

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental nyata (*true experimental method*) dimana dilakukan pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti. Hasil data yang didapat nantinya akan dicatat lalu akan dianalisa untuk diambil suatu kesimpulan dari kecenderungan yang tercatat.

#### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Proses penelitian dilakukan sejak bulan Oktober 2014 sampai dengan bulan Mei 2015, bertempat di Laboratorium Mesin-mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

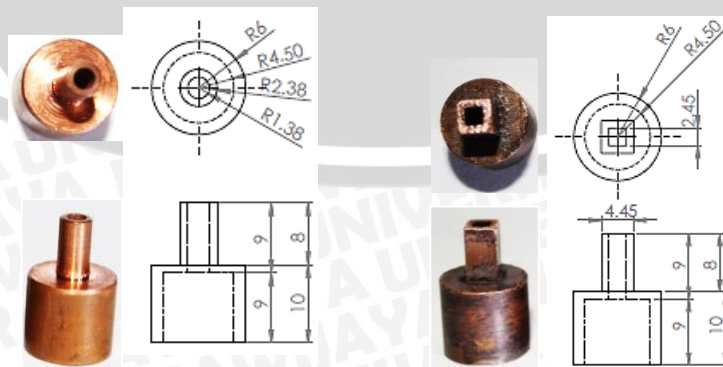
#### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel - variabel yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

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

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sendiri oleh peneliti dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain, berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Pada penelitian ini variabel yang divariasikan sebagai variabel bebas adalah :

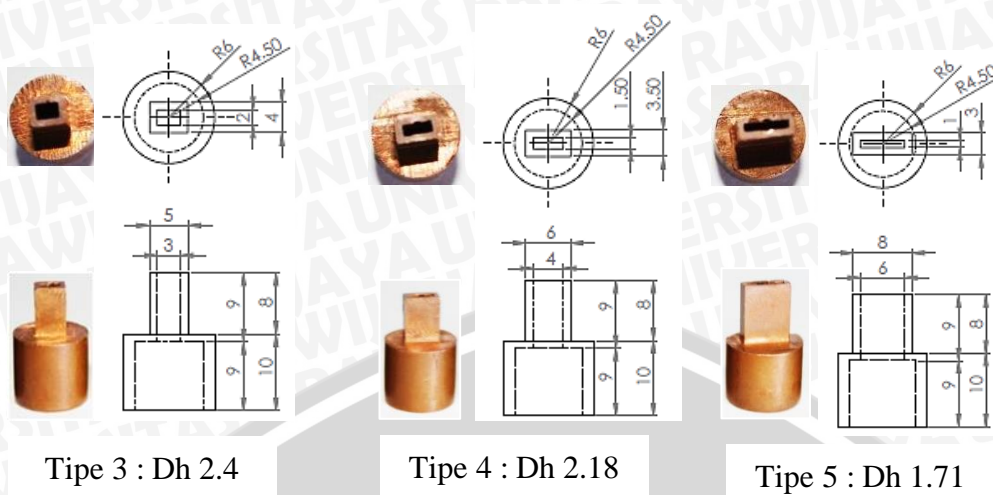
- Diameter hidrolik penampang *combustor*, ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan 3.2.
- Debit bahan bakar
- Debit oksigen



Tipe 1 : Dh 2.76

Tipe 2 : Dh 2.45

Gambar 3.1 Bentuk *combustor* tipe 1 dan 2 dalam satuan ukuran mm dengan skala 1:1



Tipe 3 : Dh 2.4

Tipe 4 : Dh 2.18

Tipe 5 : Dh 1.71

Gambar 3.2 Bentuk *combustor* tipe 3, 4 dan 5 dalam satuan ukuran mm dengan skala 1:1

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

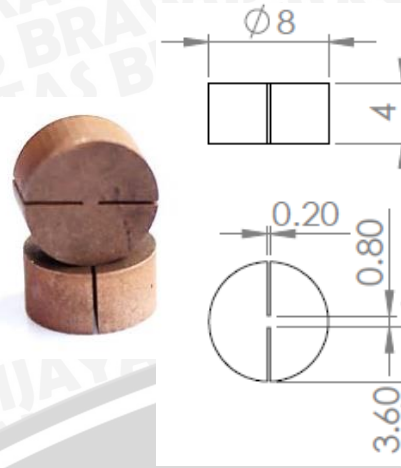
Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya tergantung pada variasi variabel bebas, pada penelitian ini yang berperan sebagai variabel terikat adalah :

