

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti untuk mencari data dalam suatu kejadian melalui proses eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh prosentase CO₂ terhadap distribusi temperatur pembakaran difusi CH₄-CO₂ pada *Counterflow Burner*.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Variabel yang besarnya bebas ditentukan peneliti dan tidak dipengaruhi oleh variabel yang lain. Variabel bebas dalam penelitian yaitu :

a. Prosentase gas Karbondioksida (CO₂) pada campuran bahan bakar mulai 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%.

2. Variabel terikat

Variabel yang besarnya tergantung dari nilai variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah perilaku nyala api difusi yang meliputi warna api, lebar api, dan distribusi temperatur api.

3. Variabel terkontrol

Parameter yang dijaga tetap selama pengujian adalah :

1. Konsentrasi O₂ pada Oksidator yaitu 22,5%,
2. Pipa *Counterflow flame burner* yaitu diameter pipa bagian dalam 25,4 mm dan bagian luar 38,1 mm;
3. Tekanan gas yang dimasukkan ke ruang bakar *Counterflow flame burner* sebesar 0,5 bar;
4. Jarak antar pipa *Counterflow flame burner* adalah 20 mm.
5. Gerak maju perhitungan distribusi temperatur dengan thermocouple tiap 1 mm sepanjang 19 mm pada daerah nyala api.
6. Gerak naik perhitungan distribusi temperatur dengan thermocouple tiap 2.5 mm setinggi 5 mm pada daerah nyala api.

7. Gerak turun perhitungan distribusi temperatur dengan thermocouple tiap 2.5 mm setinggi 5 mm pada daerah nyala api.

3.3 Peralatan Penelitian

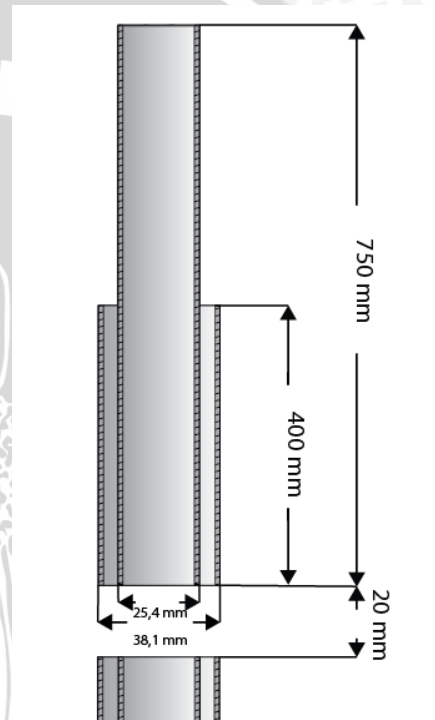
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Ruang bakar model *Counter-flow flame*.

Pipa *Counterflow flame burner* yaitu diameter pipa bagian dalam 1 inch dan bagian luar 1,5 inch. Panjang pipa bagian dalam adalah 750 mm dan pipa bagian luar adalah 400 mm.



(a)



(b)

Gambar 3.1 (a) Ruang bakar model *Counterflow Burner* (b) Geometri *Counterflow Burner*

2. Pemantik



Gambar 3.2 Pemantik.

3. Kamera Video

Alat ini digunakan untuk mengambil atau merekam gambar perambatan api hasil pembakaran yang terjadi sehingga dapat digunakan untuk analisa visual. Dengan data spesifikasi sebagai berikut:

- a. Sensor : Sensor 16.2 MP, CMOS, APS-C
- b. Merk : Nikon D5000
- c. *Movie resolution* : HD movie, 1080p – 24fps / 720p – 30fps, H.264 codec.
- d. *ISO range* : ISO 100 - 6.400, expandable to 25.600



Gambar 3.3 Kamera Video

4. Regulator gas

Regulator digunakan untuk menurunkan tekanan dari tabung gas ke tekanan masuk pipa yang diinginkan.



Gambar 3.4 Regulator CO₂; Regulator O₂; Regulator N₂.

5. *Flowmeter* gas

Digunakan sebagai pengukur debit aliran yang masuk dalam pipa *Counterflow Burner*.



