

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan dimulai dari Bulan Juli – Desember 2021. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Fakultas Teknologi Industri UNUGHA CILACAP. Adapun jadwal setiap kegiatan terlampir pada Lampiran 1.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan perbengkelan untuk membuat disain tungku biomassa dijelaskan sebagai berikut :

- a) Las listrik,
- b) Gerinda tangan,
- c) Mesin bor tangan,
- d) Penggaris siku,
- e) Busur,
- f) Meteran,
- g) Gunting,
- h) Tang,
- i) Obeng

Adapun pengujian kinerja tungku biomassa dilapangan menggunakan peralatan sebagai berikut :

- a) *Cutting well*
- b) Timbangan digital
- c) Termokopel
- d) Stopwatch

Bahan yang digunakan pada perancangan tungku biomassa adalah sebagai berikut:

- a) Besi plat
- b) Besi siku
- c) elektroda

Bahan yang digunakan pada uji kinerja pada penelitian ini adalah kayu rambutan.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan yaitu identifikasi masalah, perancangan konsep disain, pembuatan model tungku biomassa dan uji kinerja tungku biomassa dan pengolahan data hasil uji kinerja. Diagram alir prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 9. Tahapan penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

1) Identifikasi masalah

Pada tahapan ini, melakukan identifikasi terhadap kendala-kendala yang dihadapi pada pengering *hybrid* yang telah ada dan dilakukan pengembangan.

2) Perancangan konsep disain

Pada tahapan ini, menentukan disain berupa konsep bentuk, ukuran dari tungku biomassa, dan fungsi dari setiap komponennya.

3) Pembuatan model tungku biomassa

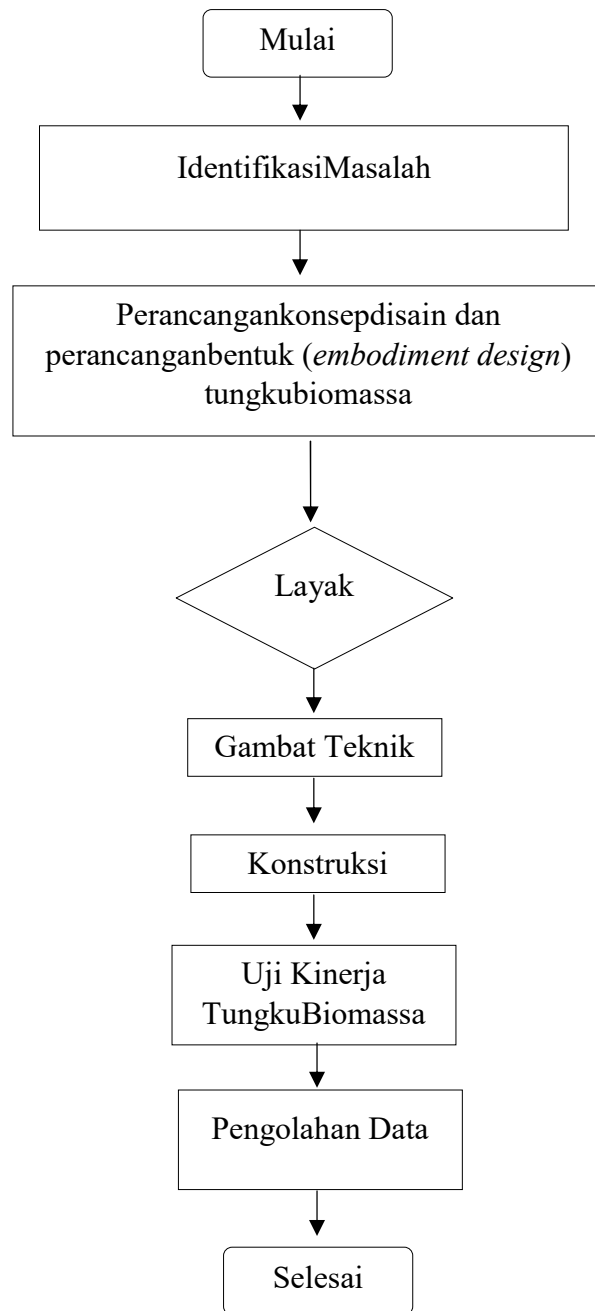
Tahapan ini yaitu membuat model tungku biomassa dengan skala percobaan didasari dari konsep ide rancangan.

4) Pengujian kinerja tungku biomassa

Tahapan ini melakukan pengujian dari efisiensi tungku dan melihat panas yang dihasilkan selama proses pengeringan.

