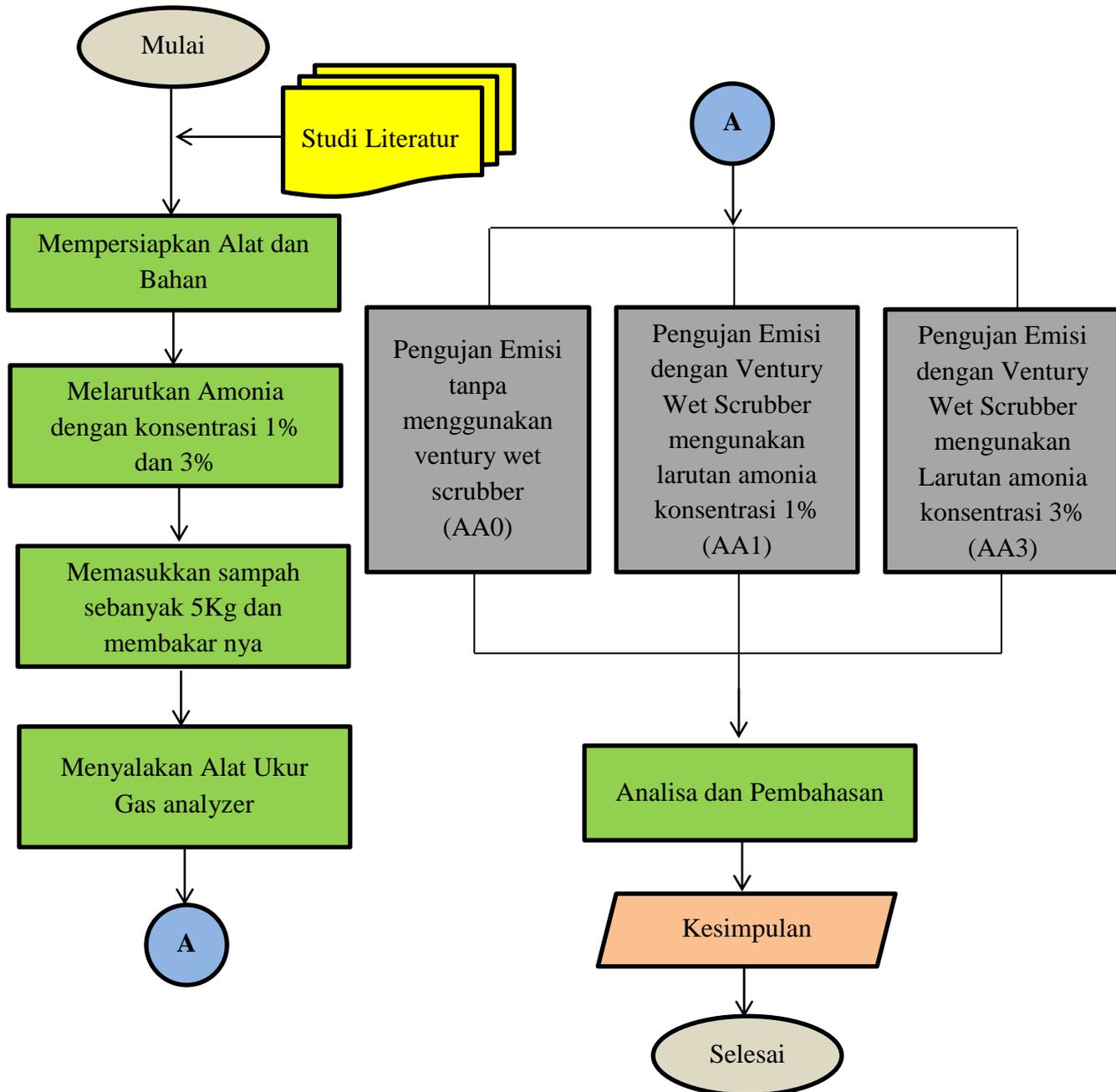


# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir yang digunakan dalam penelitian yang bertujuan agar penelitian sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Pada diagram alir diatas merupakan proses tahap-tahap dalam melakukan penelitian untuk memperoleh data yang diinginkan. Berikut adalah penjelasan diagram alir.