Gambar 3.5 *Flowmeter* gas

6. Termokopel tipe K

Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)). Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.6 Termokopel tipe K

7. *Data Logger*



Gambar 3.7 *Data Logger*

8. *Motor Stepper*

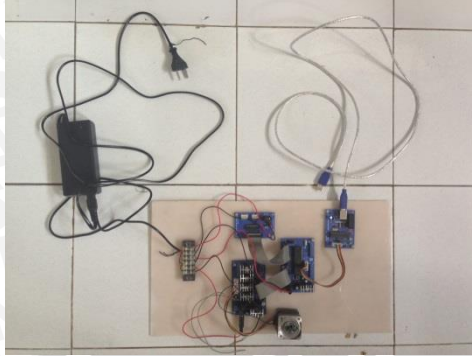
Digunakan sebagai sumber penggerak utama instalasi *thermocouple*.



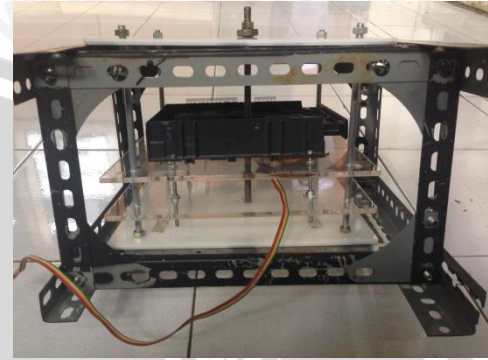
Gambar 3.8 *Motor Stepper*

9. Instalasi gerak otomatis

Instalasi ini menggunakan *motor stepper* sebagai penggerak otomatis maju-mundur dan naik-turun.



(a)



(b)

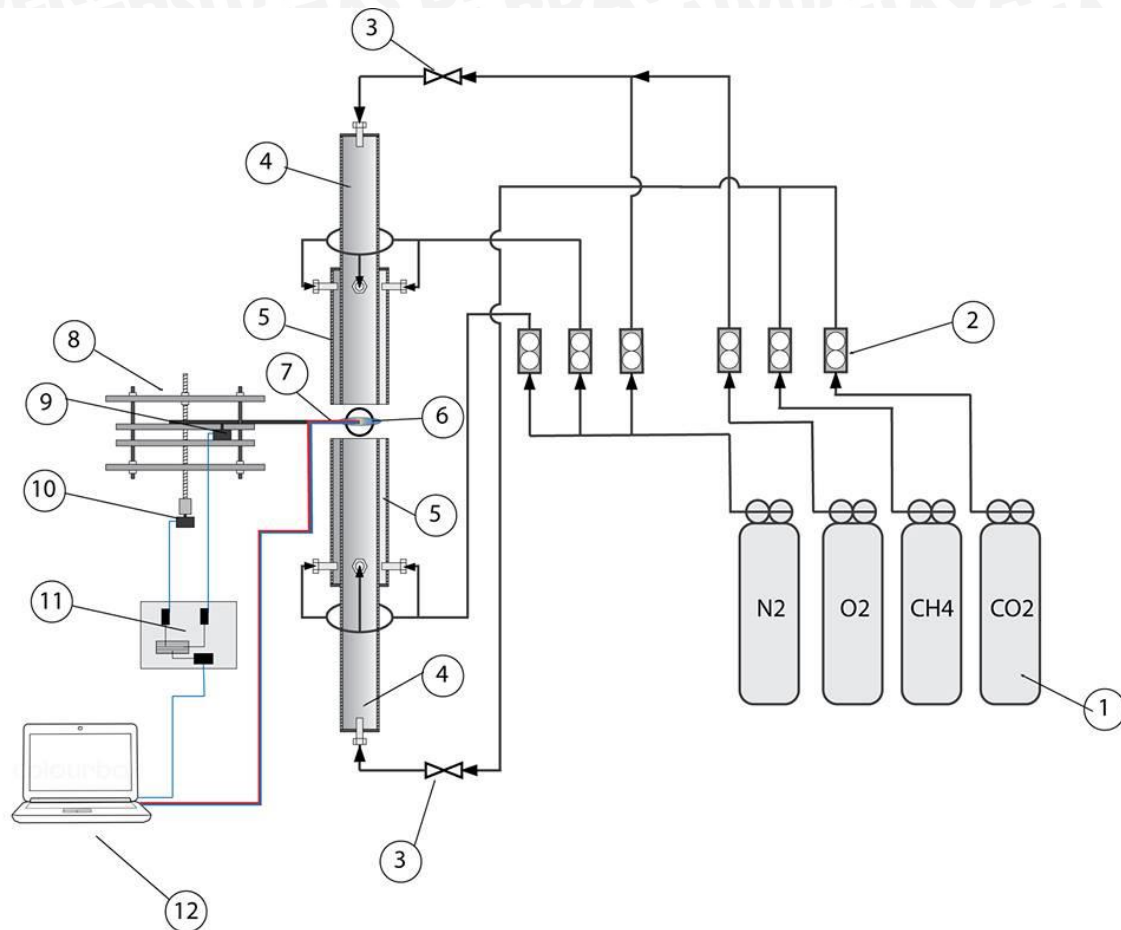
Gambar 3.9 (a) *Micro controller* AT-MEGA (b) instalasi gerak otomatis maju-mundur dan naik-turun

