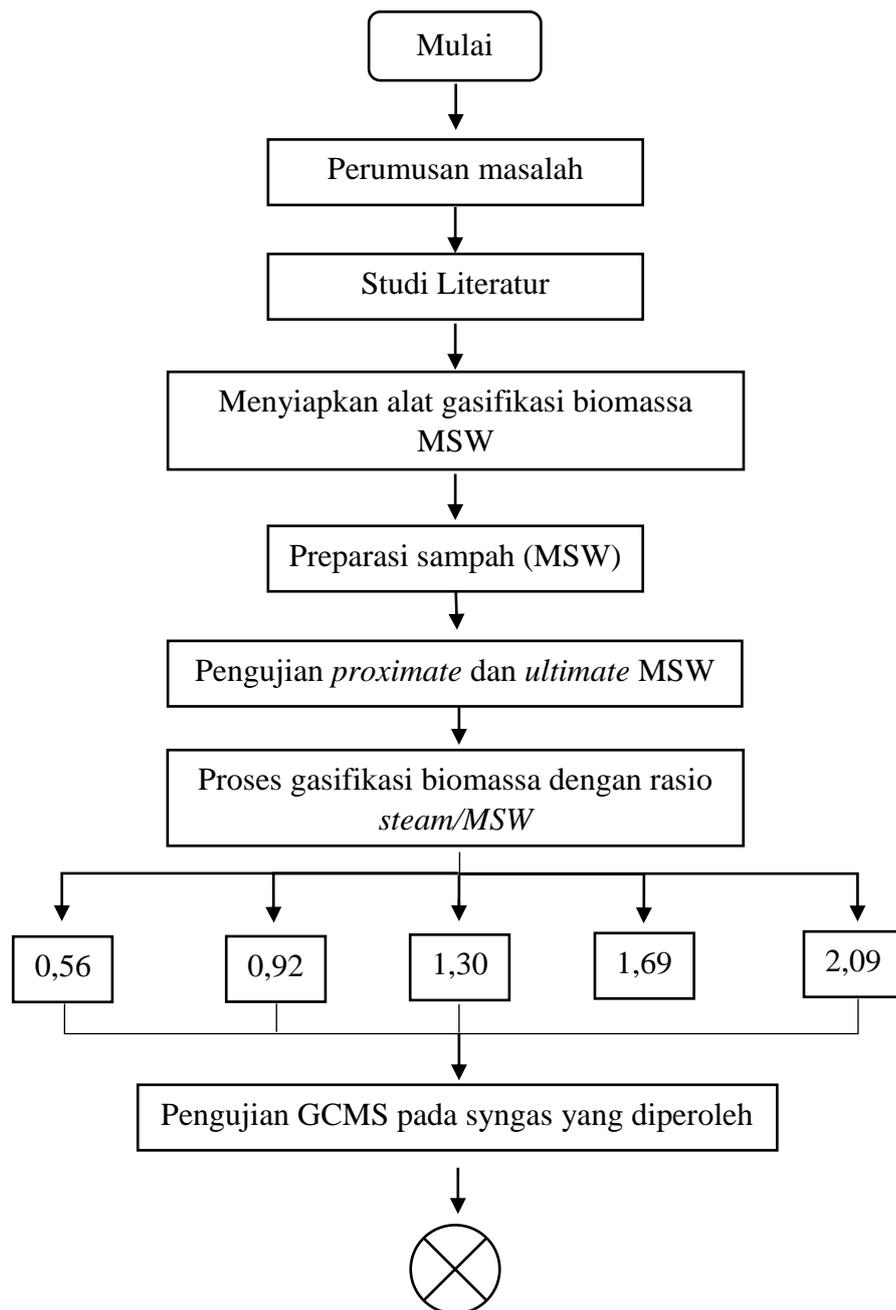


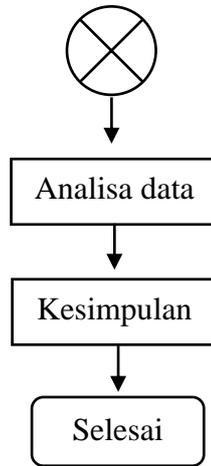
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat diagram alir yang menggambarkan jalannya penelitian berlangsung. Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian tersebut.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Dokumen Pribadi)

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun berdasarkan diagram alir penelitian di atas penjelasannya adalah sebagai berikut ini.