1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur digunakan untuk mempelajari referensi dalam penelitian yang akan dilakukan. Dalam metode studi literatur ini sebagai bahan acuan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur ini diambil dari beberapa media yaitu buku, jurnal dan penelitian sebelumnya. Dari studi literatur ini merumuskan beberapa permasalahan yang menjadikan dasar pada penelitian ini.

2. Mempersiapkan Alat dan bahan

Dalam tahap mempersiapkan alat dan bahan ini yaitu menyiapkan sampah, air, amonia, pompa, dan insinerator.

3. Melarutkan Amonia

Dalam tahap ini melakukan proses pencampuran larutan amonia dengan air, sehingga konsentrasi larutan amonia mencapai 1% dan 3%.

4. Menyalakan Alat Ukur

Sebelum melakukan pengujian alat ukur dinyalakan terlebih dahulu untuk dikalibrasi selama 120detik untuk alat ukur siap digunakan. Alat ukur yang digunakan gas *analyzer*.

5. Pengujian Emisi

Pada proses pengujian ini terdapat tiga variabel yaitu menggunakan tanpa menggunakan larutan amonia (AA0) dan menggunakan larutan amonia dengan konsentrasi 1% (AA1) dan larutan amonia dengan konsentrasi 3% (AA3) .

6. Analisa data dan pembahasan

Penulis melakukan olah data yang telah didapat pada saat melakukan penelitian dan menganalisa apa saja fenomena yang terjadi sehingga mencapai apa yang telah menjadi tujuan pada penelitian ini.

## 7. Kesimpulan

Setelah melakukan olah data serta menganalisa dari penelitian penulis maka dilakukan kesimpulan sesuai dengan tujuan peneliti. Serta memberikan saran terhadap penelitian tersebut untuk yang melanjutkan ataupun melakukan penelitian.

## 8. Selesai

Penulis telah selesai dalam melakukan penelitian dengan membuat laporan yang telah disusun secara sistematis.

## 3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

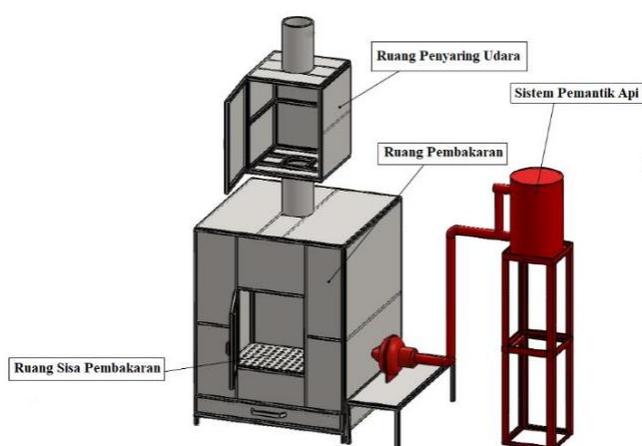
Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, yang dimana penelitian ini memerlukan beberapa alat dan bahan yaitu:

### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

#### 1. Insinerator

Insinerator digunakan untuk proses pembakaran sampah dan insinerator ini memiliki kapasitas sebanyak 25 kg, dengan ukuran 800mm x 800mm x 1000mm dengan menggunakan material plat baja, dan insinerator ini menggunakan bata SK serta semen tahan api sehingga dapat menahan temperatur sampai 1000°C.



