

## BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode eksperimental nyata (*experimental research*), yakni dengan melakukan pengamatan secara langsung pada objek yang sedang diteliti. Data-data sebagai hasil penelitian kemudian dibandingkan dan selanjutnya ditarik sebuah kesimpulan.

### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mesin-mesin Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang beralamat di Jalan Mayjend Haryono 167, Malang, Jawa Timur, Indonesia. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan November 2016 sampai dengan Bulan Februari 2017.

### 3.2 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini meliputi variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

#### 1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sendiri oleh peneliti serta tidak dipengaruhi oleh variabel lain, yakni jumlah dan jarak antar-*perforated plate* serta debit udara dan debit bahan bakar. Variasi penelitian dibagi menjadi tiga, yaitu SPP (*single perforated plate*), DPP 3 mm (*double perforated plate* jarak 3 mm), dan DPP 5 mm (*double perforated plate* jarak 5 mm)

#### 2. Variabel terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung pada variasi variabel bebas. Pada penelitian ini yang berperan sebagai variabel terikat antara lain:

- a. *Flame stability limit*
- b. Visualisasi nyala api
- c. Temperatur dinding *meso-scale combustor*
- d. Temperatur gas buang

#### 3. Variabel kontrol (*control variable*)

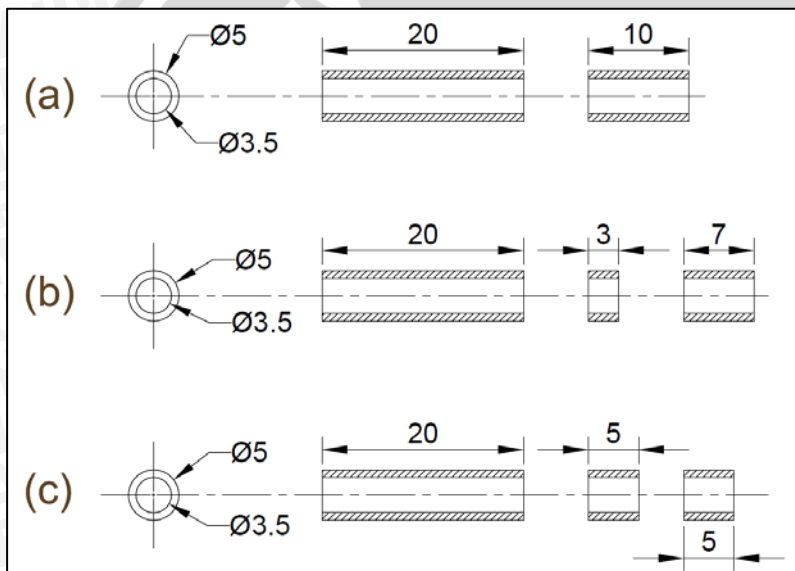
Variabel kontrol adalah variabel yang selama proses penelitian nilainya dijaga konstan. Variabel kontrol pada penelitian ini antara lain:

- Material *meso-scale combustor* yang terbuat dari *quartz glass tube*.
- Diameter luar *meso-scale combustor* berukuran 5 mm.
- Diameter dalam *meso-scale combustor* berukuran 3,5 mm.

### 3.3 Peralatan Penelitian

#### 1. *Meso-scale Combustor*

*Meso-scale combustor* berbentuk pipa yang terbuat dari kaca kuarsa (*quartz glass tube*) merupakan alat utama yang digunakan pada penelitian ini. Pada *meso-scale combustor* terjadi proses pembakaran dan api yang dapat diamati. Desain *meso-scale combustor* dapat dilihat pada Gambar 3.1. Jumlah panjang *meso-scale combustor* untuk setiap variasi sama, yaitu 30 mm.

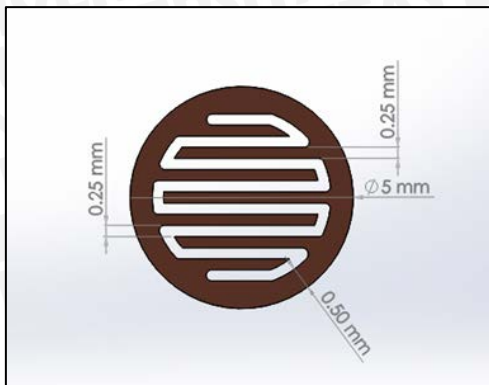


Gambar 3.1 Combustor dengan (a) SPP, (b) DPP 3 mm, dan (c) DPP 5 mm

Di antara pipa *meso-scale combustor* terdapat *perforated plate*. Untuk variasi *double perforated plate*, dua benang stainless steel diselipkan ke dalam masing-masing *perforated plate*, agar aliran listrik dari pemantik elektrik dapat mengalir ke dalam *meso-scale combustor* dan loncatan bunga api dapat terjadi di antara kedua *perforated plate* tersebut yang berfungsi sebagai *ignitor*.

