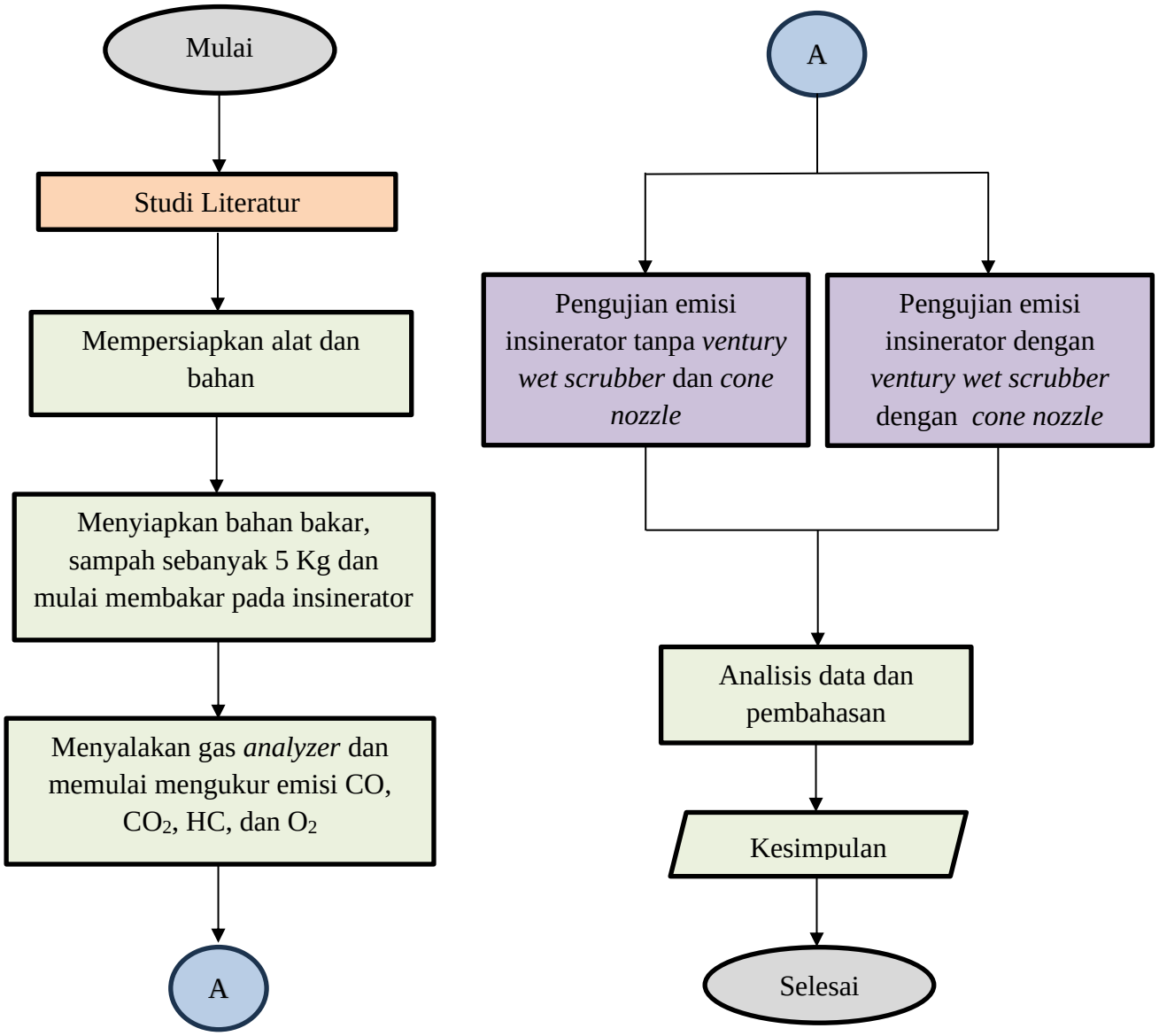
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini untuk memudahkan dalam pembacaan sistematika dalam penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan mengenai gambar 3.1 diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mulai

   Untuk memulai penelitian ini tentunya penulis perlu mempelajari apa saja materi, variabel, dan sistematika pengambilan data untuk bisa dilakukannya penelitian ini.

2. Studi Literatur

   Untuk studi literatur yang digunakan yakni dengan mempelajari apa saja fenomena yang terjadi dan referensi penelitian terdahulu sebagai referensi untuk penulisan penelitian ini.