**Gambar 3.2** Insinerator

## 2. Pompa

Pompa digunakan untuk mengalirkan cairan menuju *ventury wet scrubber*. Pompa yang digunakan yaitu pompa sinleader SL-3500 dengan spesifikasi voltage 12 V, ampere 2.2 A, dapat mengalirkan air 3,1 LPM dengan tekanan sampai 80 PSI (5.5 BAR).



**Gambar 3.3** Pompa

## 3. *VenturyWet Scrubber*

*Ventury wet scrubber* digunakan untuk menyemprotkan cairan aliran gas emisi buang yang berasal dari insinerator. Dilengkapi dengan 4 buah lubang untuk misting nozzle dalam proses *spray* menggunakan larutan air ataupun amonia. material yang digunakan pada *ventury wet scrubber* ini adalah Mild steel plate, untuk detail ukuran *venturty wet scrubber* ini terlampir pada lampiran.



**Gambar 3.4** *VenturyWet Scrubber*

#### 4. Gas Analyzer

Gas Analyzer merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur kandungan gas hasil pembakaran yang keluar melalui *ventury wet scrubber*. Gas analyzer yang digunakan yaitu HG-520. Alat ini mampu mengukur emisi gas CO, CO<sub>2</sub>, HC, dan O<sub>2</sub> dengan prinsip kerja menerapkan sistem *Non Dispersive infrared* (NDIR) dan *electrochemical*.



**Gambar 3.5** Gas Analyzer

#### 5. Blower

Blower merupakan alat yang digunakan untuk memberikan udara pada *incinerator* pada proses pembakaran supaya api tetap menyala dan membakar sampah hingga abu. Blower yang digunakan pada penelitian ini adalah *Blower NTR-Pro*. Dengan daya 370 W, tegangan 220V serta RPM 3000/3600 r/min.



**Gambar 3.6** Blower

## 6. *Burner*

*Burner* merupakan alat yang digunakan untuk melakukan proses pembakaran dimana bahan bakar yang digunakan *burner* ini adalah solar. *Burner* dipasangkan pada *incinerator* digunakan untuk membakar sampah. Jenis *burner* yang digunakan adalah *rotary cup oil* dengan merek HORNG MIN *Separated-Type Auto Spraying Heavy Oil Burner*. Dengan spesifikasi 220-380V dan dengan RPM 3000-3600 r/min.



**Gambar 3.7** *Burner*

## 7. *Flask*

*Flask* merupakan sebuah gelas kaca yang digunakan sebagai alat untuk mengaliri gas polutan yang akan di uji emisinya. Dengan melalui *flask* gas polutan menjadi lebih bersih tanpa adanya abu yang ikut terbawa dalam proses pengujian menggunakan alat uji untuk meminimalisir kerusakan alat uji.



**Gambar 3.8** *Flask*

## 8. Tangki Solar

Tangki solar ini digunakan untuk menampung solar yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk *burner*. Tangki ini dapat menampung solar sebanyak 20 Liter.



**Gambar 3.9** Tangki Solar

## 9. Panel *Display* Temperatur

Panel *display* temperatur digunakan sebagai alat untuk menampilkan pengukuran temperatur pada proses pembakaran yang terhubung dengan *thermocouple* yang dipasang pada beberapa *sample point* tertentu agar menghasilkan temperatur yang tepat. Dalam panel ini dilengkapi dengan dua buah termokopel tipe K serta dua modul display temperatur.



**Gambar 3.10** Panel *Display* Temperatur

### 10. *Thermocouple*

*Thermocouple* digunakan untuk mengukur temperatur yang dipasangkan pada *sampling point* tertentu guna mendapatkan data temperatur pada tiap bagian yang dialiri oleh gas. *Thermocouple* yang digunakan dalam penelitian ini adalah termokopel K yang mana dapat mendeteksi temperatur dari 0-1000°C.



**Gambar 3.11** *Thermocouple*

### 3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

#### 1. Sampah Kering

Sampah digunakan untuk bahan uji yang akan dibakar pada insinerator sebanyak 5 kilogram yang terdiri dari sampah kertas, kardus dan plastik.