3.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya pada bulan Mei 2014 sampai dengan selesai.

3.5 Skema Instalasi Penelitian

Instalasi alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada skema berikut:



Gambar 3.10 Skema Instalasi Alat Penelitian

Keterangan Gambar:

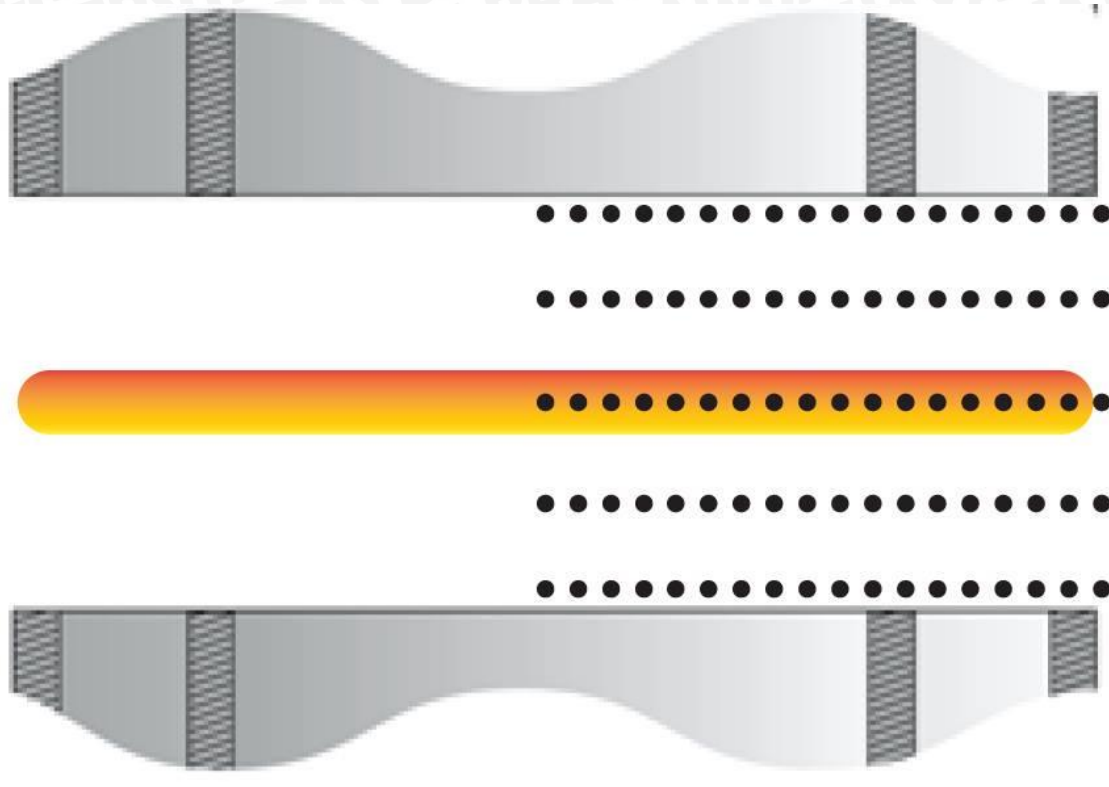
1. Tabung gas
2. *Flowmeter*
3. Katup Pengaman
4. Pipa *counterflow flame burner* bagian luar
5. Pipa *counterflow flame burner* bagian dalam
6. Nyala Api Difusi
7. *Thermocouple*
8. Instalasi penggerak *thermocouple*
9. *Motor Stepper* penggerak horisontal
10. *Motor Stepper* penggerak vertikal
11. Mikro kontroler *motor stepper*
12. Komputer pengendali *motor stepper* dan penerima data sensor suhu

