

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*) yang langsung digunakan ke objek yang diteliti. Dari hasil penelitian didapatkan data-data yang kemudian diplot dalam suatu diagram sehingga membentuk suatu pola kecenderungan tertentu yang nantinya dapat dibandingkan dan diambil suatu kesimpulan tentang objek yang diteliti.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2013 sampai dengan Mei 2014, bertempat di Laboratorium Mesin-mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

#### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

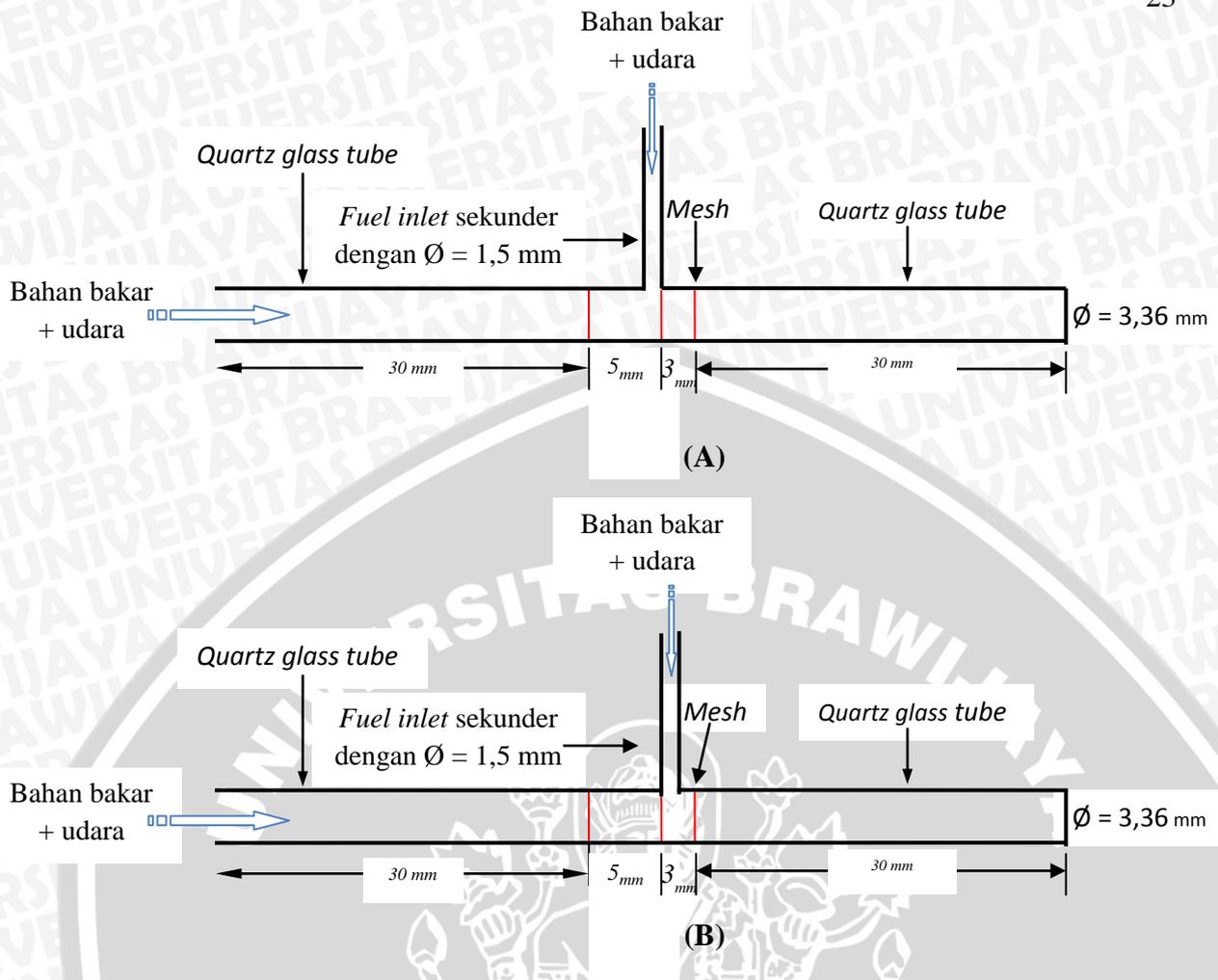
##### 1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sendiri oleh peneliti dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain, berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Adapun yang merupakan variabel bebas dalam penelitian ini yaitu