3. Persiapan alat dan bahan

   Dalam memulai untuk pengambilan data tentunya harus menyiapkan alat dan bahan untuk melakukan pengujian pada penelitian ini.

4. Persiapan Pengujian

   Pada tahap ini dilakukan persiapan sebelum melakukan pengujian seperti menyalakan gas *analizer,* memasang *cone nozzle* pada *ventury wet scrubber* sebelum dilakukannya pengujian.

5. Pelaksanaan Pengujian

   Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menganalisa penurunan emisi gas buang insinerator tanpa *scrubber* dan emisi gas buang setelah menggunakan *scrubber* dan tipe *water spray cone nozzle* berupa CO, CO_2, HC, dan O_2.

6. Analisis data dan Pembahasan

   Dari data yang telah didapatkan dari hasil pelaksanaan pengujian maka diolah dan dianalisa apa saja fenomena yang terjadi pada penelitian ini.

7. Kesimpulan

   Setelah dilakukannya pengolahan data dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai jawaban dari tujuan dibuatnya penelitian ini.

3.2 Alat dan Bahan

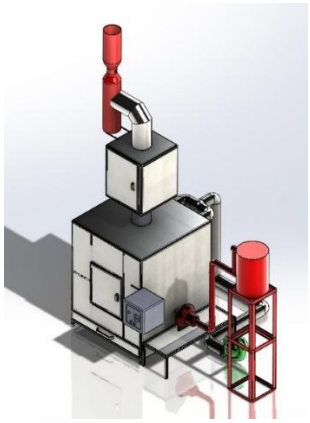
Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk membantu jalannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan untuk membantu jalannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Insinerator

   Insinterator digunakan untuk proses pembakaran sampah dan incinterator ini memiliki kapasitas sebanyak 25 kg. Dengan dimensi 800 x 800 x 1000 mm dengan memiliki ketahanan pembakaran hingga 1000℃.



Gambar 3.2 Insinerator

2. Gas *analyzer*

   Gas *analyzer* digunakan untuk mengukur kandungan gas hasil pembakaran yang keluar dari insinerator tanpa *scrubber* dan emisi gas buang setelah menggunakan *scrubber* dan tipe *water spray cone nozzle* berupa CO, CO_2, HC, dan O_2. Adapun spesifikasi gas *analyzer* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Gas Analyzer

	HG-520			
Measuring Item	CO, HC, CO2, O2, Lambda, AFR, NOX			
Measuring Method	CO, HC, CO2: NDIR Method			
	O2: Electrochemical Cell			
Measuring Range	CO	0.00 ~ 9.99%	HC	0 ~ 9999 ppm

Resolution		0.01%		1 ppm
Display		4digit 7segment LED		4digit 7segment LED
Measuring Range	CO2	0.00 ~ 20.0%	O2	0 ~ 25% ppm
Resolution		0.10%		0.01%
Display		4digit 7segment LED		4digit 7segment LED
Measuring Range	λ	0.00 ~ 2.000	AFR	0 ~ 99.0
Resolution		0.001		0.1
Display		4digit 7segment LED		4digit 7segment LED
Sample Collecting Quantity		4~6 L/min		

Gambar 3.3 Gas *analyzer*

3. Pompa air

Pompa digunakan untuk mengalirkan cairan menuju *ventury wet scrubber*. Pompa yang digunakan yaitu pompa *sinleader SL-3500* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi Pompa air

Sinleader SL-3500.			
Volt	***Amps***	***Flow***	***Press***
12 V No. (9-14.4 V)	2.2 A	3.1 LPM	80 Psi (5.5 Bar)