1. Studi Literatur

Dilakukan studi literatur guna menjadi referensi dalam penelitian yang akan dilaksanakan. Dalam metode studi literatur ini diambil beberapa media seperti jurnal, buku, maupun laporan akan penelitian sebelumnya.

2. Menyiapkan alat gasifikasi biomassa

Digunakan alat gasifikasi biomassa dengan tipe *Updraft* karena diyakini bahwa *gasifier* tipe *updraft* ini lebih sederhana mekanismenya dibandingkan *downdraft*. Dengan keunggulan lainnya mampu memproses biomassa kualitas rendah dengan lebih baik.

3. Preparasi sampah (MSW)

Sebelum dilakukan pengujian, sampah kota yang telah diperoleh dari daerah Kota Serang – Cilegon dipilah berdasarkan UPTD Pengelolaan Sampah Kota Serang Tahun 2022. Terdapat beberapa pengelompokan jenis sampah yang digunakan yaitu, sisa makanan (tulang, nasi, dan sayur)

sebanyak 50%, kertas dan karton 8%, kayu dan sampah taman 4%, kain 0,75%, karet 0,50%, plastik 35%, logam 0,5%, gelas 0,25%, lain-lain 1,00% (Dinas Lingkungan Hidup Kota Serang, 2022). Masing-masing sample dicampur menjadi satu sehingga total massa sampah 50 gram. Sampah tidak dipres atau dipadatkan guna mempertahankan volume dan proses gasifikasi akan mendekomposisi (mengurai) sampai yang berbentuk *granule* (butiran) dengan ukuran ± 5 mm. Akan digunakan 50 gram total sampah, yang mana apabila dijabarkan berat dari masing-masing komposisi sampah menjadi sebagai berikut.

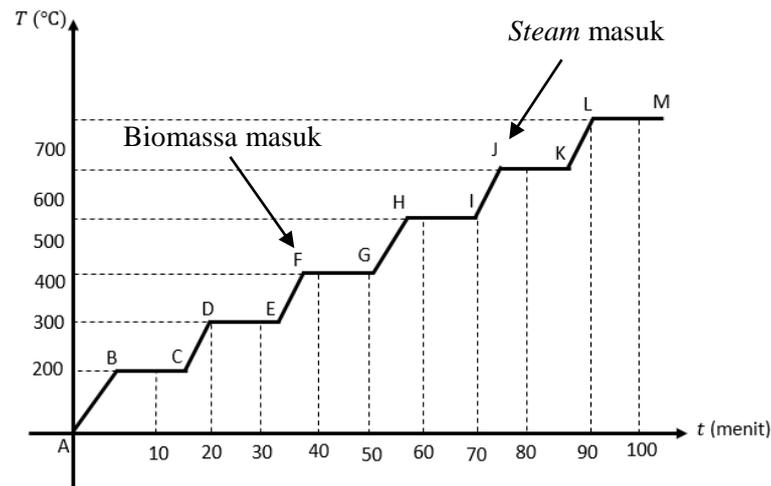
Tabel 3.1 Komposisi Sampah yang akan Digunakan

No.	Jenis Sampah	(%)	Komposisi	Massa Sampah (gr)
1.	Sisa Makanan	50,875	Tulang	5,087
			Sayur	10,175
			Nasi	10,175
2.	Plastik	35,613	Botol plastik	17,805
3.	Kertas dan Karton	8,14	Kertas dan kardus	4,07
4.	Kayu dan Sampah Taman	4,07	Serbuk kayu	2,035
5.	Kain	0,763	Kain perca	0,381
6.	Karet	0,509	Karet ban	0,254
Total Massa Sampah				50 gr

4. Analisa Uji *Proximate* dan *Ultimate* MSW

Dilakukan uji *proximate* dan *ultimate* terhadap MSW yang digunakan guna mengetahui kandungan unsur atau senyawa utama pada MSW. Dengan pengujian ini, akan didapatkan nilai kadar air (*moisture*), abu, karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, dan oksigen dari sample yaitu MSW.