- Batas stabilitas nyala api (*flammability limit*)
- Visualisasi bentuk nyala api
- Temperatur dinding *combustor*

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

Variabel kontrol merupakan variabel yang nilainya dijaga konstan selama proses penelitian. Berikut adalah variabel kontrol yang nilainya dijaga tetap selama proses penelitian:

- Luasan penampang *meso-scale combustor* sebesar  $6 \text{ mm}^2$  dengan 5 variasi diameter hidrolik penampang *combustor*.
- *Flame holder* yang digunakan dengan bentuk dan spesifikasi seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Flame holder* dalam satuan ukuran mm

### 3.3 PERALATAN PENELITIAN

#### 1. *Meso-scale combustor*

*Meso-scale combustor* merupakan alat utama yang digunakan pada penelitian ini dimana merupakan tempat terjadinya proses pembakaran. Material yang digunakan adalah tembaga dengan luas penampang *combustor* yang sama pada masing-masing variasinya yaitu  $6 \text{ mm}^2$ . *Meso-scale combustor* secara detail dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2, untuk spesifikasi detail *combustor* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi *combustor*

Type <i>Combustor</i>	r	x	y	AR	Luas	Keliling	Dh
1	2.76	-	-	-	6	8.7	2.76
2	-	2.45	2.45	1	6	9.8	2.45
3	-	3	2	1.5	6	10	2.4
4	-	4	1.5	2.67	6	11	2.18
5	-	6	1	6	6	14	1.71

#### 2. *Flame holder*

*Flame holder* berfungsi sebagai tempat menempelnya nyala api dan meningkatkan *heat recirculation* dari dinding yang dipanaskan dengan reaktan yang belum terbakar. Sehingga dapat meningkatkan kestabilan api dan kecepatan



pembakaran. *Flame holder* yang digunakan dalam penelitian ini di tunjukkan pada Gambar 3.3.

### 3. LPG

*LPG* (*liquified petroleum gas*) berfungsi sebagai bahan bakar dalam penelitian ini, kandungan utama dari *LPG* adalah propana ( $C_3H_8$ ) dan butana ( $C_4H_{10}$ ).

### 4. Tabung oksigen

Tabung oksigen merupakan penyuplai oksigen pada *meso-scale combustor*, tabung yang digunakan adalah tabung ukuran  $1\text{ m}^3$  dengan berat isi 10 kg.

### 5. Pemantik

Pemantik berfungsi sebagai alat penyalaan awal pada *meso-scale combustor*.



Gambar 3.4 Pemantik

### 6. Mixer

*Mixer* adalah tempat bercampurnya antara bahan bakar *LPG* dengan oksidator oksigen sebelum masuk kedalam *combustor*.



Gambar 3.5 Mixer

### 7. Laptop

Laptop digunakan untuk mengolah data hasil penelitian. Pada penelitian ini laptop yang digunakan adalah laptop asus tipe A46C.



Gambar 3.6 Laptop

### 8. Thermocouple

*Thermocouple* adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*thermo-electric*”. Dalam penelitian ini, *thermocouple* digunakan untuk mengukur temperatur dinding *combustor*. *Themocouple* yang digunakan adalah *thermocouple* tipe k dimana terdiri dari nikel dan kromium pada sisi positif. Sedangkan sisi negatif terdiri dari nikel dan alumunium. *Thermocouple* jenis ini sering dipakai pada tujuan umum karena cenderung lebih murah dan tersedia untuk rentang suhu  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3.7 Themocouple tipe K

### 9. Data logger

*Data logger* adalah seperangkat alat yang digunakan untuk pengumpulan dan perekaman data dari sensor untuk tujuan pengarsipan. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis dan akhirnya dikirimkan dan disimpan di laptop. *Data logger* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan produk dari *national instrument*, data logger ini hanya memiliki satu channel penghubung dengan *thermocouple* yang digunakan untuk mengukur temperatur. *Thermocouple* yang dapat digunakan pada data logger ini berjenis J, K, R, S, T, N, E, dan B.



Gambar 3.8 Data logger

10. Combustor holder

Digunakan sebagai penyangga *meso-scale combustor*.



Gambar 3.9 Combustor holder

11. Flow meter

Digunakan untuk mengatur debit oksigen dan debit bahan bakar (*LPG*) pada *meso-scale combustor*.





