrik, seperti oli atau minyak pelumas bekas. Dari limbah tersebut, akan menimbulkan bahaya jika langsung dibuang ke lingkungan, maka dari itu diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu untuk menghindari bahaya tersebut

- b. Limbah Gas

Limbah gas berasal dari hasil samping dari reaksi utama pembentukan Sodium Sulfat pada furnace dan udara yang telah digunakan untuk media pengering pada rotary dryer.

- c. Limbah Padat

Limbah padat pada pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat yaitu cake dari proses pemisahan pada filter press.

- d. Limbah B3

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dikategorikan sebagai Bahan Berbahaya

dan Beracun (B3) meliputi zat, energi, dan/atau komponen lain yang—karena sifat, konsentras, atau jumlahnya—secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan atau merusak lingkungan, serta membahayakan kesehatan manusia, makhluk hidup, dan kelangsungan hidupnya.

Limbah cair dari laboratorium maupun proses produksi mengandung bahan kimia berbahaya dan harus dipisahkan terlebih dahulu melalui proses kimia. Karena bersifat beracun, infeksius, dan korosif, limbah tersebut diklasifikasikan sebagai limbah B3. Selain itu, katalis yang sudah habis masa pakainya juga termasuk jenis limbah ini. Berikut adalah baku mutu air limbah B3 menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

Tabel 4.12 Baku Mutu Air Limbah B3

Parameter	Konsentrasi Maksimal	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	mg/L
Besi terlarut (Fe)	5	mg/L
Mangan terlarut (mn)	2	mg/L
Barium (Ba)	2	mg/L
Tembaga (Cu)	2	mg/L
Seng (Zn)	5	mg/L
Krom valensi enam	0,1	mg/L
Krom total (Cr)	0,5	mg/L
Kadmium (Cd)	0,05	mg/L
Merkuri (Hg)	0,002	mg/L
Timbal (Pb)	0,1	mg/L
Stanum (Sn)	2	mg/L
Arsen (As)	0,1	mg/L
Selenium (Se)	0,05	mg/L
Nikel (Ni)	0,2	mg/L
Kobalt (Co)	0,4	mg/L
Sianida (CN)	0,05	mg/L
Sulfida	0,05	mg/L
Fluorida (F ⁻)	2	mg/L

Parameter	Konsentrasi Maksimal	
	Nilai	Satuan
Klorin bebas (Cl ₂)	1	mg/L
Amonia bebas (NH ₃ ⁻)	1	mg/L
Nitrat (NO ₃ -N)	20	mg/L
Nitrit (NO ₂ -N)	1	mg/L
Senyawa aktif biru	5	mg/L
Fenol	0,5	mg/L
AOX	0,5	mg/L
PCBs	0,05	mg/L
PCDFs	10	mg/L
PCDDs	10	mg/L

- Pengolahan Limbah pada Pabrik Sodium Sulfat

- a. Limbah Cair

- *Oily Water* dari mesin proses

Oily water berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat lain. Pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak dibagian atas dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar, sedangkan air dibagian bawah dialirkan ke IPAL (Kencanawati, 2016).

- Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik dan perkantoran. Pengolahannya dengan cara dikumpulkan dan diolah dalam unit sanitasi dengan menggunakan lumpur aktif dan desinfektan Na-hipoklorit. Selanjutnya limbah dialirkan menuju IPAL.

- Air Sisa Proses

Air sisa proses dari sebagian mother liquor keluaran centrifuge dimanfaatkan ulang dengan mengalirkannya ke reaktor sehingga dapat mengurangi kebutuhan air proses pada reaktor. Sisa yang tidak di-*recycle* akan diolah terlebih dahulu sebelum akhirnya dibuang.

Air buangan yang mengandung zat kimia dari bahan baku dan produk ditampung di dalam bak penampung. Pengolahan yang dilakukan adalah secara

biologis dengan sistem aerobik di dalam suatu reaktor dimana limbah cair tersebut akan teroksidasi menggunakan bantuan bakteri aerobik dan dengan pemanasan dari luar sehingga dapat diolah menjadi air dan gas CO atau CO₂ dengan mengalirkan udara ke dalam reaktor (Kencanawati, 2016).

b. Limbah Gas

Pengolahan Limbah gas hasil samping alat *furnace* yang mengandung HCl dialirkan menuju *spray condensate*. Dengan menyemprotkan Air proses ke dalam *spray condensate* sehingga gas HCl akan berkontak langsung dengan semprotan air tersebut sehingga didapatkan HCl dengan fase liquid dengan konsentrasi 32%.

