III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

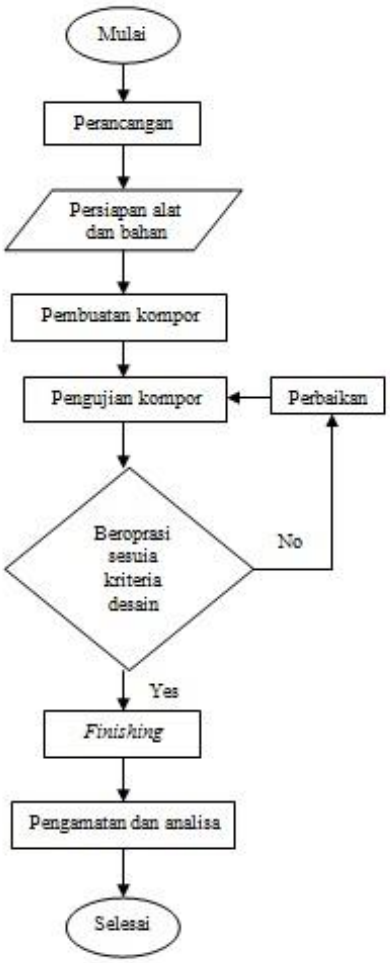
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2011 sampai dengan bulan Desember 2011 di bengkel Mekanisasi Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pembuatan dan pengujian kompor gasifikasi biomassa ini yaitu panci, bor listrik, palu, gunting plat, tang, *stop watch*, gergaji, timbangan digital, termokopel, meteran, penjepit bahan bakar, meja kerja, alat tulis dan komputer dengan *software autocad*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam pembuatan dan pengujian kompor gasifikasi biomassa dengan prinsip gasifikasi ini adalah sekam padi, serutan kayu sengon, kayu karet, air, plat seng 0,1 cm, tiner dan cat.

3.3. Prosedur Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian perlu dilakukan penyusunan prosedur penelitian untuk mempermudah dan memperjelas arah penelitian, yaitu dengan menyusun tahap-tahap penelitian sebagaimana terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur penelitian

Dari diagram alir di atas, setiap proses tahapan mulai dari perancangan, persiapan alat dan bahan, pembuatan kompor, pengujian kompor, *finishing*, pengamatan dan analisa. Setiap proses tahapan mempunyai penjelasan yang berbeda-beda yaitu sebagaimana berikut:

⇨ Perancangan

Perancangan bertujuan untuk menghasilkan alat yang sesuai kebutuhan dengan menerapkan aspek ergonomika, dalam perancangan alat biasanya hanya berupa gambar 2D (dua dimensi) yang disertakan ukuran-ukuran yang sudah ditentukan (desain kerja).

⇨ Persiapan Alat dan Bahan

Kegiatan ini meliputi penyiapan bahan dan peralatan yang akan digunakan. Dalam kegiatan ini terdapat *quality control* terhadap bahan yang digunakan, bahan-bahan yang telah lulus pengecekan yang diproses ke tahap selanjutnya.

⇨ Pembuatan Kompor

Pembuatan kompor meliputi kegiatan: pengukuran bahan, pemotongan bahan, pembentukan bahan, dan perakitan unit.

⇨ Pengujian Kompor

Setelah semua bahan mengalami proses pengukuran, pemotongan, pembentukan, dan perakitan kemudian kompor diuji coba apakah sesuai dengan kriteria desain, apabila kompor sesuai dengan kriteria desain maka akan menuju ketahap selanjutnya dan apabila kompor tidak sesuai dengan kriteria desain maka kompor akan menuju keproses perbaikan.

⇨ Pengamatan dan analisa

Uji coba yang dilakukan dengan menghitung parameter yang telah ditentukan kemudian mencatat serta mengolah data hasil dari pengujian.

⇨ *Finishing*

Setelah alat lulus dari proses uji coba, tahap selanjutnya adalah *finishing*. *Finishing* ini berupa pengecatan. Pengecatan dilakukan guna memberi perlindungan bagi bahan yang mudah berkarat agar tidak berkarat, selain itu juga guna mempercantik tampilan alat. Selanjutnya setelah alat sudah dicat, alat akan disimpan dan siap dioprasikan kapan saja.

3.4. Pendekatan Rancangan

Pendekatan rancangan sangatlah penting dalam proses pembuatan suatu alat, pendekatan rancangan adalah sebagian kecil penjelasan alat yang akan dibuat sehingga alat yang akan dibuat sesuai dengan fungsinya. Pendekatan rancangan dalam hal ini meliputi kriteria desain, desain fungsional, desain struktural.