#### 2. *Perforated Plate*

*Perforated plate* pada Gambar 3.2 terbuat dari tembaga dengan tebal 1 mm berfungsi sebagai *flame holder*. selain itu *perforated plate* juga berfungsi untuk meningkatkan perpindahan panas (*heat recirculation*) dari api ke reaktan atau adanya pemanasan awal pada reaktan yang belum terbakar.



Gambar 3.2 Perforated plate

### 3. Lem Keramik

Lem Aremco™ Ceramabond 569 berfungsi sebagai penyambung antara *quartz glass tube* pada *meso-scale combustor* dengan *flame holder*. Lem berbahan dasar keramik ini memiliki ketahanan panas hingga temperatur 1650 °C dan juga berfungsi sebagai isolator untuk meminimalisasi terjadinya *heat loss* dari dinding *combustor* ke lingkungan.

### 4. Combustor Holder dan Mixing Chamber

*Combustor holder* berfungsi sebagai penyangga *meso-scale combustor*, sedangkan *mixing chamber* berfungsi sebagai tempat bercampurnya udara dan bahan bakar sebelum masuk ke dalam zona pembakaran.

### 5. Butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)

Butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) berfungsi sebagai bahan bakar yang digunakan dalam penelitian. Kandungan dari butana dalam kaleng yang digunakan dalam penelitian diasumsikan mengandung 100% butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>).

### 6. Kompresor

Kompresor merupakan penyedia udara pembakaran (*oxidizer*) pada *meso-scale combustor*, di mana udara yang digunakan adalah udara bebas (*ambient air*). Adapun spesifikasi dari kompresor yang digunakan sebagai berikut.

- Merk : Lakoni
- Power : 0,75 HP / 0,5 KW
- Voltage : 220 V/50 Hz
- Kapasitas tekanan : 8 Bar
- Kapasitas tangki : 10 liter
- Kecepatan mesin : 2850 rpm
- Kapasitas aliran udara : 120 liter / min

## 7. *Flowmeter*

*Flowmeter* merupakan alat ukur untuk mengukur debit udara dan debit bahan bakar butana yang akan masuk ke dalam *meso-scale combustor*. Berikut adalah spesifikasi *flowmeter* yang digunakan.

### *Flowmeter* udara

- Merk : Kofloc
- Seri : RK-1250
- Jenis : *Flowmeter* udara
- Tekanan kerja : 0,1 MPa
- *Maximum flow* : 500 ml/min
- *Minimum flow* : 50 ml/min
- Skala terkecil : 5 ml/min

### *Flowmeter* bahan bakar

- Merk : Kofloc
- Seri : RK-1250
- Jenis : *Flowmeter* propana ( $C_3H_8$ )
- Tekanan kerja : 0,1 MPa
- *Maximum flow* : 20 ml/min
- *Minimum flow* : 2 ml/min
- Skala terkecil : 0,5 ml/min

## 8. Selang

Selang PU (Polyurethane) digunakan sebagai saluran pengalir udara dan bahan bakar. Adapun diameter luarnya adalah 6 mm, sedangkan diameter dalamnya 4 mm dengan tekanan maksimum 10 bar.

## 9. Regulator butana

Regulator butana berperan dalam mengalirkan bahan bakar keluar dari tabung butana.

## 10. Pemantik (*ignitor*)

Pemantik (*ignitor*) berfungsi sebagai penyalaan awal atau pemantik pada *meso scale combustor*.

## 11. *Thermocouple*

*Thermocouple* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur temperatur dinding *combustor* dan temperatur gas hasil pembakaran pada *meso-scale combustor*. Dalam

penelitian ini, *thermocouple* yang digunakan adalah tipe K berdiameter 0,2 mm dengan suhu kerja maksimum 1260 °C.

#### 12. Kamera

Kamera Canon 7D dengan lensa EF 100mm f/2.8L Macro IS USM digunakan untuk menangkap visualisasi nyala api pada saat pembakaran berlangsung.