4.8 Laboratorium

Laboratorium merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan adanya data yang diperoleh dari laboratorium maka proses produksi dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Disamping itu juga berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan (Vendamawan, 2015). Laboratorium mempunyai tugas pokok antara lain:

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku dan bahan pendukung sehingga kualitas produk yang dihasilkan baik.
2. Melakukan analisis 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 umpan, Steam, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi. Dalam pelaksanaan tugasnya, laboratorium dikelompokkan menjadi:

a. Laboratorium Fisika

Bagian ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk serta bahan penunjang proses.

b. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku, produk, utilitas dan limbah mengenai sifat-sifat kimianya. Analisis yang dilakukan diantaranya mengamati impuritas, kandungan logam, kemurnian, dll.

c. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan kualitas material untuk meningkatkan hasil produk akhir.

Berdasarkan SNI, alat-alat utama yang digunakan di laboratorium untuk menganalisa bahan jadi, bahan baku, dan bahan setengah jadi antara lain:

a. **Pengujian Bahan Baku**

• **Pengujian NaCl**

Pengujian dilakukan dengan menggunakan SNI 82017:2016 :

• **Kadar Air**

Kadar air dapat dihitung berdasarkan berat yang hilang selama pemanasan dengan suhu 110°C dalam waktu kurang lebih 2 jam.

Peralatan:

1. Oven dengan ketelitian 1°C
2. Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
3. Desikator yang berisi silica gel
4. Cawan Petri

Cara Uji:

1. Memanaskan cawan petri beserta tutupnya dalam oven pada suhu $(110 \pm 2)^\circ\text{C}$ selama kurang lebih 1 jam dan dinginkan dalam desikator selama 20 menit hingga 30 menit, kemudian timbang dengan neraca analitik (cawan petri dan tutupnya) (W_0);
2. Memasukkan 20 gr sampel ke dalam cawan yang tertutup lalu timbang (W_1);
3. Memanaskan cawan yang berisi sampel dalam keadaan terbuka dengan meletakkan tutup cawan di samping cawan di dalam oven pada temperatur $(110 \pm 2)^\circ\text{C}$ selama 2 jam;
4. Tutup cawan yang masih di dalam oven, segera dipindahkan ke dalam desikator dan dinginkan selama 20 hingga 30 menit kemudian timbang;
5. Lakukan pemanasan kembali selama 1 jam dan ulangi penimbangan hingga diperoleh berat yang konstan atau tetap (W_2); dan
6. Menghitung kadar air dalam sampel dengan rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100\%$$

Dimana:

W_0 = bobot cawankosong dan tutupnya (gr)

W_1 = bobot cawan dan tutup berisi sampel sebelum dikeringkan (gr)

W_2 = bobot cawan dan tutup berisi sampel sesudah dikeringkan (gr)

- **Kadar Natrium Klorida (NaCl)**

Pembentukan endapan AgCl menggunakan AgNO₃ dengan petunjuk kalium kromat dalam larutan netral atau sedikit basa.

Peralatan:

1. Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
2. Buret dengan ketelitian 0,1 mL
3. Erlenmeyer 250 mL
4. Labu takar 500 mL
5. Pipet volumetrik 10 mL
6. Gelas piala

Cara Uji:

1. Menimbang sampel ± 50 g, tambahkan air suling 200 mL, kemudian aduk dan masukkan ke dalam labu ukur 500 mL, tambahkan dengan air suling hingga tanda garis (larutan A).
2. Pipet 2 mL larutan A ke dalam Erlenmeyer ukuran 250 mL;
3. Menambahkan asam ke dalam larutan A dengan beberapa tetes H₂SO₄ 1 N hingga larutan bereaksi terhadap indikator fenolftalin;
4. Netralkan dengan NaOH 4N;
5. Encerkan dengan air suling sampai 100 mL;
6. Tambahkan 1 mL larutan K₂CrO₄ 5%; dan
7. Titrasi dengan larutan AgNO₃ 0,1 N sampai terbentuk warna merah bata. Perhitungan kadar NaCl bahan asal

$$\text{Kadar NaCl (\%)} = \frac{V \times N \times fp \times BM \text{ NaCl}}{W} \times 100\%$$

Dimana:

V = volume AgNO₃ (mL)

N = normalitas AgNO₃

fp = faktor pengenceran

W = bobot sampel (mg)

- **Kadar Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg)**

Atomisasi larutan sampel pada nyala N₂O – asetilena atau udara – asetilena setelah ditambahkan lantanum untuk mengurangi kemungkinan adanya interferensi, yang diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 422,7 nm untuk kalsium

dan 258,2 nm untuk magnesium.

- **Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb)**

Sampel dilarutkan dengan air suling dan dianalisa dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang maksimal 228,8 nm untuk kadmium (Cd) dan 283,3 nm untuk timbal (Pb).

2. Pengujian H₂SO₄

Pengujian H₂SO₄ berdasarkan SNI 30:2017

- **Kadar Asam Sulfat**

Penentuan kadar asam sulfat pekat dilakukan secara titrimetri menggunakan larutan NaOH dan indikator fenolftalin yang dapat dilakukan dengan metode penimbangan dely tube atau Erlenmeyer tutup basah.

- **Kekeruhan**

Larutan standar kekeruhan (disesuaikan dengan alat dan rentang kekeruhan contoh, yang dijual secara komersial). Alat yang digunakan yaitu turbidimeter dan kuvet dari bahan kaca/gelas.