**Gambar 3.12** Sampah

## 2. Air

Air digunakan sebagai bahan untuk campuran amonia yang nantinya disemprotkan melalui *ventury wet scrubber* sebanyak 15 liter sekali dalam pembakaran.



**Gambar 3.13** Air

## 3. Solar

Solar digunakan sebagai bahan bakar *burner* yang nantinya digunakan untuk proses pembakaran yang dialirkan melalui *burner*.



**Gambar 3.14** Solar

## 4. Amonium Hidroksida (Cairan Amonia)

Amonium Hidroksida digunakan sebagai bahan atau sampel yang akan disemprotkan melalui *ventury wet scrubber*. Larutan Amonia yang digunakan memiliki konsentrasi 25%. Yang nantinya akan dicampurkan dengan air sehingga mempunyai konsentrasi yang berbeda yaitu 1% dan 3%.



**Gambar 3.15** Amonium Hidroksida

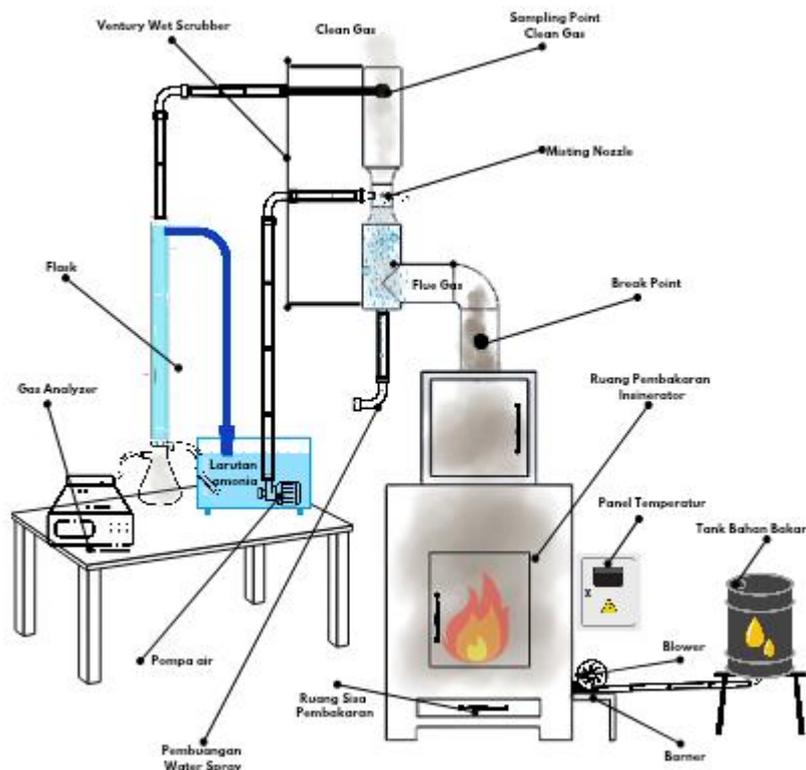
### 3.3 Variabel Penelitian

Percobaan ini akan dilakukan dengan proses eksperimen dan pengamatan pada kadar gas buang insinerator. Dengan ini dilakukan penelitian dengan mengalirkan gas buang yang keluar dari saluran gas insinerator menuju inlet dari *ventury wet scrubber*. Gas buang yang mengalir ini nantinya akan terjadi kontak dengan droplet yang disemprotkan larutan amonia oleh nozzle pada sebuah *ventury*. Gas buang yang telah bersih akan keluar dari *stack*, gas buang inilah yang akan dilakukan pengukuran gas emisi menggunakan gas *analyzer*. Gas buang yang akan diukur meliputi CO, CO<sub>2</sub>, HC, dan O<sub>2</sub>. Sebagai perbandingan akan dilakukan juga pengujian emisi gas buang tanpa menggunakan *ventury wet scrubber* dan pengujian menggunakan *ventury wet scrubber* dengan menggunakan larutan cairan amonia dengan konsentrasi 1% dan dengan menggunakan larutan cairan amonia dengan konsentrasi 3%.