#### 13. Data Logger

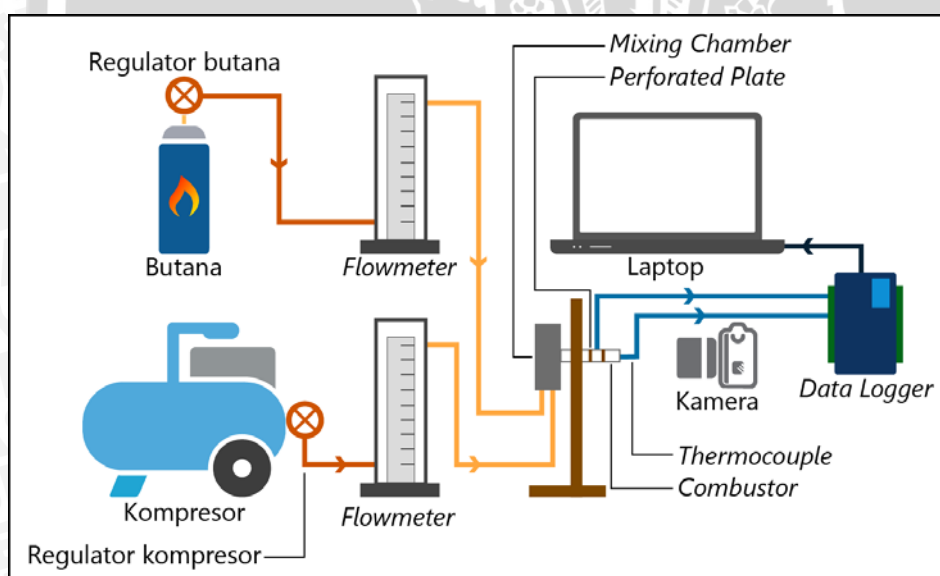
*Data logger* Advantech USB-4718 digunakan untuk menerima data temperatur nyala api pada *meso-scale combustor*.

#### 14. Laptop

Alat ini digunakan untuk mengolah data hasil penelitian.

### 3.4 Skema Instalasi Penelitian

Rangkaian peralatan penelitian dapat digambarkan dalam skema seperti Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Skema instalasi alat penelitian

Bahan bakar *meso-scale combustor* yaitu butana dialirkan ke *combustor* melalui *flowmeter* bahan bakar. Sedangkan udara sebagai oksidator disuplai ke *combustor* dari tangki kompresor. Debit udara diatur dengan menggunakan *flowmeter* udara.

Sedangkan untuk pengambilan data temperatur dinding *combustor* dan temperatur gas buang menggunakan sebuah rangkaian yang terdiri dari *thermocouple*, *data logger* dan *laptop*. *Data logger* berfungsi untuk mengubah data mentah dari temperatur yang terbaca oleh sensor *thermocouple* agar dapat ditampilkan pada layar *laptop*.