- posisi *fuel inlet* sekunder
- Debit bahan bakar pada *fuel inlet* sekunder
- Debit udara pada *fuel inlet* sekunder

Adapun skema *combustor* dengan variasi posisi *fuel inlet* sekunder, ditunjukkan pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Variasi posisi *fuel inlet* sekunder : (A) *Meso-Scale Combustor* jenis I dan (B) *Meso-Scale Combustor* jenis II

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini yaitu :

- a. Visualisasi nyala api.
- b. *Flammability limit*.

3. Variabel terkontrol

Parameter yang dijaga tetap selama pengujian adalah rasio ekuivalen ( $\Phi$ ) dan kecepatan reaktan pada *fuel inlet* primer. Pengambilan data dilakukan pada kondisi :

Rasio ekuivalen ( $\Phi$ ) = 1 dan  $V_{\text{primer}}$  sebesar 26, 36, dan 42 cm/det. Dengan kecepatan reaktan yang berubah-ubah diharapkan dapat ditemukan *combustor*

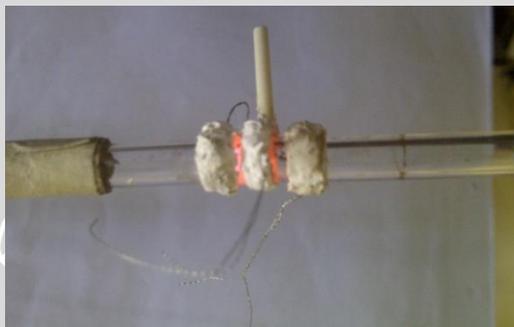
dengan *flammability limit* yang luas. Hal ini diperoleh dari pengamatan pemadaman (*extinguish*) api berdasarkan besaran kecepatan reaktan dimana api stabil dalam *combustor*.

### 3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah :

1. *Meso scale-combustor* dengan dua *fuel inlet*

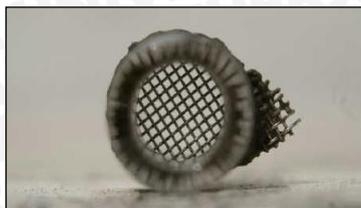
*Meso scale-combustor* pada *fuel inlet* primer dibuat dari material *quartz glass tube* (yang tahan temperatur tinggi) dengan ukuran diameter dalam 3.36 mm dan panjang 68 mm, sedangkan untuk *fuel inlet* sekunder terbuat dari material keramik. Detail *combustor* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Meso scale-combustor* dengan *double fuel inlet* dan *triple wire mesh*

2. *Wire mesh*

Pada penelitian kali ini *wire mesh* yang disisipkan berjumlah tiga buah yang terbuat dari *stainless steel* dengan spesifikasi *mesh* 60. Disisipkan dalam *meso-scale combustor* pada jarak 30mm, 33mm, dan 38mm dari ujung *combustor*. Peran dari *wire mesh* adalah sebagai *flame holder* dan meningkatkan *heat recirculation* ke reaktan yang belum terbakar. Detail *wire mesh* ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Wire mesh*

### 3. Kompresor

Alat ini digunakan untuk memampatkan udara (oksidator) sehingga menghasilkan udara bertekanan, kemudian mengalirkannya menuju saluran untuk dicampur dengan bahan bakar, sehingga pada saat masuk ke *meso-scale combustor* bahan bakar dan udara telah tercampur terlebih dahulu. Adapun spesifikasi kompresor ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 spesifikasi kompresor

<b>DAYA/POWER</b>	1 Hp / 0,745 KW
<b>VOLTAGE</b>	220 V
<b>FREKUENSI</b>	50 Hz
<b>KECEPATAN PENGISIAN UDARA</b>	150 liter/menit
<b>TEKANAN TANGKI</b>	8 bar / 115 Psi
<b>KECEPATAN PUTARAN MESIN</b>	2850 RPM
<b>KAPASITAS TANGKI</b>	8 liter
<b>DIMENSI</b>	51 x 22.5 x 45 cm
<b>BERAT</b>	15.5 kg

### 4. Bahan bakar + tabung bahan bakar

Gambar 3.4 menunjukkan tabung bahan bakar beserta bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah LPG (*Liquified Petroleum Gas*)



Gambar 3.4 Tabung bahan bakar yang berisikan gas LPG

5. *Ignitor electric*

Gambar 3.5 merupakan alat yang digunakan untuk menyalakan api di daerah antara *wire mesh*, baik reaktan pada *fuel inlet* sekunder ataupun *fuel inlet* primer.