3.4.1. Kriteria Desain

Kompor gasifikasi biomassa diharapkan dapat berfungsi sesuai dengan kriteria desain, yaitu sebagai berikut:

1. Dapat menghasilkan nyala api yang baik sebagai hasil dari proses gasifikasi
2. Efisiensi energi kompor ≥ 15%.

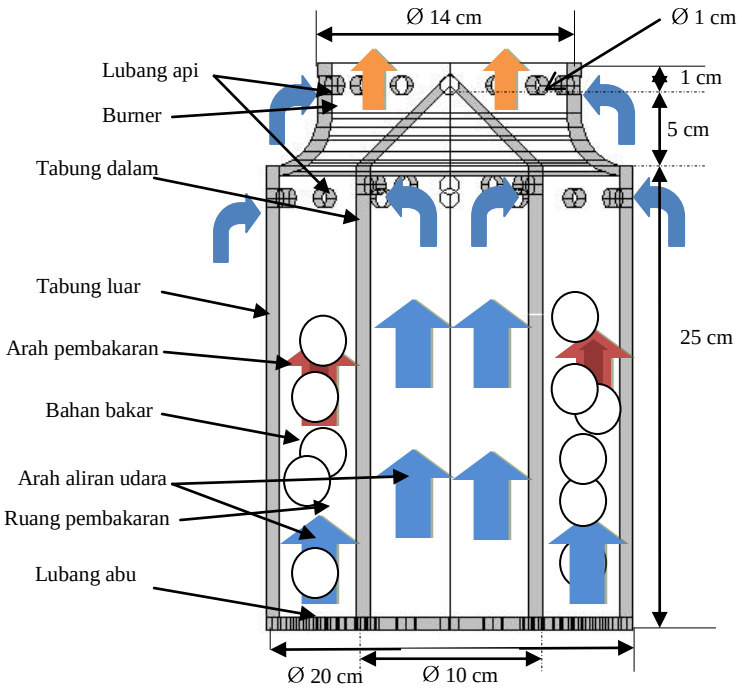
3.4.2. Desain Fungsional

Kompor berbahan bakar biomassa tersusun atas beberapa komponen utama. Setiap komponen dari kompor ini memiliki fungsi yang berbeda-beda, komponen utama dari kompor berbahan bakar biomassa meliputi: tabung reaktor, *burner*,dan selimut reaktor.

⇨ Tabung reaktor

Tabung reaktor berfungsi sebagai tempat meletakkan dan membakar bahan bakar yang akan digunakan untuk memasak. Di dalam tabung reaktor terdapat tabung yang berdiameter lebih kecil (tabung reaktor dalam) yang berfungi sebagai aliran udara sekunder, alas tabung reaktor juga diberi lubang yang berfungsi sebagai aliran udara dan tempat keluarnya abu yang kemudian tersimpan pada kotak abu.

Untuk mengetahui secara jelas gambar tabung reaktor, pada Gambar 8 disajikan gambar tabung reaktor yang disertai ukuran dan nama bagian-bagiannya.