Instalasi yang digunakan pada percobaan ini menggunakan konfigurasi *counterflow burner* yang diadopsi dari percobaan yang dilakukan oleh Mikami et al. Pembakaran yang dilakukan berjenis difusi, dapat dilihat pada Gambar 3.10 bahan bakar yakni CH_4 dan gas CO_2 dialirkan pada pipa dalam bagian bawah. Sedangkan pada pipa dalam bagian atas dialiri oksidator yakni O_2 dan gas inert N_2 sebagai penyeimbang api sehingga api yang terjadi stabil pada posisi yang diinginkan. Pipa luar baik bagian atas maupun bawah dialiri dengan N_2 sebagai gas pelindung agar nyala api yang terjadi tidak melebar keluar dan agar tidak ada gas dari lingkungan yang ikut beraksi ke dalam proses pembakaran yang terjadi.

Diameter pipa bagian dalam baik pada bagian atas maupun bawah berdiameter 1 Inch atau $\pm 25,4$ mm dan panjang 750 mm. Sedangkan untuk pipa bagian luar memiliki diameter 1.5 Inch atau $\pm 38,1$ mm dan panjang 400 mm. Jarak antar ujung pipa diatur sebesar 20 mm.

Gas mengalir dari 4 buah tabung yang ada dengan tekanan gas keluar sebesar 0.5 bar. Setelah gas keluar dari tabung, gas dialirkan melalui selang menuju *flowmeter* dimana di *flowmeter* nanti akan diatur debit dari gas yang akan masuk ke dalam *counterflow burner*. Aliran gas dari bawah adalah berupa CH_4 dan CO_2 sedangkan aliran gas dari atas adalah berupa O_2 dan N_2 . Sedangkan, aliran yang masuk dan mengelilingi pipa adalah N_2 . Setelah semua gas mengalir sesuai dengan variabel bebas, api dinyalakan dengan menggunakan pemantik. Api akan terjadi pada daerah di tengah-tengah pipa. Setelah data diambil dengan menggunakan kamera dan perhitungan distribusi temperatur dengan gerak otomatis, tutup secara perlahan aliran gas pada *flowmeter* dan pada tabung sebelum melakukan pengambilan data selanjutnya.

Alat pengukur temperatur (*thermocouple*) dalam percobaan ini digerakkan secara horisontal dan vertikal dengan skema sebagai berikut :



Gambar 3.11 Skematik pengambilan data distribusi temperatur

3.6 Metode Pengambilan Data

Untuk pembakaran difusi, bahan bakar biogas yang digantikan oleh campuran CH_4 dan gas CO_2 sebagai zat pengotor dialirkan dari pipa konsentrik sebelah bawah, sedangkan gas oksigen dan nitrogen sebagai oksidator dialirkan dari pipa bagian atas.

Kamera digital NIKON D5000 dipasang sejajar dengan nyala api untuk melihat karakteristik nyala api. Pengambilan gambar nyala api harus dilakukan dengan kondisi lingkungan yang gelap agar gambar yang dihasilkan benar-benar gambar dari api tersebut tanpa ada pengaruh cahaya dari luar. Karena salah satu karakteristik yang penting yang ingin diamati dalam penelitian ini adalah karakteristik warna api sebagai efek dari pengaruh gas CO_2 dalam pembakaran $\text{CH}_4\text{-CO}_2$.

Perhitungan distribusi temperatur diambil ketika api sudah menyala, *Thermocouple* ditempatkan pada posisi awal pergerakan. Setelah api mulai stabil *Thermocouple* digerakkan secara otomatis menggunakan mikrokontroler yang diatur oleh komputer sesuai dengan ketentuan. Data yang didapat oleh *Thermocouple* kemudian dicatat oleh data *logger* untuk setiap variasi konsentrasi CO_2 . Setelah pergerakan dan proses pengambilan data temperatur selesai, *Thermocouple* dikembalikan ke posisi awal kemudian bersiap untuk pengambilan data berikutnya.