Gambar 3.5 *Ignitor electric*

6. *Flow meter* LPG dan udara

*Flow meter* digunakan untuk mengukur debit aliran bahan bakar atau udara (terlihat Gambar 3.6 sebelah kanan adalah *flow meter* bahan bakar dan Gambar 3.6 sebelah kiri adalah *flowmeter* udara ).



Gambar 3.6 *Flow meter*

7. Kamera Nikon D40

Alat ini digunakan untuk mengambil atau merekam gambar dari nyala api hasil pembakaran yang terjadi, data yang diperoleh merupakan visualisasi nyala api dalam *combustor*. Adapun spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Spesifikasi Nikon D40

EFFECTIVE PIXELS	6.1 million
IMAGE SENSOR	RGB CCD, 23.7 x 15.6 mm, 6.24 million total pixels: total pixels
IMAGE SIZE	L (3,008 x 2,000) / M (2,256 x 1,496) / S (1,504 x 1,000)
SENSITIVITY	200 to 1600 (ISO equivalent) in steps of 1 EV with additional setting one step over 1600
STORAGE MEDIA	SD memory card, SDHC compliant
LCD MONITOR	2.5-in., 230,000-dot, low-temp. polysilicon TFT LCD with brightness adjustment
EXPOSURE METERING	3D Color Matrix Metering II, Center-weighted and Spot Metering
EXPOSURE MODES	Digital Vari-program (Auto, Auto [Flash Off], Portrait, Landscape, Child, Sports, Close Up, Night Portrait), Programmed Auto [P] with flexible program; Shutter-Priority Auto [S]; Aperture-Priority Auto [A]; Manual [M]
INTERFACE	USB 2.0 (High-speed): Mass Storage and PTP selectable
POWER SOURCE	Rechargeable Li-ion Battery EN-EL9, charging voltage (Quick Charger MH-23), 7.4V DC, AC Adapter EH-5 (available separately; requires optional AC Adapter Connector EP-5)
DIMENSIONS	Approx. 126 x 94 x 64mm (5.0 x 3.7x 2.5 in.)
WEIGHT	Approx. 475g (1lb. 1oz.) without battery, memory card or body cap

#### 8. *Combustor holder*

Digunakan untuk penyangga *combustor* dan penghubung antara *combustor* itu sendiri dengan saluran udara dan bahan bakar, baik pada *fuel inlet* sekunder ataupun *fuel inlet* primer.