Gambar 3.10 *Flow meter*

Spesifikasi:

*Flow meter* udara

- *Merk* : Kofloc
- *Series* : RK-1250
- *Jenis* : *Flow meter* udara
- *Tekanan kerja* : 0,1 Mpa
- *Maximum flow* : 500 ml/min
- *Minimum flow* : 50 ml/min
- *Skala terkecil* : 5 ml/min

*Flow meter* Bahan bakar

- *Merk* : Kofloc
- *Series* : RK-1250
- *Jenis* : *Flow meter* 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

## 12. Selang dan *Y connector*

Selang berfungsi sebagai saluran untuk mengalirkan udara dan bahan bakar dari tabung oksigen maupun dari tabung LPG ke *combustor*. Sedangkan *Y connector* berfungsi untuk percabangan yang mempertemukan udara dan bahan bakar.

Gambar 3.11 Selang dan *Y connector*

Spesifikasi:

*Pisco tube*

- Bahan : poly uretan
- Diameter dalam : 4 mm
- Diameter luar : 6 mm

*Y connector*

- Bahan : Plastik
- Diameter : 6 mm

### 13. Regulator

*Regulator* adalah alat pengatur tekanan yang berfungsi sebagai penyalur dan mengatur serta menstabilkan tekanan gas yang keluar dari tabung supaya aliran gas menjadi konstan.



Gambar 3.12 Regulator oksigen

### 14. Kamera

Kamera berfungsi untuk mengambil gambar visualisasi nyala api.



Gambar 3.13 Kamera

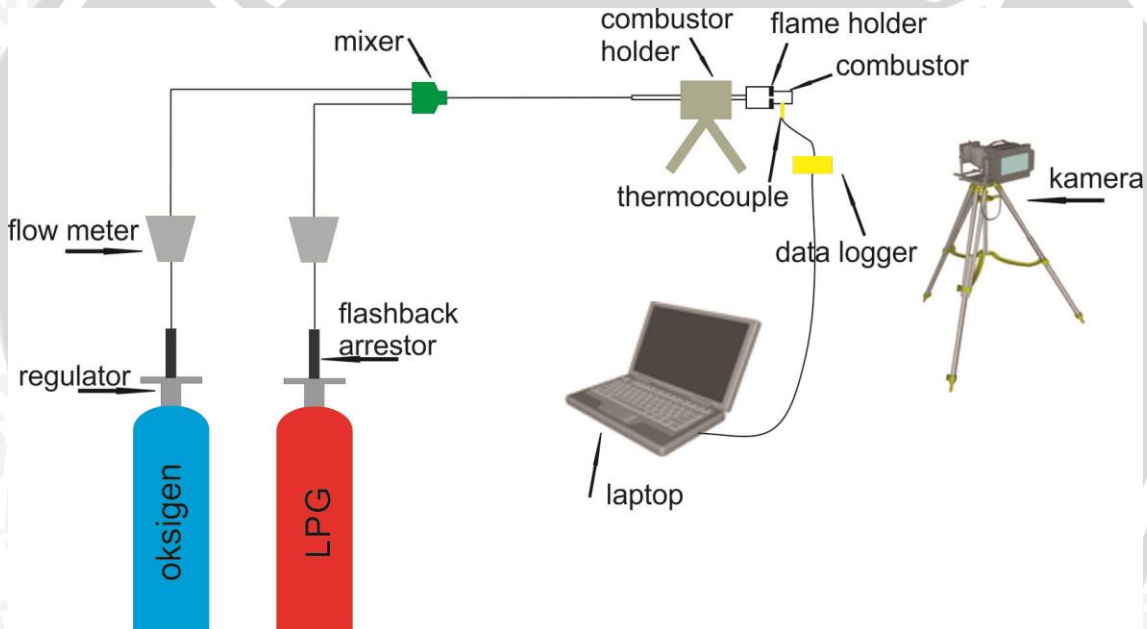


Spesifikasi:

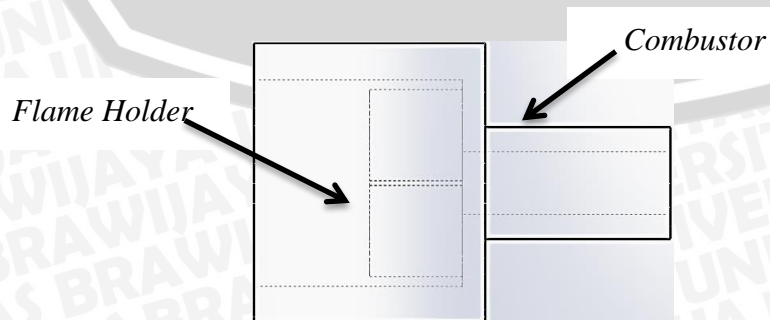
- Tipe kamera : DSLR
- *Valid Pixel* : 18 MP
- *Focal Length* : 18-55 mm dan 70-300 mm
- *Shutter speed* : 30-1/4000
- *Light sensitivity* : 100-6400

### 3.4 SKEMA INSTALASI PENELITIAN

Rangkaian peralatan penelitian dapat digambarkan dalam skema seperti Gambar 3.14 di bawah ini.



Gambar 3.14 Skema instalasi alat penelitian



Gambar 3.15 Susunan combustor dengan flame holder

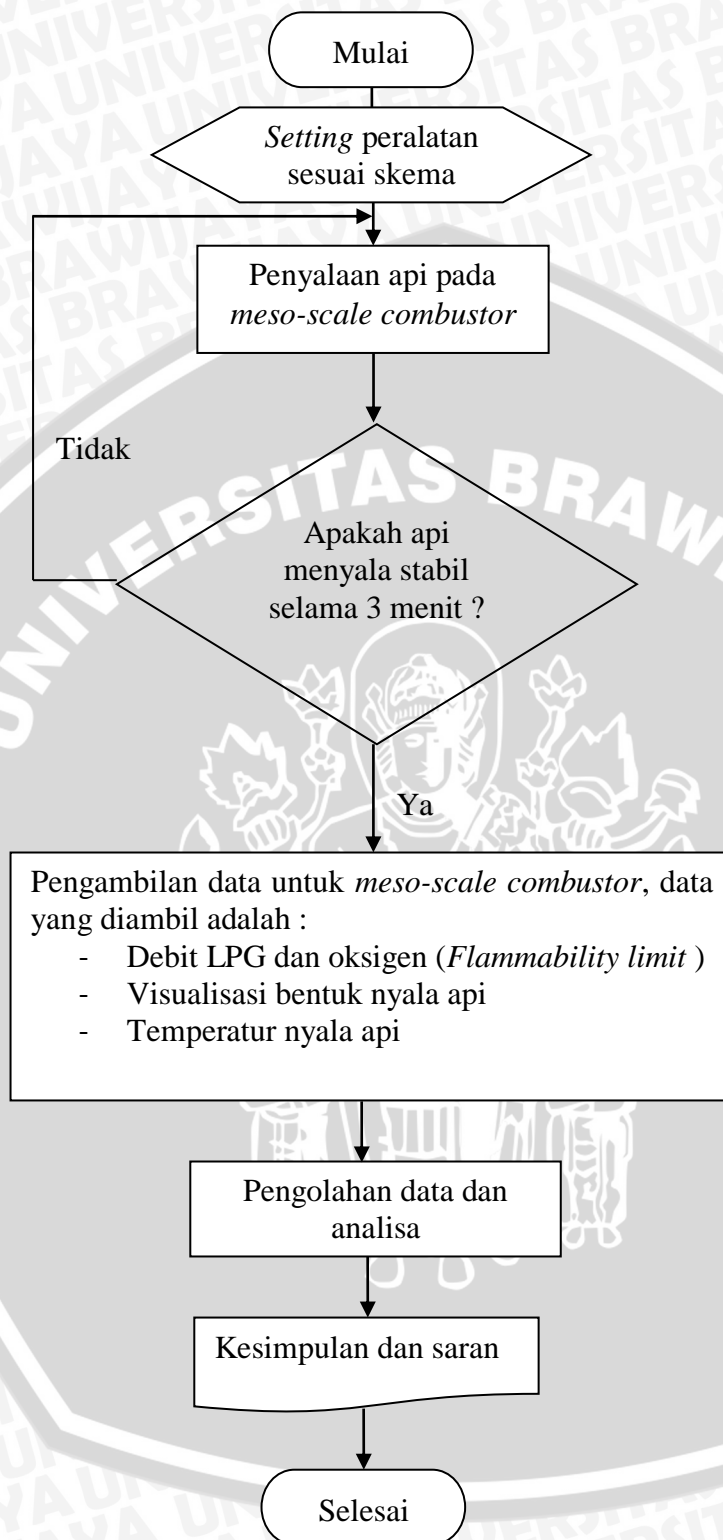
Dari skema di atas ditunjukkan rangkaian peralatan yang digunakan pada penelitian ini. Bahan bakar *meso-scale combustor* menggunakan LPG dialirkan ke *combustor* melalui selang yang kemudian diatur debitnya terlebih dahulu dengan *flow meter*. Sedangkan oksigen sebagai oksidator disuplai ke *combustor* melalui tabung oksigen dengan perantara selang yang kemudian diatur debitnya terlebih dahulu dengan *flow meter*. Kamera pada skema tersebut berfungsi sebagai pengambil gambar visualisasi bentuk nyala api. Sedangkan *laptop* digunakan untuk pengolahan data.