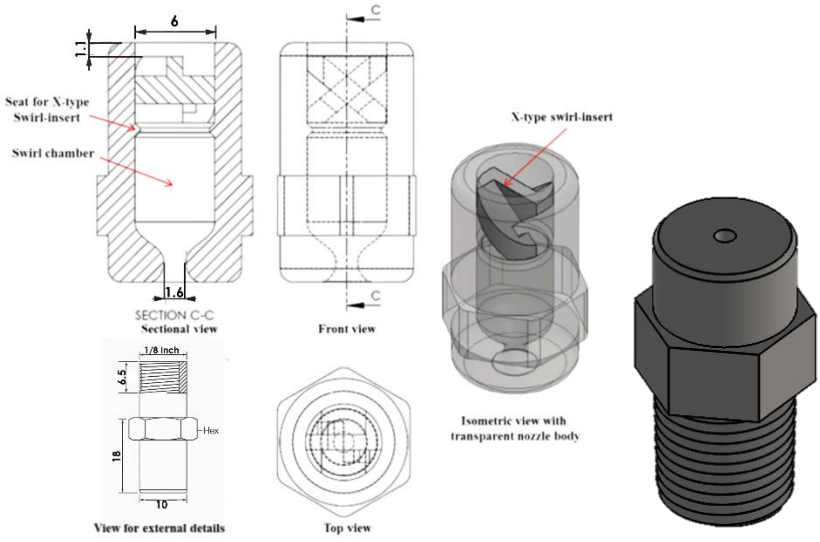
Gambar 3.4 Pompa Air

4. *Cone Nozzle*

Cone Nozzle digunakan untuk mengarahkan atau mengatur aliran fluida pada *ventury wet scrubber*. Pada *cone nozzle* ini menggunakan 4 *nozzle* yang dimana dengan empat buah *cone nozzle* berukuran 1/8 inch, total air yang dapat dikeluarkan adalah sekitar 2.4 liter per menit. *Cone Nozzle* yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi Cone Nozzle

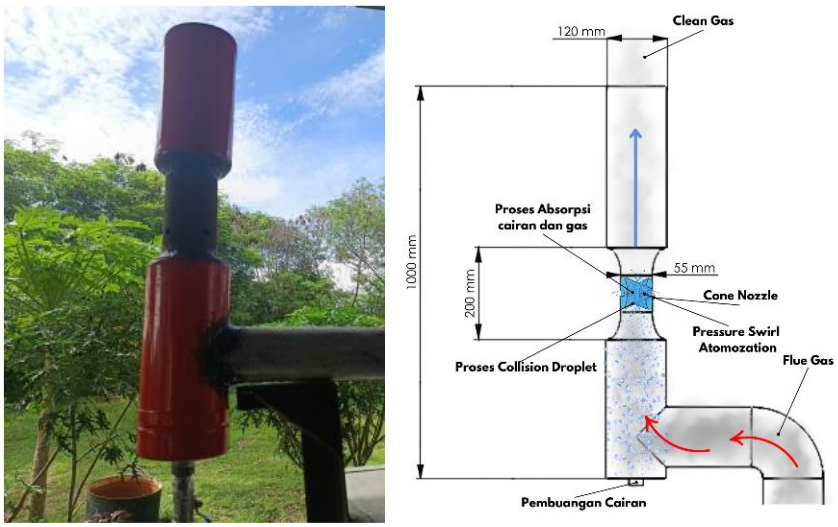
***Cone Nozzle* (mm)**								
Material	**G**	**L_T**	**L_t**	**D**	**Hex**	**D_o**	**D_s**	***y***
SS304	1/8 inch	18	6.5	10	11	1.6	6	1.10



Gambar 3.5 *Cone Nozzle*

5. *Ventury wet scrubber*

Ventury wet scrubber digunakan untuk menyemprotkan cairan aliran gas emisi buang yang berasal dari insinerator.



Gambar 3.6 *Ventury Wet Scrubber*

6. *Blower*

Blower digunakan untuk memberikan udara pada insinerator pada proses pembakaran supaya api tetap menyala dan membakar sampah hingga abu. *Blower* yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.4 Spesifikasi Blower

Blower NTR-Pro				
Ukuran	**Daya**	***Cycles***	**Tegangan**	**RPM**
3 Inch	370 W	50/60	220 V	3000/3600 r/min

Gambar 3.7 *Blower*

7. *Barner*

Burner digunakan untuk melakukan proses pembakaran dimana bahan bakar yang digunakan *burner* ini adalah solar. Burner dipasangkan pada insinerator digunakan sebagai pemantik dari proses pembakaran sampah pada insinerator. *Burner* yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.5 Spesifikasi Barner

Barner HORNG MIN			
Hp	***Voltage***	**Cycle**	**RPM**
1	220-380 V	50/60	3000-3600 r/min

Gambar 3.8 *Burner*

8. *Flask*

Flask 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 gas *analyzer* untuk meminimalisir kerusakan alat uji.

Gambar 3.9 *Flask*

9. Tangki Bahan Bakar

Tangki bahan bakar ini digunakan untuk menampung bahan bakar dengan kapasitas 20 liter yang berisi solar yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk *burner*.

Gambar 3.10 Tangki Bahan Bakar

10. 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.