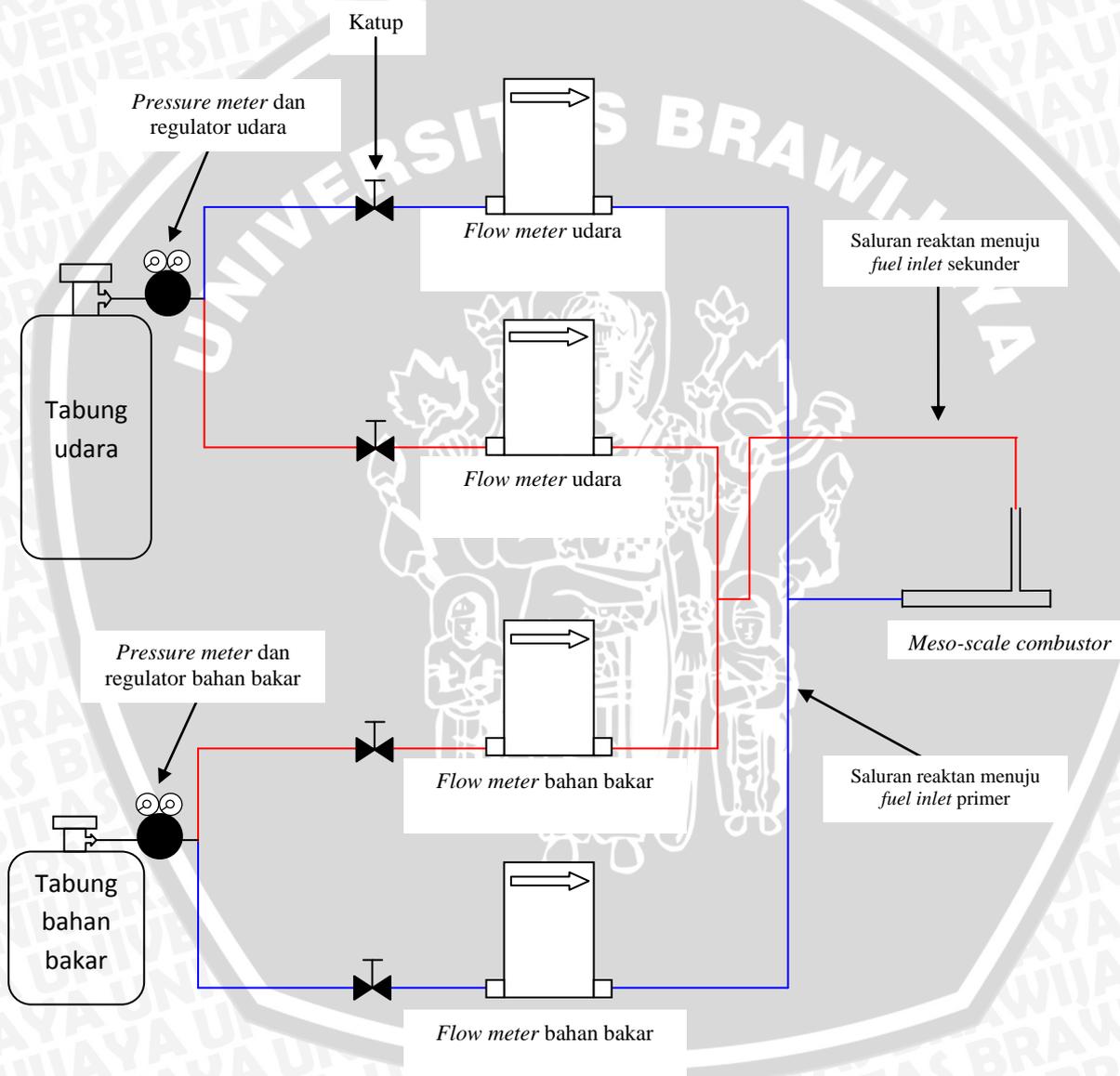
Gambar 3.7 *Combustor holder*

### 9. Komputer

Komputer digunakan untuk mengolah, menyimpan dan menampilkan data hasil pengukuran yg sudah dilakukan sebelumnya.

### 3.5 Skema Instalasi Penelitian

Instalasi alat yang digunakan dalam penelitian ini disusun menjadi instalasi yang dapat dilihat pada skema Gambar 3.8 :



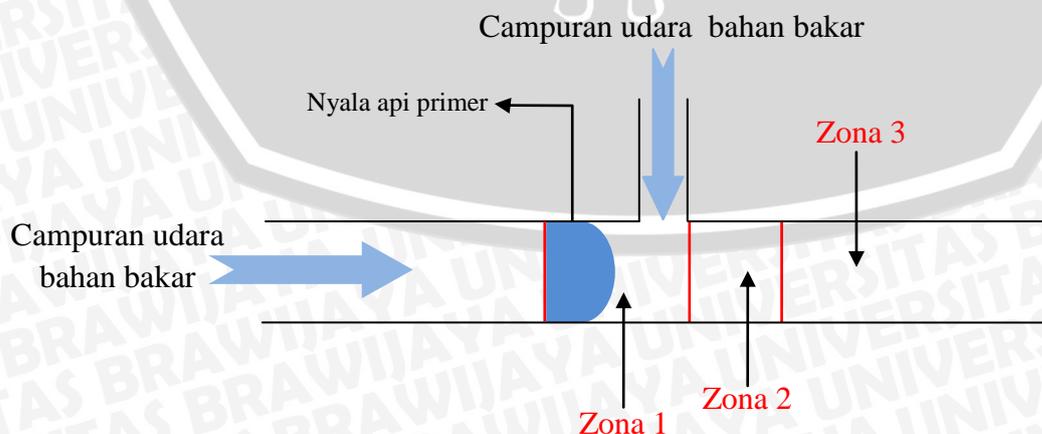
Gambar 3.8 Skema instalasi alat penelitian