### 3.4 Metode Penelitian

Dalam proses penelitian ini, metode penelitian bertujuan untuk menganalisis proses pembakaran dan sistem pengolahan gas buang untuk mereduksi emisi gas polutan hasil pembakaran dari insinerator sebelum dilepaskan ke lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem untuk mereduksi emisi gas buang tersebut untuk menimalisir dampak negatif yang terjadi. Maka dari itu dalam penelitian ini menggunakan *ventury wet scrubber* dengan menggunakan larutan amonia dalam mereduksi emisi gas

buang pada insinerator. Berikut ini merupakan gambar skema penelitian yang dilakukan.

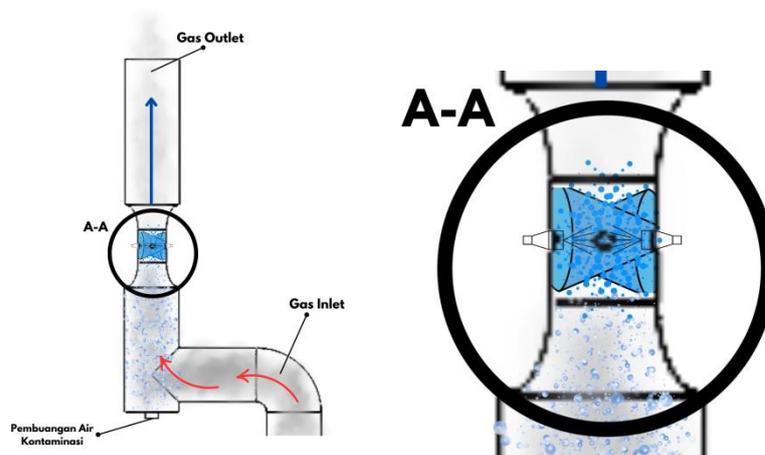


**Gambar 3.16** Skema Penelitian

Adapun pada proses penelitian ini dilakukan sebanyak 3 kali pembakaran sesuai pada masing-masing variabel yaitu AA0, AA1 dan AA3. Untuk sampah yang digunakan yaitu sebanyak 5 kg yang terdiri dari 2kg sampah plastik, 1.5kg sampah kardus, dan 1.5kg sampah kertas. Sampah yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari plastik, kardus, dan kertas. Pemilihan ketiga jenis sampah tersebut didasarkan pada karakteristik fisik dan kandungan materialnya yang umum ditemukan dalam limbah rumah tangga serta memiliki potensi tinggi untuk dimanfaatkan kembali, baik melalui proses daur ulang maupun konversi energi. Sampah plastik, misalnya, memiliki karakteristik tidak mudah terurai secara alami, bersifat tahan air, ringan, dan fleksibel. Plastik yang menjadi bahan penelitian ini

adalah polietilena (PE). Sedangkan, kardus dan kertas merupakan salah satu komponen utama dalam limbah industri dan rumah tangga. Kandungan selulosanya tinggi, yang bermanfaat jika digunakan dalam proses seperti komposting atau sebagai bahan bakar padat. Dan untuk cairan amonia yang digunakan untuk spray pada ventury sebanyak 15 liter dengan konsentrasi 1% dan 3%.