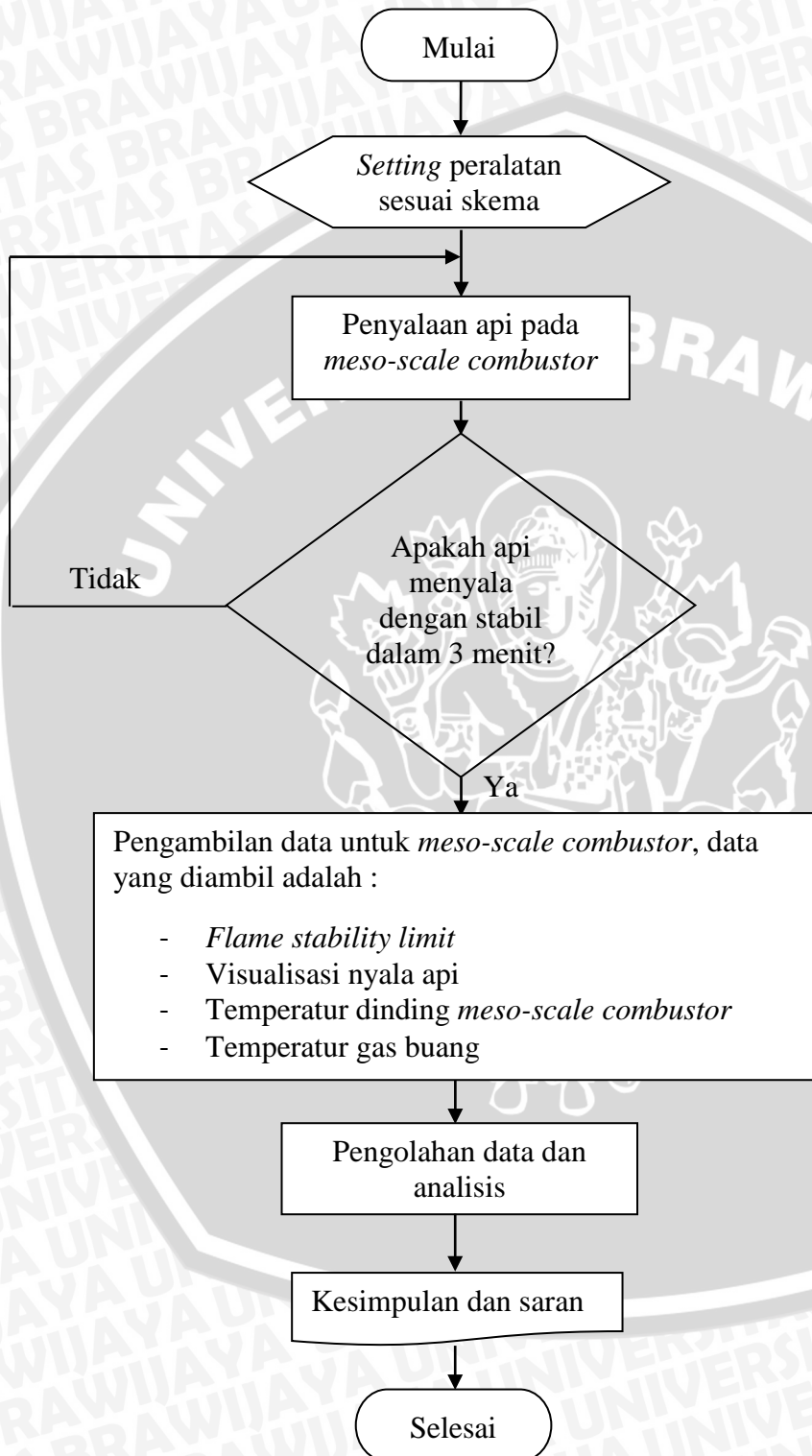
### 3.5 Metode Pengambilan Data

Urutan langkah - langkah untuk pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan *meso-scale combustor* dan memastikan tidak ada cacat fisik.
2. Menyiapkan peralatan dan melakukan instalasi peralatan sesuai dengan skema pada Gambar 3.3
3. Penelitian ini dimulai dengan pengambilan data *flame stability limit*.
4. Membuka katup bahan bakar yaitu pada regulator butana dan katup udara pada kompresor.
5. Mengatur debit butana menggunakan *flowmeter* bahan bakar.
6. Mengatur debit udara menggunakan *flowmeter* udara.
7. Menyalakan api pada *meso-scale combustor* dengan pemantik elektrik
8. Debit Butana dijaga konstan, kemudian debit udara divariasikan sampai menemukan debit udara minimum dan maksimum.
9. Pengambilan data dilakukan pada campuran debit bahan bakar dan udara di mana api dapat menyala stabil selama 3 menit atau lebih.
10. Catat nilai-nilai debit udara dan debit bahan bakar.
11. Pengambilan data temperatur dinding *meso-scale combustor* dan temperatur gas buang dilakukan dengan parameter penentuan titik di mana masih berada dalam daerah *flame stability limit* ketiga variasi.
12. Pengambilan data dilakukan dengan *thermocouple* yang terhubung dengan *data logger* dan *laptop*. Letakkan *thermocouple* pada tepat di atas dinding *combustor* 1 mm di depan *perforated plate* dan baca data yang ditampilkan pada *laptop*. Sedangkan untuk pengukuran temperatur gas buang, letakkan *thermocouple* pada ujung *meso-scale combustor*.
13. Pengambilan visualisasi nyala api dilakukan dari sisi samping (dinding) dan mulut *meso-scale combustor* pada titik yang telah ditentukan di dalam grafik *flame stability limit*.
14. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali, di mana pada pengambilan pertama menggunakan satu *perforated plate*, pengambilan kedua menggunakan dua *perforated plate* dengan jarak antar-*perforated plate* 3 mm, dan pengambilan data ketiga menggunakan dua *perforated plate* dengan jarak antar-*perforated plate* 5 mm.

### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.4 adalah diagram yang menunjukkan alur penelitian ini.



Gambar 3.4 Diagram alir penelitian