Dari Gambar 3.8, terlihat skema alat yang digunakan untuk melakukan penelitian. Dalam skema tersebut terdapat *meso-scale combustor* dengan *double fuel inlet* dimana panjangnya 68 mm, material yang digunakan pada *fuel inlet* primer adalah *quartz glass tube* dengan diameter  $\text{Ø}$  3,36 mm dan untuk *fuel inlet* sekunder terbuat dari keramik dengan diameter  $\text{Ø}$  1,5. Bagian dalam *combustor* telah disisipkan tiga *wire mesh* yang terbuat dari *stainless steel* dengan spesifikasi *mesh* 60. Pada satu sisi di ujung *combustor* baik *fuel inlet* primer ataupun sekunder telah dihubungkan dengan dua saluran reaktan yang berbeda. Saluran reaktan tersebut akan disuplai oleh campuran bahan bakar dan udara yang telah ditampung sebelumnya pada masing-masing tabung penyimpanan, dimana tabung bahan bakar dan udara dilengkapi oleh *pressure meter* dan regulator. Bahan bakar yang digunakan adalah gas LPG (*liquified petroleum gas*). Debit udara dan bahan bakar yang disalurkan baik untuk *fuel inlet* primer ataupun sekunder akan diukur dan diatur besarnya oleh katup pada *flow meter* masing-masing saluran.

### 3.6 Metode Pengambilan Data

Langkah - langkah yang dilakukan untuk pengambilan data *flammability limit* adalah sebagai berikut:

1. Pasang *meso-scale combustor* jenis I pada instalasi penelitian.
2. Pada *fuel inlet* primer debit bahan bakar dan udara diatur dengan menggunakan *flow meter* udara dan bahan bakar. Aliran debit bahan bakar dan udara diatur sesuai dengan kondisi stoikiometri, rasio ekuivalen ( $\Phi$ ) = 1 dan kecepatan reaktan 26 cm/s pada debit bahan bakar 4,92 ml/menit dan debit udara 135,11 ml/menit. Setelah itu nyalakan api di daerah antara *wire mesh* pertama dan kedua, seperti ditunjukkan pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Nyala api primer terletak diantara *mesh* pertama dan kedua

3. Alirkan bahan bakar dan udara untuk *fuel inlet* sekunder pada keadaan stoikiometri dengan debit reaktan sekecil kecilnya, hingga api sekunder dapat menyala stabil diantara *wire mesh* kedua dan ketiga di dalam *combustor*.
4. Turunkan kecepatan udara pada *fuel inlet* sekunder secara bertahap hingga api padam. Catat debit udara ( $Q_{\text{udara Min}}$ ) saat api padam
5. Alirkan bahan bakar dan udara untuk *fuel inlet* sekunder pada keadaan stoikiometri dengan debit reaktan sekecil kecilnya, hingga api sekunder dapat menyala stabil diantara *wire mesh* kedua dan ketiga di dalam *combustor*. Kemudian debit udara dinaikan secara bertahap hingga terjadi api padam (*extinguish*). Catat debit udara ( $Q_{\text{udara Max}}$ ) saat api padam.
6. Ulangi langkah no 3-5 untuk debit reaktan lebih besar pada *fuel inlet* sekunder dengan perubahan debit  $\Delta Q = 1 \text{ mL/menit}$  dari debit sebelumnya sampai api tidak bisa distabilisasi dalam *meso-scale combustor*.
7. Mengulangi langkah no 2 – 6 untuk *meso-scale combustor* jenis I dengan  $V_{\text{primer}}$  sebesar 36 cm/s dan 42 cm/s. Kondisi ini diperoleh dengan mengatur kecepatan udara dan bahan bakar seperti pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Tabel nilai  $Q_{\text{bb}}$ ,  $Q_{\text{udara}}$  dan kecepatan reaktan pada *fuel inlet* primer

No	$V_{\text{total}}$ (cm/det)	$Q_{\text{bb}}$ (mL/menit)	$Q_{\text{udara}}$ (mL/menit)
1	26	4,92	135,11
2	36	6,96	189,37
3	42	8,01	217,86