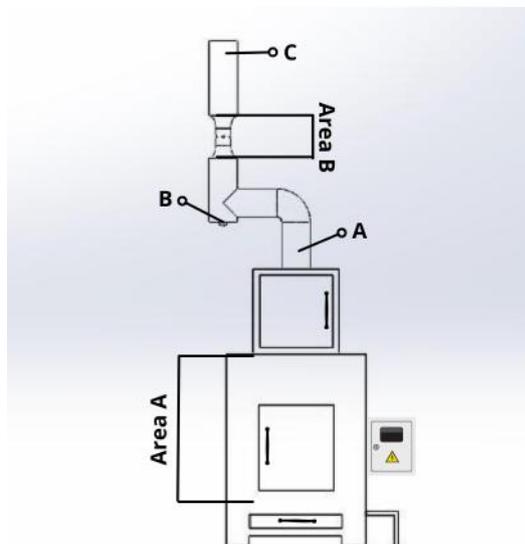
Proses ini dimulai di ruang pembakaran, dengan menggunakan burner dan blower untuk meningkatkan pembakaran yang sempurna. Hasil pembakaran berupa *flue gas* mengalir keluar dari ruang pembakaran melalui *break point* untuk di ambil sampel data emisi gas sebelum masuk kedalam sistem *ventury wet scrubber*.



**Gambar 3.17** Skema Ventury Wet Scrubber

Gas hasil pembakaran kemudian dialirkan ke *ventury wet scrubber* untuk menghilangkan partikel dan zat polutan dengan menyemprotkan cairan amonia yang keluar pada *nozzle*. Pada proses penyemprotan seperti pada gambar 3.17 terjadi absorpsi antara cairan amonia dengan gas yang menjadikan penurunan nilai emisi. Setelah melalui proses penyemprotan, gas yang telah bersih keluar sebagai *clean gas* dan diambil sampelnya melalui flask tujuannya agar abu kotor dari hasil pembakaran tidak ikut masuk dalam alat ukur. Maka gas yang keluar dari flask yang akan di ukur menggunakan gas *analyzer*.

### 3.5 *Sampling Point*



**Gambar 3.18** *Sampling Point*

*Sampling Point* merupakan titik dalam pengambilan data yang terletak pada insinerator dan *ventury wet scrubber*. Tujuan adanya *sampling point* ini adalah untuk memudahkan akses pengambilan data guna mendapatkan data yang efektif. Adapun ilustrasi *sampling point* yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan gambar 3.16 adalah sebagai berikut:

- A. Area A merupakan ruang pembakaran sampah dan dalam titik area ini pula diambil data temperatur pembakaran sampah.
- B. Area B merupakan ruang tempat terjadinya spray amonia melalui nozzle yang bertemu atau bertabrakan langsung dengan emisi gas dari Area A.
- C. Titik A merupakan tempat pengambilan sampel emisi gas pada tahap pembakaran tanpa menggunakan *ventury wet scrubber*.
- D. Titik B merupakan tempat pembuangan sisa cairan atau larutan yang dispray melalui area B, untuk dibuang ketempat penampungan.
- E. Titik C merupakan tempat pengambilan sampel emisi gas yang sudah melalui tahap spray menggunakan larutan amonia.