### 3.5 METODE PENGAMBILAN DATA

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

1. Menyiapkan *combustor* dan memastikan tidak ada cacat fisik pada *combustor*.
2. Melakukan *setting* peralatan sesuai dengan skema pada Gambar 3.14.
3. Membuka katup pada regulator LPG dan katup pada tabung oksigen.
4. Mengatur debit LPG yang memasuki *combustor* menggunakan *flow meter*.
5. Mengatur debit oksigen yang memasuki *combustor* menggunakan *flow meter*.
6. Menyalakan api pada *combustor* dengan menyalakan pemantik pada ujung *combustor* serta mengatur debit LPG dan oksigen menggunakan *flow meter*.
7. Catat nilai-nilai debit oksigen dan LPG ketika api pada *meso-scale combustor* mampu menyala dengan stabil serta tetap menempel pada *flame holder* selama 3 menit atau lebih.
8. Untuk pengambilan gambar visualisasi bentuk nyala api dilakukan dengan menggunakan kamera. Sudut pengambilan gambar diambil dari depan mulut *combustor*.
9. Untuk pengambilan temperatur dinding *combustor* dilakukan dengan menggunakan *thermocouple* yang di hubungkan dengan data *logger* dan laptop.

### 3.6 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



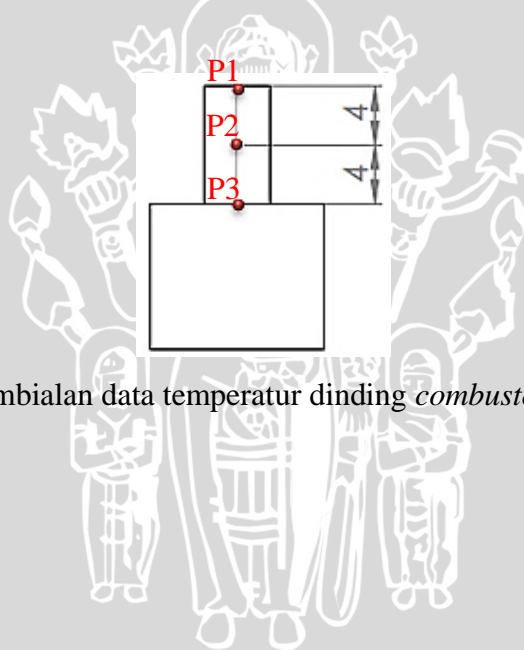
Gambar 3.16 Diagram alir penelitian



### 3.7 Rencana Pengambilan dan Pengolahan Data

Pengambilan dan pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara :

1. Data untuk menentukan *flammability limit* diperoleh dengan mengamati pembakaran pada debit bahan bakar dan oksigen tertentu, dimana api bisa menyala stabil dalam *combustor* lebih dari 3 menit. Dari data yang diperoleh dihitung nilai rasio ekuivalen rasio dan kecepatan reaktannya.
2. Untuk visualisasi bentuk nyala api, dilakukan setelah mendapatkan data *flammability limit*. Visualisasi bentuk nyala api dilakukan pada beberapa kondisi/titik dalam daerah *flammability limit*.
3. Untuk temperatur dinding *combustor*, dilakukan dengan menggunakan *thermocouple* yang terhubung ke laptop melalui *data logger*. Pengambilan data temperatur dilakukan pada kondisi yang sama dengan pengambilan data visualisasi nyala api. Pengambilan data dilakukan pada beberapa titik seperti ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.17 Titik pengambialan data temperatur dinding *combustor* (ukuran dalam satuan mm)