Untuk proses pengambilan data :

1. Atur jarak antar pipa *counterflow* sesuai dengan jarak yang telah ditentukan;
2. Kemudian alirkan gas CH₄ dari pipa bagian bawah dan oksigen dari pipa bagian atas bawah secara bersamaan sedikit demi sedikit;
3. Setelah bercampur di wilayah stagnansi pemantik dinyalakan;
4. Setelah api dinyalakan alirkan gas CO₂ dan N₂ sedikit demi sedikit kedalam masing-masing saluran sesuai skema diatas. Sebelum dimulai penelitian dan pengambilan data, massa alir masing-masing gas harus disesuaikan dengan variabel penelitian yang telah ditentukan. Proses pengambilan data dibagi menjadi dua tahapan sebagai berikut :
 - a. Pengambilan foto warna dan lebar api dilakukan oleh kamera digital yang diletakan 20 cm dari pusat api dan horizontal dengan api difusi. Setiap penurunan konsentrasi gas oksigen maupun CO₂ (variabel penelitian) dilakukan proses pengambilan gambar untuk mengetahui evolusi perubahan warna api dan lebar api akibat pengaruh dari kedua gas tersebut (dalam hal ini kedua gas tersebut adalah zat pengotor dalam kandungan biogas yang sesungguhnya);
 - b. Tahapan yang terakhir dari proses pengambilan data distribusi temperatur CH₄-CO₂ adalah pencatatan distribusi temperatur api dengan bantuan data *logger* menggunakan sensor *thermocouple* tipe K, pencatatan dilakukan dengan gerak otomatis maju tiap 1 mm sepanjang 19 mm, gerak otomatis naik tiap 2.5 mm setinggi 5 mm pada daerah nyala api, dan gerak otomatis turun tiap 2.5 mm setinggi 5 mm pada daerah nyala api.
5. Setelah data terkumpul dilakukan pengulangan tiga kali dan hal ini dilakukan pula untuk mengumpulkan data pada dua variasi debit lainnya.

3.7 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara:

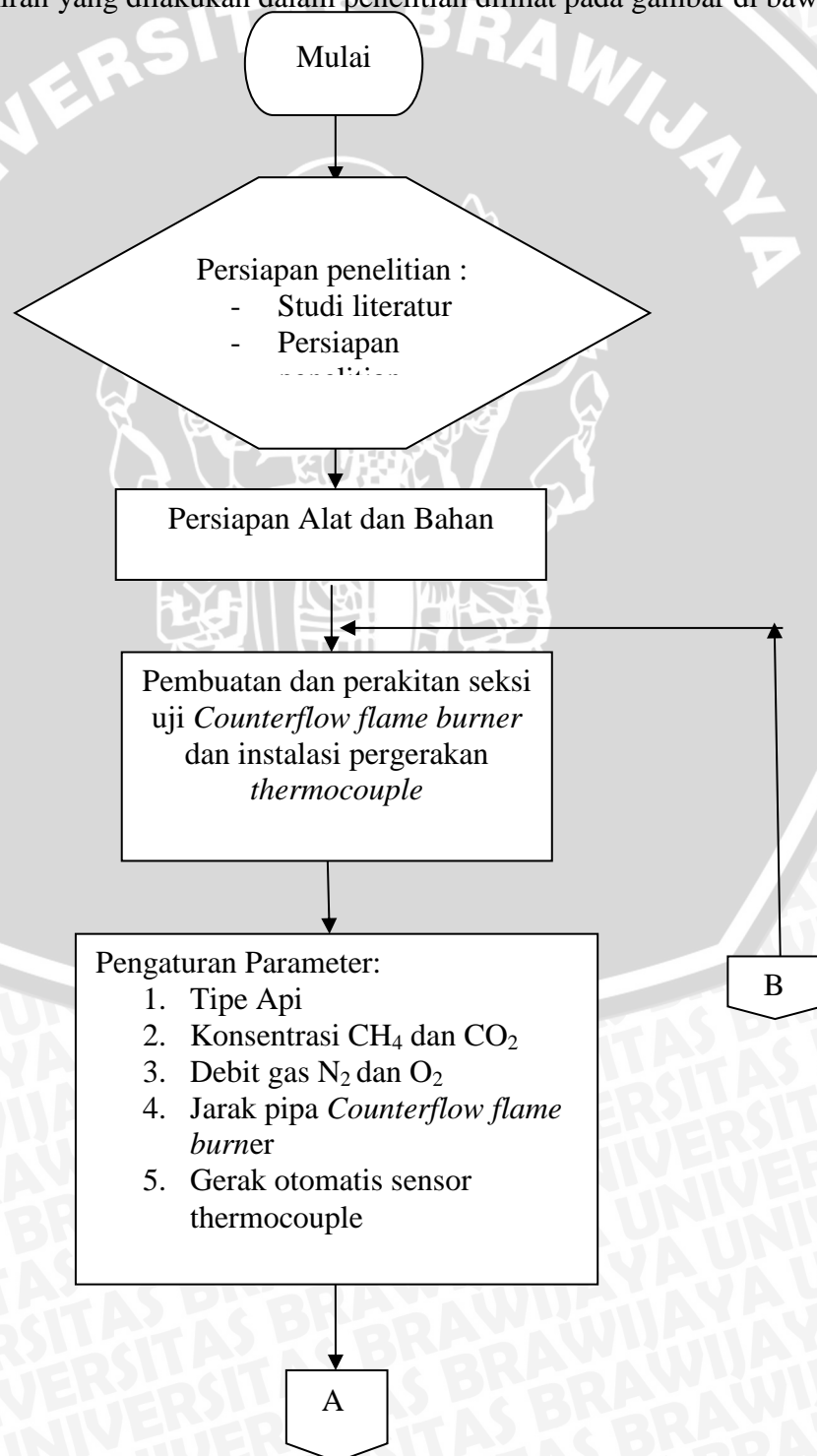
1. Untuk pengambilan data karakteristik api (warna dan lebar api) dilakukan dengan cara melihat wana api dan mengukur lebar api pada hasil foto dengan melihat skala pada perbandingan antara diameter pipa sesungguhnya dengan diameter pipa pada foto yang dimana hal ini yang dijadikan acuan dalam penskalaan lebar api. Cara pengukuran foto sendiri digunakan *software* Coreldraw