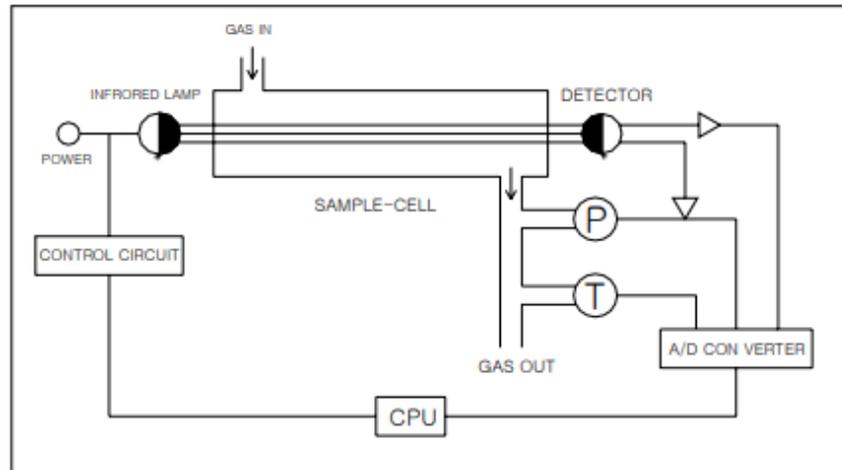
### 3.6 Spesifikasi Alat Pengujian

Penelitian yang dilakukan penulis adalah untuk mendapatkan data emisi gas buang yang dihasilkan oleh insinerator. Dalam proses pengambilan data, penulis menggunakan alat uji emisi dengan merek HG-520 dengan spesifikasi sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Spesifikasi Alat Uji Emisi HG-520

<b>HG-520</b>				
<b>Measuring Item</b>	CO, HC, $CO_2$ , $O_2$ , $\lambda$ (Lamda), AFR, NOx (Optional)			
<b>Measuring Method</b>	CO, HC, $CO_2$ : NDIR Method $O_2$ : Electrochemical Cell			
<b>Measure Range</b>	CO	0.00 ~ 9.99%	HC	0 ~ 9999 ppm
<b>Resolution</b>		0.01%		1 ppm
<b>Display</b>		4 digit 7segment LED		4 digit 7segment LED
<b>Measure Range</b>	$CO_2$	0.0 ~ 20.0%	$O_2$	0.00 ~ 25.00%
<b>Resolution</b>		0.1%		0.01%
<b>Display</b>		4 digit 7segment LED		4 digit 7segment LED
<b>Measure Range</b>	$\lambda$	0 ~ 2.000	AFR	0.0 ~ 99.0
<b>Resolution</b>		0.001		0.1
<b>Display</b>		4 digit 7segment LED		4 digit 7segment LED
<b>Warming Up Time</b>	About 2 ~ 8 minutes			
<b>Sample Collecting Quantity</b>	4 ~6 L/min			

Prinsip Kerja alat ini adalah dengan menerapkan sistem *Non Dispersive Infrared* (NDIR) untuk menganalisa gas CO, HC,  $CO_2$ . Sedangkan, metode *electrochemical* untuk menganalisa  $O_2$  dan NOx.



**Gambar 3.19** Diagram metode NDIR

Metode NDIR bekerja berdasarkan prinsip penyerapan cahaya inframerah oleh gas. Setiap jenis gas memiliki panjang gelombang tertentu yang dapat diserap oleh molekulnya. Pada metode analisa NDIR di alat ukur ini, Sebuah *Ramp* yang memaparkan sinar inframerah berkedip terpasang pada salah satu ujung *sample cell* dan pada ujung *detecting sensor* yang terpasang agar dapat mendeteksi komponen yang terdapat pada gas dan kemudian menghitung kepadatan gas tersebut sehingga satuan yang dihasilkan yaitu persen (%). Sedangkan untuk nilai HC dapat ditampilkan dalam PPM, dikarenakan konsentrasi gas HC ini sering kali sangat rendah, maka untuk display yang ditampilkan dalam bentuk PPM.

Dalam metode *electrochemical*, gas yang akan diukur berinteraksi dengan elektrode dalam sel elektrokimia, menghasilkan reaksi redoks yang menghasilkan arus listrik. Besarnya arus listrik yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi gas yang ada. Pada metode *electrochemical* mengukur densitas gas dengan menggunakan banyaknya elektron yang diproduksi selama proses oksidasi dan mengurangi reaksi gas buang.

### 3.7 Prosedur penelitian

Agar penelitian ini berjalan lancar dan secara optimal ada beberapa prosedur yang harus dilakukan. Dalam penelitian ini terdapat dua prosedur dalam proses penelitian, dan berikut ini merupakan prosedur penelitian yang akan dilakukan.