Gambar 8. Desain tabung reaktor

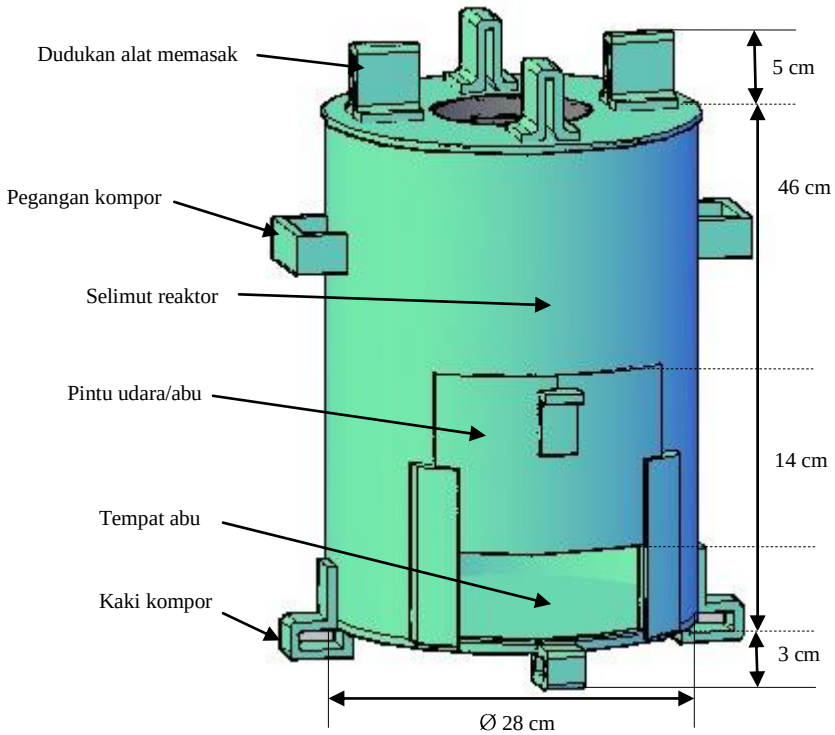
⇨ *Burner*

Burner berfungsi sebagai pengatur arah api sehingga tidak menyebar terlalu jauh dari panci (alat memasak). Pada *burner* terdapat lubang yang berada pada bagian atas dan bagian sisi miring, lubang tersebut berfungsi sebagai tempat aliran oksigen sehingga terjadi pencampuran oksigen didalam tabung reaktor. Pada Gambar 8 disajikan bentuk *burner* yang ada pada kompor biomassa ini.

⇨ Selimut reaktor

Selimut reaktor berfungsi: tempat meletakkan tabung reaktor sehingga tabung reaktor dalam posisi tergantung, tempat pemasukkan bahan bakar, tempat meletakkan panci, tempat penyimpanan dan pengeluaran abu, pengatur besar

kecilnya aliran udara yang berpengaruh pada besar kecilnya api, tempat meletakan pegangan kompor sehingga dapat memindahkan secara praktis. Pada bagian atas selimut terdapat lubang yang berfungsi untuk penyalur udara ke burner. Diatas selimut reaktor terdapat penutup kompor yang diberi tambahan empat buah plat seng yang dibentuk menyerupai huruf "U" terbalik yang berfungsi sebagai dudukan alat memasak. Untuk pemasukan bahan bakar memanfaatkan lebar celah antara masing-masing dudukan alat memasak. Pada Gambar 9 dapat dilihat bentuk selimut reaktor beserta nama bagian-bagiannya.



Gambar 9. Desain selimut reaktor

3.4.3. Desain Struktural

Kompor biomassa tersusun atas tiga komponen utama yaitu: tabung reaktor, burner, selimut kompor. Selimut reaktor terletak dibagian terluar dari komponen-

komponen kompor yang semuanya terbuat dari plat seng. Pada selimut kompor juga terdapat beberapa fungsi seperti adanya dudukan kompor pada bagian atas, kaki kompor dan pintu abu / udara pada bagian bawah, pegangan kompor yang berada dikedua sisi kompor. Tabung reaktor terletak tergantung didalam selimut kompor, tabung reaktor terdiri dari dua bagian tabung yaitu tabung reaktor luar sebagai tempat bahan bakar dan tabung reaktor dalam sebagai tempat aliran udara. Pada atas tabung reaktor tersdapat *burner* yang fungsunya sebagai pengarah api.

⇨ Tabung reaktor

Tabung reaktor dibuat dari plat seng 1 mm yang dibentuk melingkar dengan diameter lingkaran luar 20 cm, sedangkan diameter tabung dalam adalah 10 cm. Reaktor kompor gasifikasi biomassa terdiri dari dua tabung yang keduanya memiliki tinggi 25 cm. Tabung reaktor diberi lubang yang berfungsi sebagai tempat masuk nya udara, ukurannya 1 cm yang terdapat pada bagian atas tabung, tengah dan bawah.

Untuk mengetahui dimensi dan ukuran secara detail disajikan pada Gambar 8 yang menyajikan ukuran tabung reaktor dalam. Pada tabung reaktor luar, terdapat tiga tempat lubang yaitu pada bagian alas, dinding, dan atas tabung yang memiliki ukuran diameter 1 cm. Tabung reaktor dilengkapi dengan cincin yang melingkar mengelilingi tabung yang memiliki panjang 4 cm dari sisi tabung reaktor bagian luar. Dimensi dan ukuran tabung reaktor disajikan pada Gambar 8.

⇨ *Burner*

Burner terbuat dari plat seng 1 mm yang dibentuk melingkar, *burner* mimiliki ukuran tinggi dari bawah sampai atas adalah 8 cm. *Burner* terdiri dari dua

lingkaran, lingkaran pertama dilengkungkan kedalam sehingga memperkecil diameter lingkaran tabung reaktor dan lingkaran yang kedua dibiarkan tegak keatas. Lingkaran pertama memiliki ukuran diameter 20 cm dan lingkaran kedua memiliki diameter 14 cm. Pada *burner* terdapat lubang yang berukuran diameter 1 cm. Dimensi dan ukuran *burner* disajikan pada Gambar 8.