5. Proses Gasifikasi Biomassa dengan Variasi Rasio *Steam*/MSW



Gambar 3.2 *Timeline* Proses Gasifikasi

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Grafik di atas merupakan *timeline* proses gasifikasi saat melaksanakan pengambilan syngas. Pada titik A-B suhu dinaikkan sampai 200 $^{\circ}\text{C}$ yang berlangsung selama 3 menit. Kemudian pada titik B-C didiamkan selama 15 menit. Lalu dari titik C-D suhu dinaikkan sampai 300 $^{\circ}\text{C}$ selama 2 menit. Selanjutnya dari titik D-E ditunggu sampai 15 menit. Kemudian suhu dinaikkan pada titik E-F menjadi 400 $^{\circ}\text{C}$ selama 2 menit. Pada suhu 400 $^{\circ}\text{C}$, MSW dimasukkan ke dalam alat dan ditunggu selama 15 menit pada titik F-G. Kemudian dari titik G-H dinaikkan suhunya menjadi 550 $^{\circ}\text{C}$ selama 3 menit. Lalu didiamkan lagi selama 15 menit pada titik H-I. Pada titik I-J selanjutnya suhu dinaikkan menjadi 650 $^{\circ}\text{C}$ selama 2 menit. Kemudian ditunggu menjadi 15 menit pada titik J-K. Pada K-L, suhu dinaikkan menjadi 750 $^{\circ}\text{C}$ dan didiamkan pada titik L-M sampai 15 menit. Suhu 750 $^{\circ}\text{C}$ digunakan sebagai suhu acuan utama dalam pengambilan syngas, karena pada suhu ini alat gasifikasi mendapatkan komposisi syngas paling optimal (Renata, 2023).

Dengan variasi rasio *steam* terhadap MSW (S/MSW) pada rentang 0,56 – 2,09. Nilai uap air (*steam*) didapat berdasarkan lama air habis menguap dengan satuan gram/jam. Begitupula nilai MSW didapat dari lama MSW habis setelah dipanaskan pada suhu tertentu dengan satuan gram/jam pula. Akan divariasikan lama air menguapnya dengan mengatur

kuat arus yang dialirkan. Kemudian nilai uap air yang divariasikan akan dibandingkan dengan nilai MSW. Sehingga akan didapatkan variasi rasio uap dan MSW.

6. Pengujian GCMS pada syngas yang diperoleh

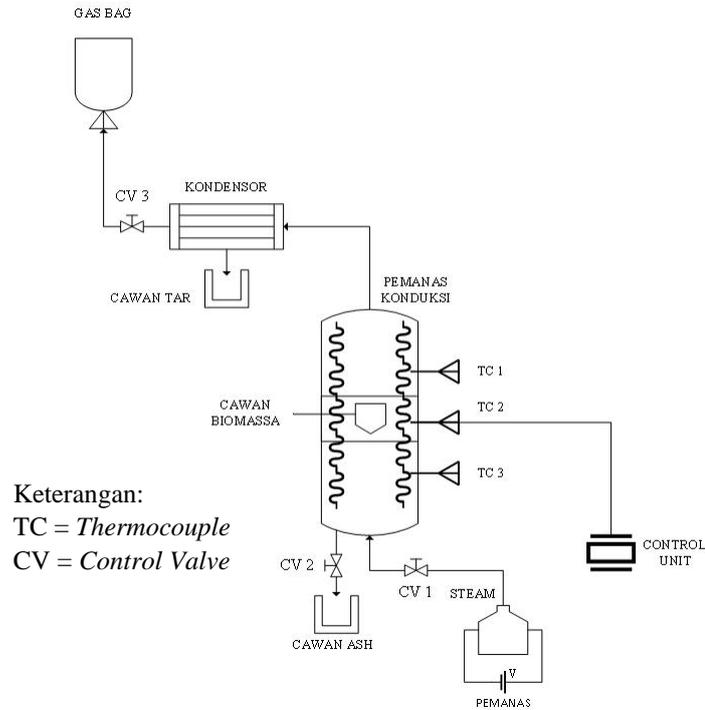
Syngas diuji guna mengetahui senyawa yang terkandung dalam *syngas* melalui proses *GCMS (Gas Chromatography and Mass Spectroscopy)* yang dilakukan di Laboratorium Balai Besar Penelitian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS. Standar pengujian GCMS yang digunakan adalah GPA 2261:2020. Dengan alat yang digunakan adalah GC 7890 produksi dari perusahaan *Agilent Technologies* dengan gas pembawa (*carrier*) yakni Helium menggunakan detektor TCD (*Thermal Conductivity Detector*). Setelah proses GCMS dilakukan, akan didapatkan komposisi senyawa-senyawa yang terkandung dalam syngas seperti karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂), metana (CH₄), dan karbon dioksida (CO₂).