8. Mengulangi langkah no 2 – 7 untuk *meso-scale combustor* jenis II

Langkah - langkah yang dilakukan untuk pengambilan data Visualisai nyala api adalah sebagai berikut:

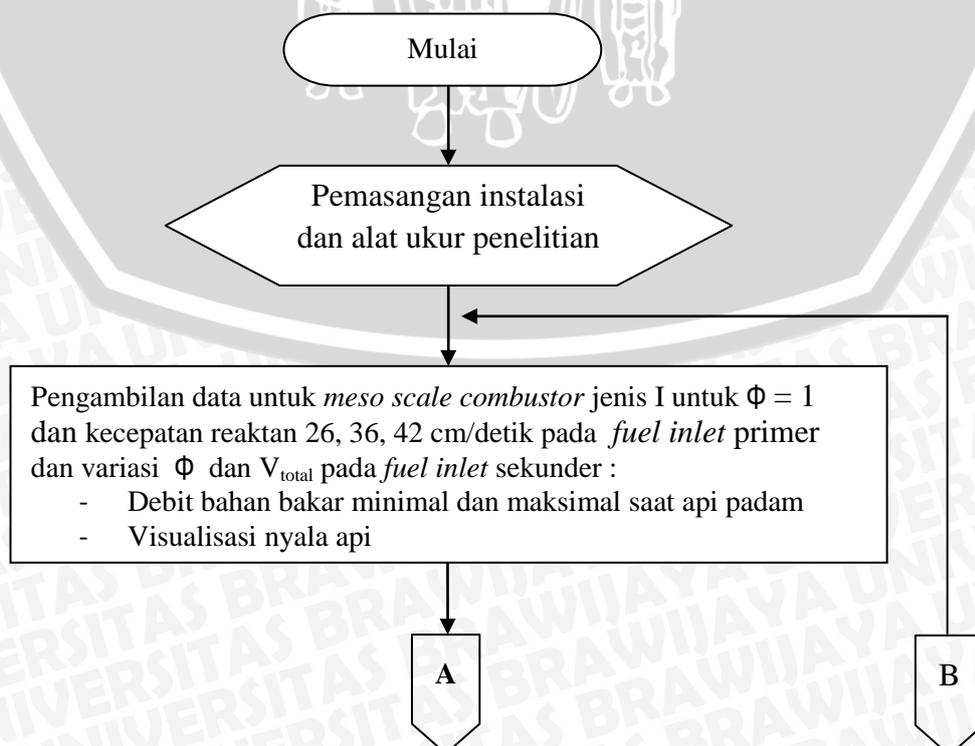
1. Nyalakan ke-2 api pada *downstream wire mesh* pertama dan *downstream wire mesh* ke-2 dimana reaktan dikondisikan pada  $\Phi = 1$  dengan kecepatan reaktan primer 26 cm/detik dan kecepatan total reaktan sebesar 80 cm/detik dalam *combustor* jenis 1
2. Foto nyala api
3. Nyalakan ke-2 api pada *downstream wire mesh* pertama dan *downstream wire mesh* ke-2 dimana reaktan dikondisikan pada  $\Phi = 1$  dengan kecepatan reaktan