- Selimut reaktor

Selimut reaktor terbuat dari plat seng 1 mm yang dibentuk melingkar dengan diameter 28 cm, dan memiliki tinggi 46 cm. Pada komponen selimut reaktor terdapat bagian-bagian seperti dudukan alat memasak, pintu abu, kaki kompor, dan pegangan kompor. Dudukan alat memasak berbentuk seperti huruf "U" terbalik yang mempunyai ukuran panjang 5 cm dan tinggi 5 cm. Pintu abu berbentuk persegi yang dibentuk melengkung mengikuti lingkaran diameter selimut kompor dengan ukuran panjang 18 cm dan tinggi 14 cm. Kaki kompor memiliki ukuran tinggi 5 cm dari bawah selimut reaktor dan lebar plat 3 cm. Pegangan kompor memiliki dimensi ukuran lebar 3 cm dan dari dinding selimut reaktor berjarak 3 cm. Dimensi dan ukuran selimut reaktor disajikan pada Gambar 9.

3.5. Pembuatan Kompor Gasifikasi Biomassa

Proses pembuatan kompor diawali dengan menyediakan bahan-bahan yang telah ditentukan. Kemudian, mengukur plat seng yang akan dipotong untuk pembuatan tabung reaktor yang terdiri dari tabung luar dan tabung dalam sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan pada perancangan. Setelah terpotong kemudian membentuk menjadi silinder yang kemudian akan disatukan sisi-sisinya. Jarak

antara tabung reaktor luar dan tabung reaktor dalam adalah 10 cm, jarak ini akan diisi bahan bakar biomassa. Pada bagian atas tabung reaktor diberi lubang yang berguna sebagai tempat keluarnya api serta masuknya udara.

Burner dibuat dari plat seng yang telah diukur sesuai rancangan, kemudian dipotong dan dibentuk menjadi silinder. Selanjutnya melubangi bagian atas dan bawah silinder. Lubang ini berguna sebagai tempat keluarnya api dari proses pembakaran.

Selimut kompor dibuat dari plat seng yang telah diukur sesuai rancangan, kemudian dipotong dan dibentuk menjadi silinder. Pada bagian bawah selimut reaktor dibuat sebuah pintu untuk memudahkan dalam mengeluarkan dan sebagai tempat masuknya udara sekunder. Bagian atas selimut kompor dibuat lubang melingkar, lubang ini berfungsi sebagai tempat udara sekunder masuk guna menstabilkan nyala api.

Tahap akhir yaitu penyusunan komponen-komponen kompor gasifikasi biomassa dengan cara disusun sesuai tata letaknya. Setelah membentuk suatu kompor gasifikasi biomassa, barulah dapat dilakukan pengujian.

3.6. Pengujian Kompor Gasifikasi Biomassa

Kinerja alat dapat diketahui dengan melakukan pengujian pada kompor, sehingga dapat diketahui apakah kompor bekerja dengan optimal dan sesuai dengan kriteria desain atau tidak. Hasil pengujian yang dilakukan akan diamati, pengamatan dilakukan terhadap kapasitas bahan bakar, waktu mendidihkan air, nyala api, energi yang tersedia, energi yang terpakai, efisiensi termal, dan daya kompor.

Selain melakukan pengamatan, hasil pengujian kinerja kompor juga akan dibuat perhitungan dan dianalisis.

Pengujian kompor gasifikasi biomassa dilakukan dengan cara merebus air sebanyak 5 liter dengan menggunakan bahan bakar serutan kayu dan sekam padi, serta 10 liter air dengan menggunakan bahan bakar kayu. Perlakuan ini dilakuakan dengan 3 kali pengulangan, sehingga akan didapatkan prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Mengukur berat biomassa yang akan dimasukkan kedalam tabung rekator seperti pada lampiran Gambar 30.
2. Mengisi tabung reaktor dengan biomassa yang telah diketahui beratnya, pastikan dalam pengisian bahan bakar tidak menutup semua lubang yang ada pada tabung reaktor.
3. Setelah tabung reaktor terisi bahan bakar, kompor kemudian dinyalakan dengan menggunakan minyak tanah sebagai pemicu awal api.
4. Besar kecilnya api dapat diatur dengan menggeser panel pengatur volume api, kebawa untuk memperkecil api dan keatas untuk membesarkan api.
5. Masukkan 5 liter air untuk sekam padi dan serutan kayu, pada bahan bakar kayu dilakukan dengan dua tahap masing-masing 5 liter. Masukkan kedalam panci lalu masak hingga mendidih. Suhu air diukur sebelum dimasak dan setelah air mendidih dengan menggunakan termokopel. Selain itu, lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan akan dihitung juga dengan *stopwatch*.