5) Pengolahan data uji kinerja tungku biomassa

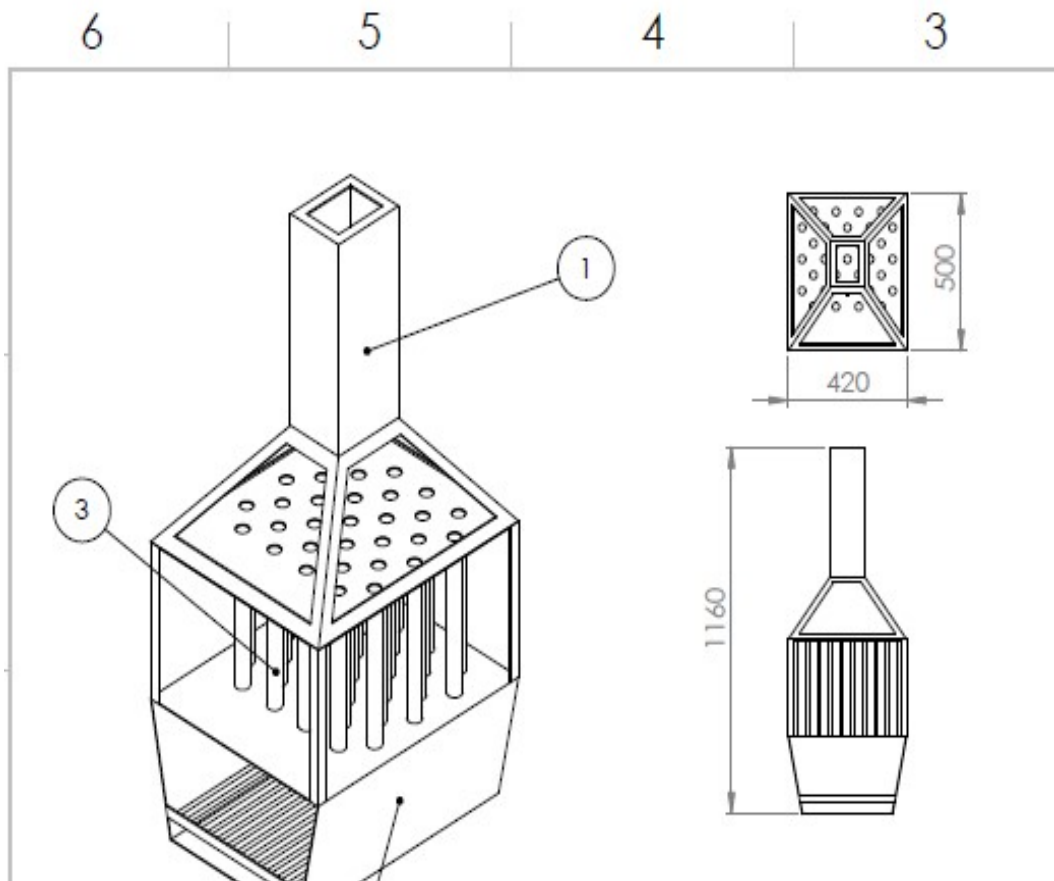
Tahapan ini yaitu melakukan penampilan data suhu dalam bentuk grafik untuk dilihat bagaimana fenomena selama proses pembakaran tungku biomassa berlangsung.



Gambar 9. Prosedur Penelitian

3.4. Rancangan

Rancangan tungku biomassa pada mesin pengering *hybrid* biji kopi terdiri dari unit ruang pembakaran dan pipa *heat exchanger*. Untuk gambar rancangan tungku biomassa ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Rancangan Tungku Biomassa

3.5. Perhitungan Analisis Teknik

Perhitungan analisis Teknik dimulai dari jumlah air yang harus diuapkan, kebutuhan panas, perhitungan dimensi tungku, dan jumlah *Heat Exchanger* (HE).

a. Jumlah air yang harus diuapkan

$$\frac{w_1}{w_0} = \frac{100 - m_0}{100 - m_1}$$

$$\frac{w_1}{5} = \frac{100 - 4}{100 - 10}$$

$$w_1 = 5 \times \frac{60}{90} = 3.3 \text{ kg}$$

Air yang harus diuapkan (w_v) = $5 - 3,3 = 1,7 \text{ kg}$

Laju penguapan (\dot{W}_v) = $1.7 / (5 \times 3600) = 0.00009 \text{ kg air/dtk} = 0.094 \text{ gr/dtk}$

Keterangan = Angka 5 merupakan lama pengeringan yang direncanakan yaitu 5 jam.