Gambar 3.11 Panel *Display* Temperatur

11. *Thermocouple*

Thermocouple digunakan untuk mengukur temperatur yang dipasangkan pada *sampling point* tertentu guna mendapatkan data temperatur pada proses pengujian berlangsung. *Thermocouple* yang digunakan dalam penelitian ini adalah termokopel K yang mana dapat mendeteksi temperatur dari 0-1000°C.

Gambar 3.12 *Thermocouple*

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk membantu jalannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Air

   Air yang digunakan adalah air ledeng yang berfungsi sebagai penyiram emisi gas buang yang dihasilkan oleh insinerator melalui *nozzle* pada *ventury wet scrubber.*

Gambar 3.13 Air

2. Limbah sampah

   Limbah sampah digunakan sebagai bahan untuk menguji emisi gas buang yang dihasilkan insinerator. Limbah sampah yang digunakan adalah sampah kertas, kardus, dan sampah botol plastik 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.

Gambar 3.14 Limbah Sampah

3. Solar

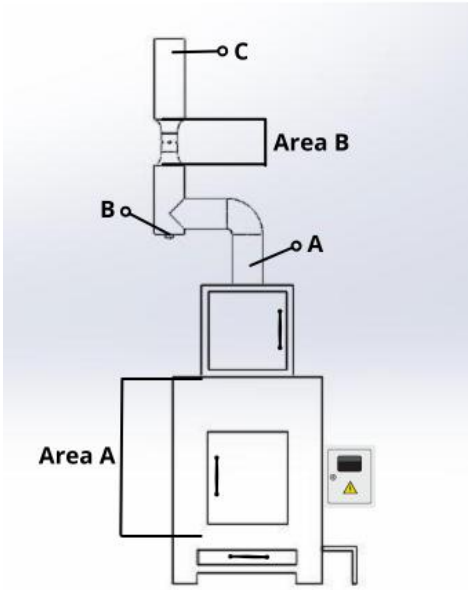
Solar digunakan sebagai pemantik pembakaran melalui *burner* yang nantinya digunakan untuk proses pembakaran pada isninerator. Bahan bakar yang digunakan pada penelitian adalah solar.

Gambar 3.15 Bahan Bakar

3.3 *Sampling Point*

Sampling point adalah penempatan titik dalam pengambilan data pada insinerator dan *ventury wet scrubber*. Tujuan penempatan *sampling point* ini adalah untuk memudahkan peneliti pada saat pengambilan data, sehingga diperoleh hasil yang efektif. Maka dari itu, *sampling point* yang ada yakni

pengambilan data untuk alat *gas analyzer* dan *Thermocouple.* Adapun ilustrasi *sampling point* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.16 *Sampling Point*

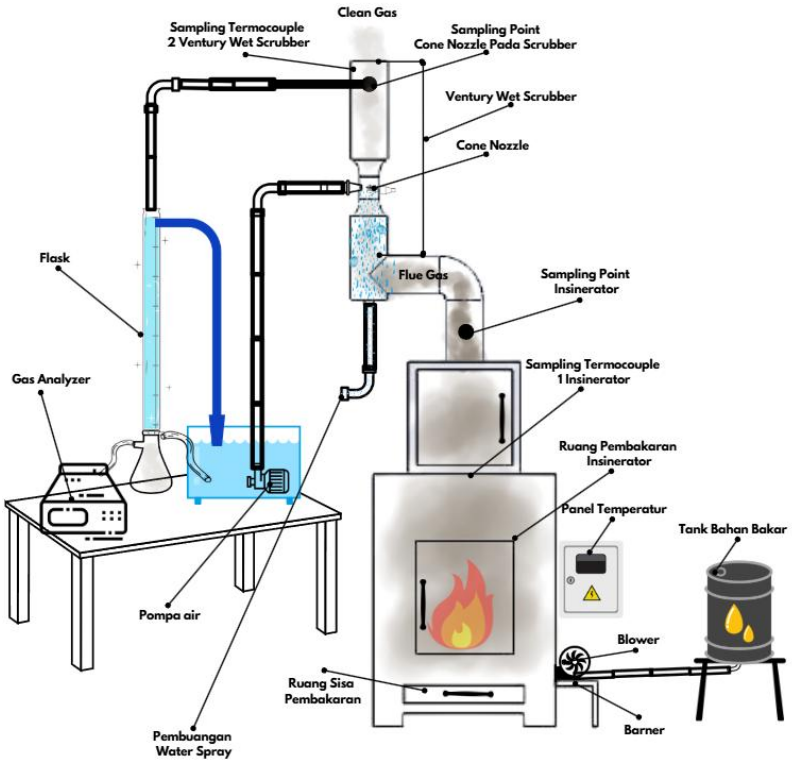
Berikut adalah penjelasan dari ilustrasi *sampling point* pada penelitian ini:

1. Area A merupakan ruang pembakaran sampah dan dalam titik area ini pula diambil data temperatur pembakaran sampah.
2. Area B merupakan ruang *throat* pada *ventury wet scrubber* dengan menggunakan tipe *water spray cone nozzle* yang bertemu atau bertabrakan langsung dengan emisi gas dari Area A.
3. Titik A merupakan tempat pengambilan sampel emisi gas menggunakan *gas analyzer* pada tahap pembakaran tanpa menggunakan *ventury wet scrubber*.
4. Titik B merupakan tempat pembuangan sisa cairan yang sudah terkontaminasi dengan gas dan partikulat yang di *spray* melalui area B, untuk dibuang ketempat penampungan.
5. Titik C merupakan tempat pengambilan sampel emisi gas menggunakan *gas analyzer* yang sudah melewati ruang *ventury wet scrubber*.

3.4 Skema Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan proses pengujian emisi. Maka dari itu, dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui penurunan emisi gas buang yang

dihasilkan insinerator tanpa *ventury wet scrubber* dan insinerator dengan *ventury wet scrubber* menggunakan tipe *water spray cone nozzle.* Oleh karena itu pada pengukuran emisi gas buang insinerator tanpa *ventury wet scrubber* dilakukan dengan cara membakar sampah domestik sebanyak 5 kg, lalu emisi gas buang yang dihasilkan oleh proses pembakaran insinerator dialirkan menuju *flask* untuk dilakukan pengukuran pada gas *analyzer*. Lalu pada emisi gas buang insinerator dengan *ventury wet scrubber* menggunakan tipe *water spray cone nozzle* dilakukan sama dengan insinerator sebelumnya hanya saja perbedaan disini dialirkan lagi menuju inlet *ventury wet scrubber,* emisi gas buang yang mengalir masuk kedalam *throat* pada ruang *ventury* yang langsung disemprotkan dengan air menggunakan *cone nozzle* yang berjumlah 4 buah *nozzle,* lalu emisi yang sudah bersih melewati *throat ventury* maka langsung dialirkan menuju *flask* untuk dilakukan proses pengukuran kadar emisi gas buang setelah melewati sistem *water spray* menggunakan gas *analyzer.* Adapun emisi gas buang yang diukur pada penelitian ini meliputi CO, CO_2, HC, dan O_2. Adapun gambar dari skema pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.17 Skema Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdapat 3 prosedur dalam penelitian ini yakni prosedur pengambilan data insinerator, Prosedur Pengambilan Data Insinerator Menggunakan Cone Nozzle Pada Ventury Wet Scrubber dan prosedur pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Prosedur Pengambilan Data Insinerator

Adapun prosedur persiapan penelitian ini guna mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

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* dan memulai kalibrasi alat ukur, untuk melakukan pembacaan nilai emisi gas dengan tingkat ketelitian tinggi.
5. Memasukan bahan bakar kedalam tanki bahan bakar yang kemudian akan dialirkan ke *burner*.
6. Memasukkan sampah sebanyak 5 kg kedalam insinerator.
7. Memanaskan corong *burner* agar api dapat menyala secara langsung.
8. Menyalakan *burner* di iringi dengan mengatur bukaan udara dan laju aliran bahan bakar hingga api dapat menyala secara stabil.
9. Menyalakan *blower* dan mengatur bukaan katup udara.
10. Memulai proses pengambilan data.

3.5.2 Prosedur Pengambilan Data Insinerator Menggunakan Cone Nozzle Pada Ventury Wet Scrubber

Adapun prosedur persiapan penelitian ini guna mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

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* dan memulai kalibrasi alat ukur, untuk melakukan pembacaan nilai emisi gas dengan tingkat ketelitian tinggi.
5. Mempersiapkan *ventury wet scrubber* beserta pompa dan air yang akan digunakan.
6. Memasukan bahan bakar kedalam tanki 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* di iringi 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*.
12. Memulai proses pengambilan data

3.5.3 Prosedur Pengambilan Data

Adapun prosedur pengambilan data yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

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.
6. Merapihkan kembali, untuk melakukan pengujian pembakaran selanjutnya.

3.6 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Pengambilan Data

Pada pelaksanaan penelitian ini, peneliti melaksanakan penelitian mulai dari bulan Oktober 2024 – Januari 2025 dan tempat pelaksanaan pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.