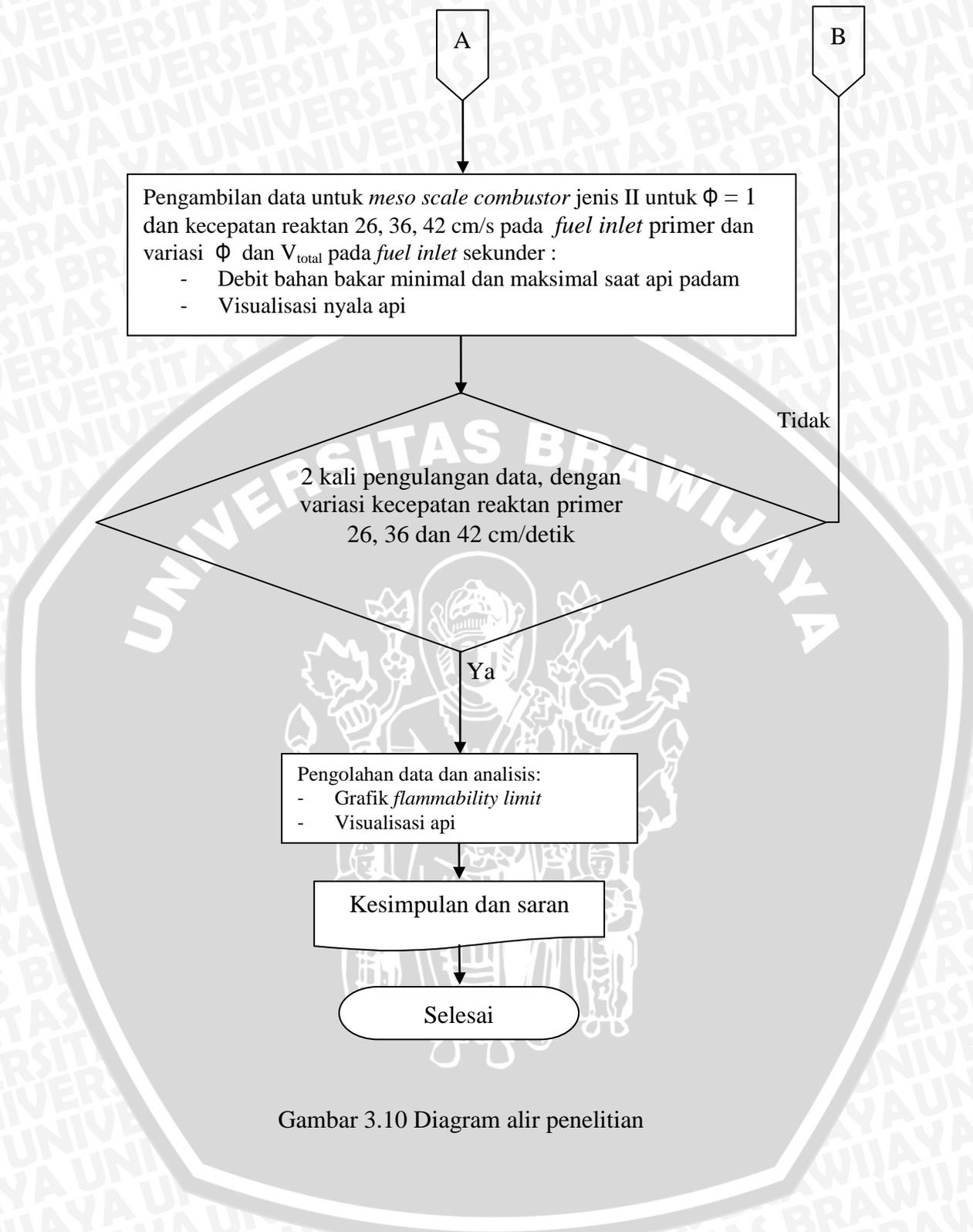
primer 26 cm/detik dan kecepatan total reaktan 100 cm/detik dalam *combustor* jenis 1

4. Foto nyala api
5. Nyalakan ke-2 api pada *downstream wire mesh* pertama dan *downstream wire mesh* ke-2 dimana reaktan dikondisikan pada  $\Phi = 1$  dengan kecepatan reaktan primer 26 cm/detik dan kecepatan total reaktan 120 cm/detik dalam *combustor* jenis 1
6. Foto nyala api
7. Ulangi langkah 1-6 pada  $\Phi = 1$  dengan kecepatan reaktan primer 36 dan 42 cm/detik dan kecepatan total reaktan 80, 100 dan 120 cm/detik
8. Nyalakan ke-2 api pada *downstream wire mesh* pertama dan *downstream wire mesh* ke-2 dimana reaktan dikondisikan pada  $\Phi = 0,9$  dengan kecepatan reaktan primer 26 cm/detik dan kecepatan total reaktan 100 cm/detik dalam *combustor* jenis 1
9. Foto nyala api
10. Ulangi langkah 8-9 dengan perubahan  $\Phi = 1,2$  dengan kecepatan reaktan primer 26, 36, dan 42cm/detik dngan kecepatan total reaktan 100 cm/detik dalam *combustor* jenis 1
11. Ulangi langkah 1-10 dengan *combustor* jenis 2

### 3.7 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian kali ini dapat dilihat pada gambar 3.10 :





Gambar 3.10 Diagram alir penelitian