#### 3.5.1 Prosedur Persiapan Penelitian

1. Mempersiapkan sampah yang akan dibakar pada insenerator sebanyak 5 kg.
2. Mempersiapkan insinerator untuk proses pembakaran dengan melakukan penempatan *burner* dengan *blower* pada lubang masukan yang terdapat pada insinerator.
3. Meletakkan *thermocouple* pada titik tertentu untuk mengetahui temperatur pada proses pembakaran dan dibaca melalui *panel display* temperatur.
4. Mempersiapkan gas analyzer untuk melakukan pembacaan nilai emisi gas.
5. Mempersiapkan *ventury wet scrubber* beserta pompa dan air yang akan digunakan.
6. Memasukkan bahan bakar kedalam tabung bahan bakar yang kemudian akan dialirkan ke *burner*.
7. Memasukkan sampah sebanyak 5 kg kedalam insinerator.
8. Memanaskan corong *burner* agar api dapat menyala secara langsung.
9. Menyalakan *burner* diiringi dengan mengatur bukaan udara dan laju aliran bahan bakar hingga api dapat menyala secara stabil.
10. Menyalakan *blower* dan mengatur bukaan katup udara.
11. Menyalakan pompa untuk melakukan *spray* pada *ventury wet scrubber*.

### 3.5.2 Prosedur Pencampuran Amonia

1. Menyiapkan Cairan amonia dan air sebanyak 15 liter yang telah disiapkan.
2. Menyiapkan gelas ukur.
3. Menuangkan air dalam wadah penampungan air sebanyak 15 liter.
4. Masukkan cairan amonia yang telah ditakar kedalam wadah berisi air.
5. Mengaduk air dan amonia yang telah ditakar agar larutan memiliki konsentrasi yang diinginkan yaitu 1% dan 3%.
6. Memasukkan selang kedalam larutan untuk dialirkan kedalam *scrubber*.

### 3.5.3 Prosedur Pengambilan Data

1. Setelah sampah sudah mulai terbakar dan semua alat sudah menyala.
2. Membaca temperatur pembakaran pada panel display yang ada pada insinerator.
3. Menyalakan pompa untuk *filter flask* agar gas polutan hasil pembakaran tidak adanya *fly ash* yang ikut ketika pembacaan hasil emisi.
4. Mengambil data gas emisi buang dari alat gas *analyzer* sampai proses pembakaran selesai.
5. Setelah selesai mengambil data dan proses pembakaran selesai. Merapihkan kembali, untuk melakukan pengujian pembakaran selanjutnya.

Setelah melewati ketiga prosedur tersebut maka menganalisa dan membandingkan data yang didapatkan setelah proses pengukuran emisi gas pada saat pembakaran sampah menggunakan insinerator dengan pengukuran emisi gas pada saat pembakaran sampah menggunakan insinerator dengan *ventury wet scrubber* menggunakan cairan amonia dengan konsentrasi 1% dan konsentrasi 3%.

### 3.8 Penggunaan Konsentrasi Larutan Amonia

Konsentrasi larutan cairan amonia merupakan langkah penting dalam penelitian ini. Untuk memastikan efisiensi proses serta keamanan penggunaannya. Maka dari itu dilakukan perhitungan konsentrasi larutan cair amonia dengan menggunakan rumus pengenceran larutan sesuai dengan pada rumus 2.1 . Dan berikut ini merupakan penggunaan larutan cairan amonia dengan konsentrasi sebesar 1% dan konsentrasi 3% pada larutan sebanyak 15 liter dan cairan amonia yang digunakan dengan konsentrasi 25%.

**Tabel 3.2** Takaran Campuran Larutan Amonia

Konsentrasi Larutan Amonia ( $NH_4OH$ )	Larutan Amonia ( $NH_3$ )	Air ( $H_2O$ )
1%	0,6 Liter	15 Liter
3%	1,8 Liter	15 Liter

### 3.9 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Dalam tahap penelitian, peneliti melaksanakan penelitian mulai dari bulan Oktober 2024 dan tempat pelaksanaan pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.