6. Warna nyala api akan diamati secara visual dari awal sampai selesai mendidihkan air, sedangkan suhu nyala api akan diukur mengguanakan temokopel seperti yang terlihat pada lampiran Gambar 28.
7. Apabila bahan bakar kurang dapat ditambahkan melalui lubang pemasukan bahan bakar yang ada di atas kompor. Sebelum dimasukan timbang terlebih dahulu bahan bakar yang akan ditambahkan.
8. Gunakan penjepit untuk memasukkan bahan bakar pada saat kompor sudah menyala.
9. Hitung waktu hingga air mendidih dan ukur temperatunya.
10. Apabila bahan bakar tidak habis maka dibersihkan dari sisa abu yang menempel kemudian arang ditimbang agar didapatkan beratnya.

Untuk mengetahui kapasitas bahan bakar yang mampu ditampung oleh sebuah kompor dilakukan pengujian dengan cara menghitung volume tabung reaktor menggunakan persamaan:

$$V = \pi r^2 t \qquad \text{.....} \quad (2)$$

Dimana: V = Volume reaktor (cm^3)
r = Jari-jari silinder dalam (cm)
t = Tinggi silinder dalam (cm)

Panas laten atau *latent heat* (Q_l) adalah jumlah energi yang digunakan untuk menguapkan air, panas laten dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_l = M_w \times hfg \qquad \text{.....} \quad (3)$$

Dimana: M_w = massa air yang menguap (kg)
hfg = panas laten penguapan air (2260 kJ/kg)

Panas sensibel atau *sensible heat* (Q_s) adalah jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikan temperatur air. Untuk mengetahui berapa nilai panas sensibel dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_s = M \times C_p \times (T_2 - T_1) \quad \text{.....} \quad (4)$$

Dimana:
- M = massa air (kg)
- C_p = panas jenis air (4.186 kJ/kg^{o}C)
- T_2 = temperatur akhir air saat mendidih (^{o}C)
- T_1 = temperatur awal air (^{o}C)

Banyaknya energi pemakaian bahan bakar utama, dihitung menggunakan persamaan:

$$E_1 = N_b \times M_b \quad \text{.....} \quad (5)$$

Dimana:
- E_1 = jumlah energi bahan bakar yang terpakai (kJ)
- N_b = nilai kalori bahan bakar (kJ/kg)
- M_b = massa bahan bakar yang terpakai (kg)

Banyaknya energi pemakaian minyak tanah sebagai penyulut nyala api, dihitung menggunakan persamaan:

$$E_2 = N_m \times M_m \quad \text{.....} \quad (6)$$

Dimana:
- E_2 = jumlah energi minyak tanah yang terpakai (kJ)
- N_m = nilai kalori minyak tanah (37674 kJ/l)
- M_m = massa minyak tanah yang terpakai (kg)

Banyaknya energi yang tersisa (arang), dihitung menggunakan persamaan:

$$E_3 = N_a \times M_a \quad \text{.....} \quad (7)$$

Dimana:
- E_3 = jumlah energi arang (kJ)
- N_a = nilai kalori arang (kJ/kg)
- M_a = jumlah arang (kg)

Banyaknya energi pemakaian bahan bakar (kJ), dihitung menggunakan persamaan:

$$E_{tot} = E_1 + E_2 - E_3 \quad \text{.....} \quad (8)$$

Kebutuhan energi spesifik bahan bakar, dihitung menggunakan persamaan:

$$E_{spesifik} = \frac{E_{tot}}{M} \quad \text{.....} \quad (9)$$

Dimana : E_{tot} = konsumsi energi (MJ)
M = massa air (kg)

Untuk mengetahui efisiensi thermal kompor (η_{th}), dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{Q_S + Q_L}{E_{tot}} \times 100\% \quad \text{.....} \quad (10)$$

Untuk mengetahui daya kompor biomassa (S), dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{E}{t} \quad \text{.....} \quad (11)$$

Dimana : W = total energi (kJ), untuk daya input E = penyebut pada persamaan (1). Sedangkan untuk daya output E = Q_l+Q_s sama dengan pembilang pada persamaan (1).
t = waktu (s)

3.7. Analisis Data

Data yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi kapasitas bahan bakar, waktu mendidihkan air, nyala api, energi yang terpakai, energi yang tersedia, daya kompor, dan efisiensi termal. Data percobaan, pengamatan, dan perhitungan yang diperoleh akan dianalisis serta disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan uraian.