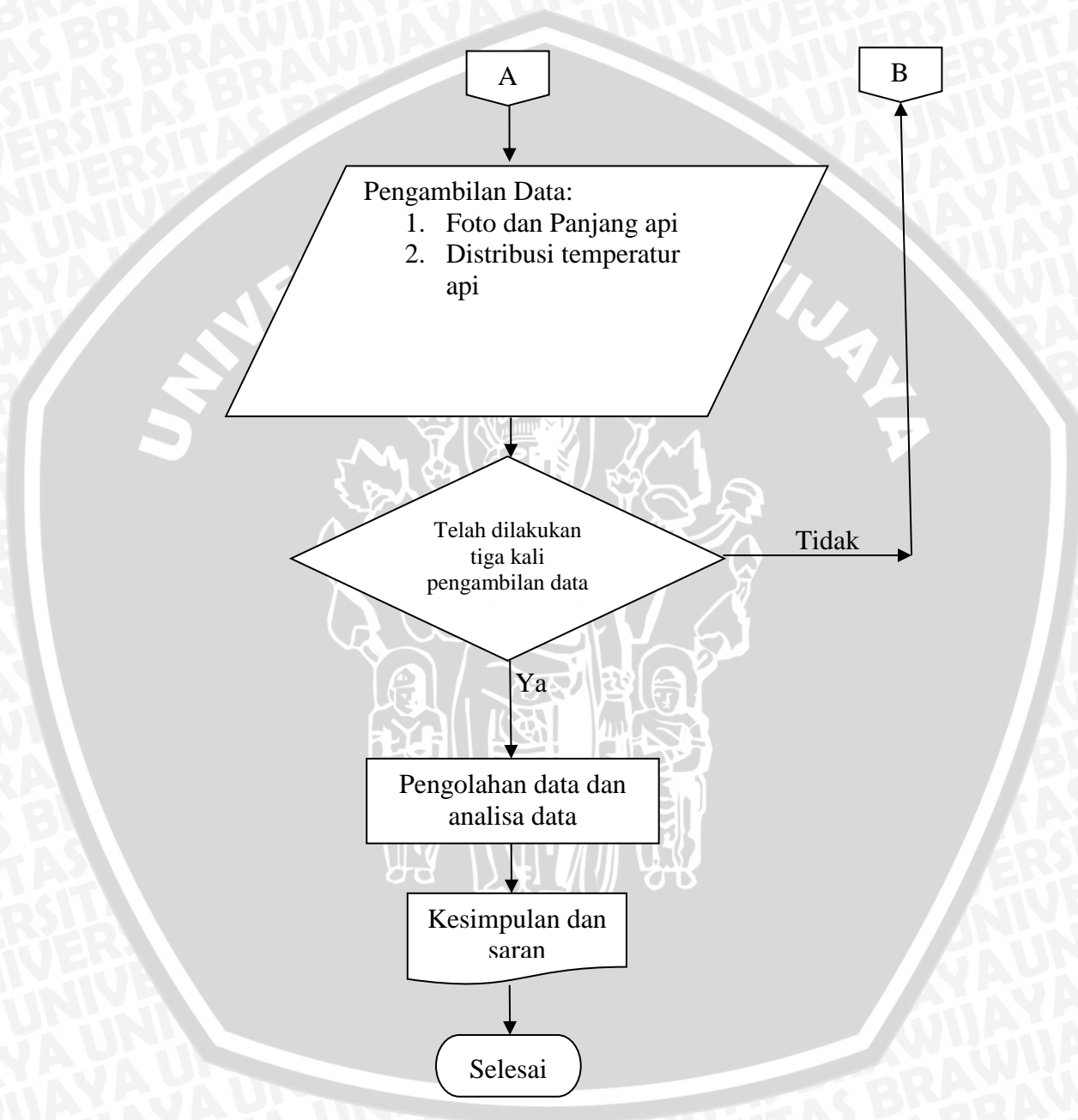
untuk mengolah hasil foto agar dapat diketahui dengan rinci ukuran lebar api pada foto maupun kondisi aslinya.