- **Bahan Tidak Menguap (non volatile matter)**

Penentuan bahan tidak menguap dengan pemijaran pada suhu (800±25)°C dengan menggunakan alat tanur, cawan platina/cawan porselen, desikator, neraca dengan ketelitian 0,1 mg, dan penangas listrik.

- **Klorida (Cl)**

Klorida direaksikan dengan perak nitrat (AgNO₃) membentuk perak klorida (AgCl) dan diukur secara spektrofotometri pada Panjang gelombang 440 nm sampai dengan 460 nm. Alat yang digunakan Spektrofotometer UV-Vis, kuvet bahan kaca/gelas, Gelas piala, pipet gondok.

- **Besi (Fe)**

Besi direduksi dan ditentukan secara spektrofotometri dengan 1,10-fenantrolin (ortho-fenantrolin) pada Panjang gelombang 500 nm sampai dengan 525 nm.

- **Timbal (Pb)**

Penambahan asam nitrat (HNO₃) bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan pengganggu yang terdapat dalam uji dengan bantuan pemanas kemudian diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan

atom (SSA) menggunakan gas asetilen C_2H_2 . Logam dalam bentuk atom akan menyerap energi radiasi elektromagnetik yang berasal dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan konsentrasi.

b. Pengujian Produk

Produk diuji dengan SNI 82017:2016

- **Kadar Air**

Kadar air dapat dihitung berdasarkan berat yang hilang selama pemanasan dengan suhu $110^{\circ}C$ dalam waktu kurang lebih 2 jam.

Peralatan:

1. Oven dengan ketelitian $1^{\circ}C$
2. Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
3. Desikator yang berisi silica gel
4. Cawan petri

Cara Uji:

1. Memanaskan cawan petri beserta tutupnya dalam oven pada suhu $(110 \pm 2)^{\circ}C$ selama kurang lebih 1 jam dan dinginkan dalam desikator selama 20 menit hingga 30 menit, kemudian timbang dengan neraca analitik (cawan petri dan tutupnya) (W_0);
2. Memasukkan 20 gr sampel ke dalam cawan yang tertutup lalu timbang (W_1);
3. Memanaskan cawan yang berisi sampel dalam keadaan terbuka dengan meletakkan tutup cawan di samping cawan di dalam oven pada temperatur $(110 \pm 2)^{\circ}C$ selama 2 jam;
4. Tutup cawan yang masih di dalam oven, segera dipindahkan ke dalam desikator dan dinginkan selama 20 hingga 30 menit kemudian timbang;
5. Lakukan pemanasan kembali selama 1 jam dan ulangi penimbangan hingga diperoleh berat yang konstan atau tetap (W_2); dan
6. Menghitung kadar air dalam sampel dengan rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100\%$$

W_0 = bobot cawan kosong dan tutupnya (gr)

W_1 = bobot cawan dan tutup berisi sampel sebelum dikeringkan (gr)

W_2 = bobot cawan dan tutup berisi sampel sesudah dikeringkan (gr)

Kadar air dihitung berdasarkan bobot yang hilang selama pemanasan

dalam temperature 110°C dalam waktu kurang lebih 2 jam.

- **Kadar Natrium Klorida (NaCl)**

Pembentukan endapan AgCl menggunakan AgNO₃ dengan petunjuk kalium kromat dalam larutan netral atau sedikit basa.

Peralatan:

1. Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
2. Buret dengan ketelitian 0,1 mL
3. Erlenmeyer 250 mL
4. Labu takar 500 mL
5. Pipet volumetric 10 mL
6. Gelas piala

Cara Uji:

1. Menimbang sampel ± 50 g, tambahkan air suling 200 mL, kemudian aduk dan saring ke dalam labu ukur 500 mL, tambahkan dengan air suling hingga tanda garis (larutan A).
2. Pipet 2 mL larutan A ke dalam Erlenmeyer ukuran 250 mL;
3. Menambahkan asam ke dalam larutan A dengan beberapa tetes H₂SO₄ 1 N hingga larutan bereaksi terhadap indikator fenolftalin;
4. Netralkan dengan NaOH 4N;
5. Encerkan dengan air suling sampai 100 mL;
6. Tambahkan 1 mL larutan K₂CrO₄ 5%; dan 7. Titrasi dengan larutan AgNO₃ 0,1 N sampai terbentuk warna merah bata.

- **Kadar Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg)**

Atomisasi larutan contoh pada nyala N₂O – asetilena atau udara – asetilena setelah ditambahkan lanthanum untuk mengurangi kemungkinan adanya interferensi, yang diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 422,7 nm untuk kalsium dan 258,2 nm untuk magnesium.

- **Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb)**

Sampel dilarutkan dengan air suling dan dianalisa dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang maksimal 228,8 nm untuk kadmium (Cd) dan 283,3 nm untuk timbal (Pb).