b. Kebutuhan Panas

Sifat udara pada suhu proses

Kondisi	T (°C)	T (K)	RH	H (kJ/kg)	V (m ³ /kg)	W (kg H ₂ O/kg Udara)
1- Awal	28	301	65	70.75	0.876	0.0167
2- Pengeringan	50	323	40	132.91	0.962	0.0319
3- Akhir	40	313	60	90.19	0.903	0.0284

$$\begin{aligned}
 - Q1 &= W_0 \times C_{pb} \times (T_2 - T_1) \times 10^{-3}; C_{pb}(\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}) = 0.837 + (3.348 \times m_0) \\
 &= 5\text{kg} \times 3.01 \text{ kJ/kg K} \times (323 - 301)\text{K} \times 10^{-3} \\
 &= 0.33 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - Q2 &= m_v \times H_{fg} \times 10^{-3}; H_{fg} \text{ pada } 50 \text{ } ^\circ\text{C} = 2382.84 \text{ kJ/kg} \\
 &= 5\text{kg} \times 2382.84 \text{ kJ/kg} \times 10^{-3} \\
 &= 11,9 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - Q3 &= \dot{m}_v \times C_{pu} \times (T_2 - T_1) \times t \times 10^{-3} \\
 &= \frac{0.094 \text{ gr/detik}}{(28.4 - 16.7) \text{ gr/kg udara}} \times 1.006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \times (323 - 301) \times t \times 10^{-3} \\
 &= (0.094 / (28.4 - 16.7)) \times 1.006 \times (323 - 301) \times (5 \text{ jam} \times 3600 \text{ dtk/jam}) \times 10^{-3} \\
 &= 3,2 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\dot{m}_v = \dot{W}_v / (W_3 - W_1)$; $W_3 - W_1$ merupakan kelembaban mutlak pada kondisi proses awal dan akhir pengeringan

$$- Q4 = U \times A_w \times (T_2 - T_1) \times t \times 10^{-6}$$

Ket : $U = 1.55 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; A_w (Luas terkena panas) = 1 m^2

$$Q_4 = 1.55 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 1 \text{ m}^2 \times (323 - 301) \text{ K} \times (32 \text{ jam} \times 3600 \text{ dtk/jam}) \times 10^{-6}$$

$$= 0.61 \text{ MJ}$$

Total Panas yang Dibutuhkan adalah :

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$= 0.33 \text{ MJ} + 11.9 \text{ MJ} + 3.2 \text{ MJ} + 0.61 \text{ MJ}$$

$$= 16.04 \text{ MJ}$$

Panas yang tersedia (disuplai dari energi surya) jika diasumsikan total penyinaran matahari selama proses pengeringan adalah 20 jam adalah :

$$Q_S = I A_p \alpha \tau t$$

$$= 500 \text{ W/m}^2 \times 0,5 \text{ m}^2 \times 0.75 \times 5 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik/jam} \times 10^{-6}$$

$$= 3,38 \text{ MJ}$$

Panas yang harus disuplai dari biomassa :

$$Q_B = Q_T - Q_S$$

$$= 16,04 \text{ MJ} - 3,38 \text{ MJ}$$

$$= 12,67 \text{ MJ}$$

c. Perhitungan Penentuan Dimensi Tungku

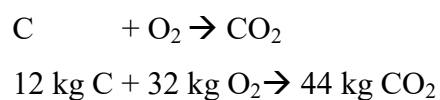
Kebutuhan Panas

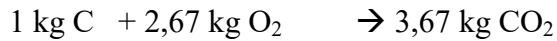
Kebutuhan panas yang diperlukan dari biomassa adalah 12.67 MJ. Jika diasumsikan efisiensi tungku 30% dan efektifitas HE adalah 0.4 dan kalor jenis kayu adalah 16351 kJ/kg dan tungku juga digunakan pada siang hari, maka diperlukan kayu bakar sebanyak :

$$\dot{m}_{bb} = \frac{Q}{\eta_{tungku} \times \eta_{HE} \times Q_{bb} \times t} = \frac{12.67 \times 1000}{0.3 \times 0.4 \times 16351 \times 5} = 1,3 \text{ kg/jam}$$

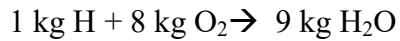
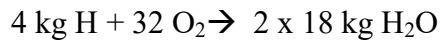
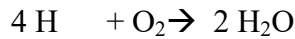
Massa kayu untuk pembakaran dibutuhkan 1.3 kg/jam, maka tungku dirancang untuk kapasitas 4 kg

Perhitungan Kebutuhan Oksigen Secara Umum





Untuk pembakaran sempurna 1 kg C memerlukan 2,67 kg O₂ yang menghasilkan 3,67 kg CO₂.