- Untuk pengambilan data distribusi temperatur pada setiap titik yang dilakukan oleh *Thermocouple* secara otomatis akan tersimpan pada data *logger*. Langkah berikutnya adalah pembuatan grafik berupa *surface plot* dengan menggunakan software MATLAB. Perbedaan pada setiap variasi dianalisis untuk mengetahui pengaruh dari penambahan inhibitor CO₂.

3.8 Diagram Alir Penelitian

Alur pemikiran yang dilakukan dalam penelitian dilihat pada gambar di bawah.





Gambar 3.12 Diagram alir penelitian

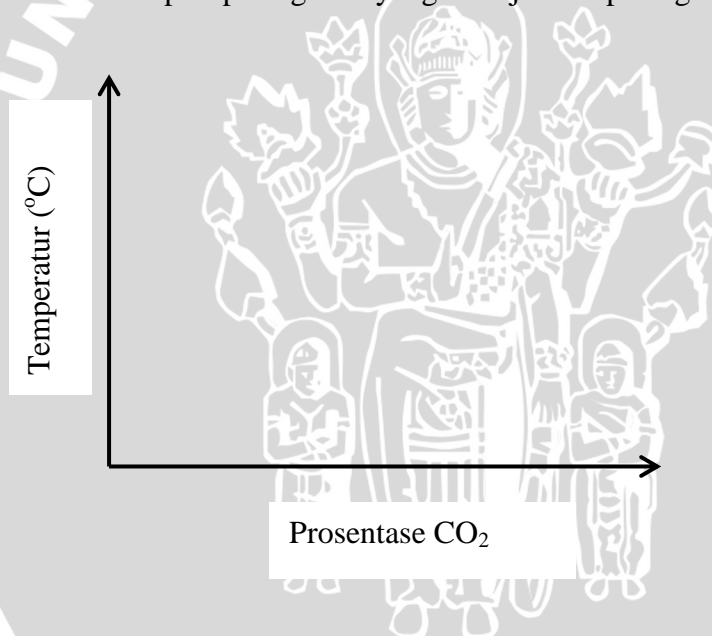
3.9 Rencana Pengambilan dan Pengolahan Data

Pengambilan data distribusi temperatur pembakaran difusi $\text{CH}_4\text{-CO}_2$ pada *Counterflow Burner* dengan variasi prosentrase CO_2 ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Distribusi temperatur api dengan variasi prosentase CO_2

NO	Debit bahan bakar	Konsentrasi O_2	Temperatur api dengan variasi prosentase CO_2					
			0%	10%	20%	30%	40%	50%
1	4 LPM	22,5 %						
		25 %						
		31,25%						
2	8 LPM	22,5 %						
		25 %						
		31,25%						
3	12 LPM	22,5 %						
		25 %						
		31,25%						

Kemudian hasil akan diplot pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 3.11



Gambar 3.12 Grafik Hubungan Prosentase CO_2 pada Bahan Bakar Terhadap Distribusi Temperatur api