7. Analisa Data

Akan dianalisa variasi rasio mana yang mampu menghasilkan komposisi syngas khususnya dari segi kandungan hidrogennya. Dianalisa pula volume atau massa tar yang dihasilkan pada masing-masing variasi rasio S/MSW.

3.3 Skema Alat Penelitian

Sudah dijabarkan sebelumnya, tipe reaktor yang digunakan adalah tipe *updraft*. Berikut merupakan skema dari alat yang digunakan untuk memproses biomassa, yaitu MSW, menjadi *syngas*.



Gambar 3.3 Skema Alat Penelitian

(Sumber: Dokumen Pribadi)

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat yang Digunakan

Dalam penelitian ini terdapat alat yang menunjang keberlangsungan penelitian. Berikut merupakan alat yang digunakannya.

1. Thermocouple K

Berfungsi untuk mengukur suhu pada reaktor. Termokopel K ini mampu mengukur suhu mencapai 1260°C. Digunakan termokopel tipe K ini sebanyak 3 buah.

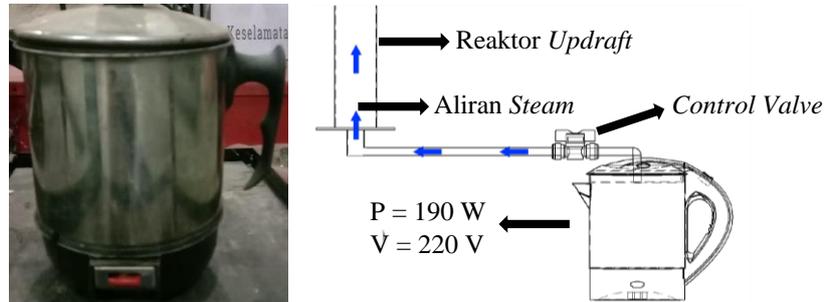


Gambar 3.4 Thermocouple K

(Sumber: Dokumen Pribadi)

2. *Steam Generator*

Digunakan *steam generator* berupa pemanas air elektrik yang nantinya akan mengalirkan uap air menuju reaktor. Arus listrik *steam generator* dapat diatur menggunakan potensiometer untuk mendapatkan variasi rasio *steam/MSW*. Uap air yang dihasilkan masuk melalui bagian bawah reaktor yang nantinya akan bercampur dengan syngas pada *gasifier*.