Untuk pembakaran sempurna 1 kg Hidrogen H₂ membutuhkan 8 kg Oksigen O₂, dan menghasilkan 9 kg H₂O

Kebutuhan Oksigen

→ 4 kg kayu bakar mengandung :

$$\text{Karbon (C)} = 0.43 * 4 \text{ kg} = 1.72 \text{ kg}$$

$$\text{Hidrogen (H)} = 0.05 * 4 \text{ kg} = 0.2 \text{ kg}$$

$$\text{Oksigen (O)} = 0.38 * 4 \text{ kg} = 1.52 \text{ kg}$$

Ket : Kandungan C, H, O didasarkan pada kandungan C, H, O kayu lamtoro agung.

→ Kebutuhan Oksigen

$$[(1.72 * 2.67) + (0.2 * 8)] - 1.52 = 4.67 \text{ kg O}_2$$

Excess Air = 100% (asumsi)

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan O}_2 &= 4.67 * 2 \\ &= 9.34 \text{ kg O}_2 \end{aligned}$$

Kebutuhan Udara

→ Jika komposisi O₂ dalam udara adalah 21% maka dalam 1 kg udara mengandung 210 gr O₂

→ Sehingga kebutuhan udara total adalah

$$= 9.34 \text{ O}_2 / 0.21 \text{ O}_2 / \text{kg udara}$$

$$= 44.79 \text{ kg udara} = 37.3 \text{ m}^3 / \text{proses} (\rho_{\text{udara}} = 1.2 \text{ kg/m}^3)$$

→ Jika setiap proses membutuhkan waktu pembakaran 5 jam maka kebutuhan udara adalah 0.002 m³/detik

Dimensi Inlet Udara

Luas Inlet Udara yang diperlukan Adalah

$$A = Q_{\text{udara}} / V$$

$$= 0.002 / 0.5$$

$$= 0.004 \text{ m}^2$$

Volume Tungku

- Massa kayu bakar setiap pengumpanan adalah 4 kg
- Massa jenis kayu bakar rata-rata diasumsikan 200 kg/m^3
- $V_{\text{tungku minimum}} = 4/200 = 0.02 \text{ m}^3$
- Karena pengumpanan tidak dilakukan sekaligus maka adaruang lebih yang harus disediakan, jika ruang lebih yang disediakan adalah 50% dari volume minimum maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{tungku}} &= 0.02 + (0.5 \times 0.02) \\ &= 0.03 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Penentuan Jumlah Pipa Heat Exchanger

Untuk menentukan jumlah pipa heat exchanger yang diperlukan maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Asumsi :

$$T_1 = 28^\circ\text{C} \quad ; \quad T_2 = 60^\circ\text{C} \quad ; \quad t_1 = 170^\circ\text{C} \quad ; \quad t_2 = 140^\circ\text{C}$$

Panas yang dibutuhkan untuk pengeringan pada siang hari diasumsikan 100% dari total energi dari biomassa secara keseluruhan, maka panas yang harus disuplai dari penukar panas adalah sebesar jika malam hari diasumsikan selama 5 jam :

$$q = \frac{1 \times 16.04 \times 10^6}{5 \times 3600} = 891.11 \text{ W}$$

3.6. Parameter Pengukuran

Parameter pengukuran ini dilakukan langsung menggunakan beban, yaitu kayu bakar dari pohon rambutan. Pada tahapan ini pengujian dilakukan dengan memasukan kayu bakar setiap jam kedalam ruang pembakaran selama 5 jam (waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan). Skema kerja dari tungku biomassa yaitu, bahan bakar berupa kayu bakar dimasukan kedalam ruang pembakaran sebanyak 1.3 kg, selanjutnya dilakukan pemantikan nyala api menggunakan minyak tanah. Asap panas yang hasil pembakaran keluar melalui cerobong udara. Sedangkan panas yang bersumber dari tungku biomassa masuk kedalam *heat exchanger*. Panas ini yang nantinya ditarik menggunakan blower

masuk kedalam ruang penering. Pengambilan data dilakukan secara dua kali dan disajikan dalam bentuk grafik. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah

1. Waktu (menit)
2. Suhu Asap masuk *Heat Exhanger* (HE) ($^{\circ}\text{C}$)
3. Suhu Asap keluar *Heat Exhanger* (HE) ($^{\circ}\text{C}$)
4. Suhu pipa *Heat Exhanger* (HE) ($^{\circ}\text{C}$)
5. Suhu udara bersih masuk *Heat Exhanger* (HE) ($^{\circ}\text{C}$)
6. Suhu udara bersih keluar *Heat Exhanger* (HE) ($^{\circ}\text{C}$)