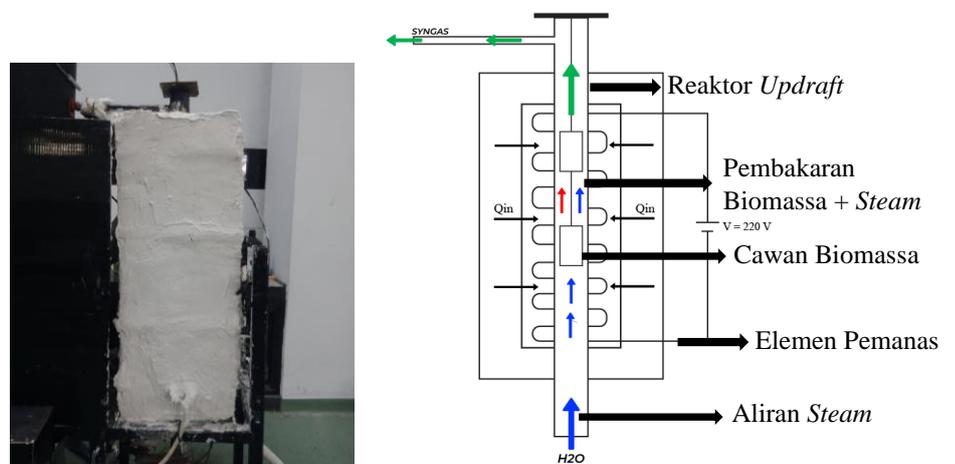


Gambar 3.5 *Steam Generator*

(Sumber: Dokumen Pribadi)

3. *Gasifier* (Pemanas Induksi) Proses Gasifikasi

Pada gambar di bawah kiri merupakan foto dari *gasifier* tipe *updraft* yang digunakan. Skema dari *gasifier* tergambar pada gambar bawah kanan. Pada *gasifier* uap air masuk dari bawah kemudian bercampur dengan syngas yang terbentuk dari proses gasifikasi MSW yang kemudian keluar pada bagian atas *gasifier* dan masuk melalui pipa menuju kondensor.

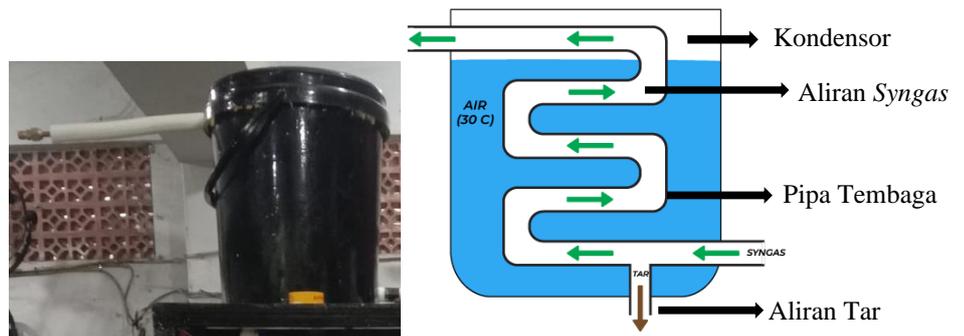


Gambar 3.6 *Gasifier* Proses Gasifikasi

(Sumber: Dokumen Pribadi)

4. Kondensor

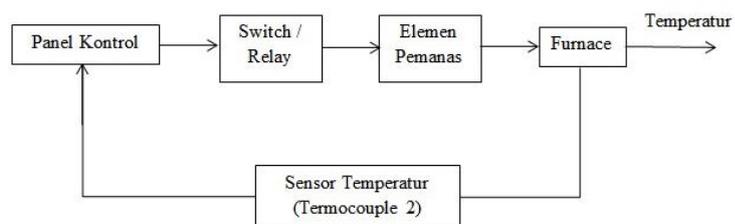
Kondensor berfungsi untuk menurunkan suhu dari gas yang dihasilkan oleh reaktor. Pada gambar kondensor di bawah ini, ember digunakan sebagai air yang digunakan untuk menyetabilkan suhu dari campuran syngas dan uap air yang keluar dari *gasifier*. Di dalamnya terdapat lilitan pipa untuk mengalirkan syngas yang kemudian keluar pada bagian atas kondensor kemudian gas akan ditampung pada *sample bag*. Adapun tar yang terbentuk berupa cairan karena proses kondensasi menghasilkan zat pengotor yang turun melalui bagian bawah kondensor.



Gambar 3.7 Kondensor

(Sumber: Dokumen Pribadi)

5. Panel Kontrol



Gambar 3.8 Panel Kontrol dan Skema

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar di atas merupakan skema dari sistem kontrol yang digunakan pada *control panel* alat gasifikasi. Dengan panel kontrol yang dihubungkan melalui *switch* untuk menyalakan atau mematikan elemen pemanas yang terhubung dengan *furnace*, kemudian pada *furnace* terdapat termokopel 2 yang berada pada tengah *furnace* akan mendeteksi temperatur menggunakan sensornya yang akan memberikan informasi suhu kepada panel kontrol kembali.

6. Tang Amphere

Tang amphere digunakan untuk mengukur kuat arus, voltase, resistansi dan sebagainya yang dikeluarkan oleh reaktor. Pada pengujian alat, tang amphere ini dikhususkan untuk mengukur arus yang masuk pada *steam generator*.



Gambar 3.9 Tang Amphere

(Sumber: Dokumen Pribadi)

7. Timbangan Digital

Digunakan untuk mengukur massa dari MSW yang digunakan atau massa air.



Gambar 3.10 Timbangan Digital

(Sumber: Dokumen Pribadi)

8. Oven

Oven dipakai guna mengeringkan MSW yang digunakan sebagai biomassa pada proses gasifikasi.



Gambar 3.11 Oven

(Sumber: Dokumen Pribadi)

9. *Sampling Bag*

Sampling bag digunakan sebagai wadah untuk menyimpan syngas hasil pengujian yang kemudian akan dianalisa *GCMS* di laboratorium.



Gambar 3.12 *Sampling Bag*

(Sumber: Dokumen Pribadi)

10. *Gas Chromatography* (GC 7890)

Alat kromatografi gas yang diproduksi oleh *Agilent Technologies* ini digunakan untuk menganalisa komposisi gas H_2 , CH_4 , CO_2 , dan CO . Dengan menggunakan detektor TCD (*Thermal Conductivity Detector*) menggunakan gas pembawa *carrier* Helium detektor yang mampu merespon semua senyawa, tidak termasuk gas pembawanya.



Gambar 3.13 GC-7890

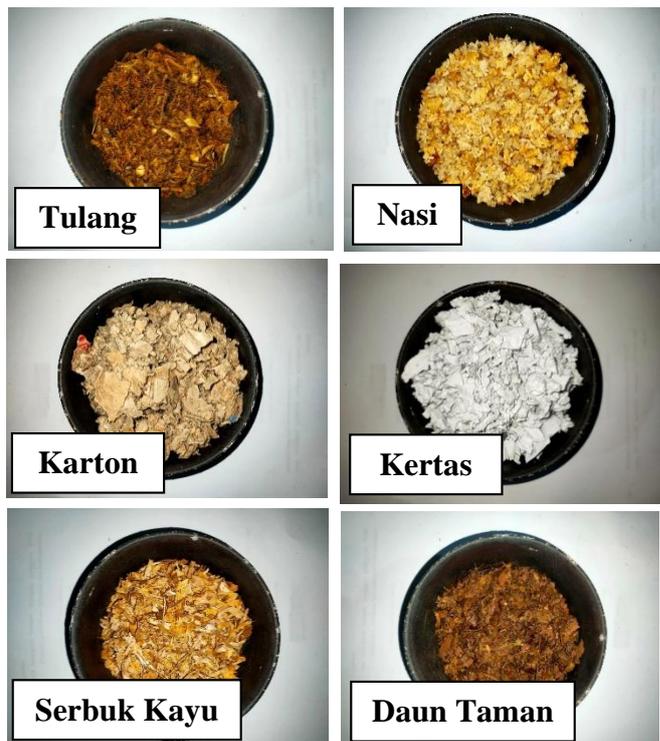
(Sumber: Dokumen Pribadi)

3.4.2 Bahan yang Digunakan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian pada kali ini adalah sebagai berikut.

1. Air
2. Limbah MSW

Limbah *Municipal Solid Waste* (MSW) yang diambil di sekitar Kota Serang – Cilegon ini sebelum dipakai harus dikeringkan terlebih dahulu guna mengurangi kadar air pada sampah. Adapun berikut merupakan komposisi dari sampahnya.





Gambar 3.14 Limbah MSW

(Sumber: Dokumen Pribadi)

3.5 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian uji gasifikasi berlangsung selama 3 bulan yang terhitung setelah seminar proposal dilaksanakan. Pengambilan syngas berlokasi di Laboratorium Prestasi Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Adapun pengujian komposisi syngas dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS, Kebayoran Lama, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta.