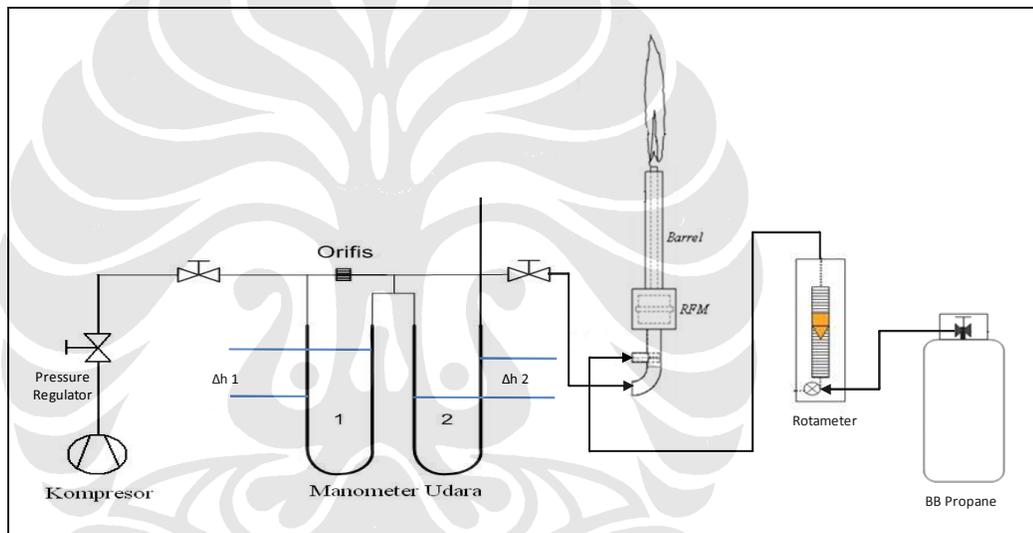


## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 PERALATAN PENELITIAN

#### 3.1.1 *Bunsen Burner*

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Bunsen burner Flame Propagation and Stability Unit P.A. Hilton Ltd C551*, yang dilengkapi dengan *flowmeter* penunjuk aliran udara dan gas dalam satuan cm (centimeter) dan dapat dibaca langsung untuk pengambilan data. Alat ini dilengkapi dengan *fan motor AC*, sekering pengaman 2 A, 220 V, serta *flowmeter* udara dan gas yang berkapasitas 0-30 cm.



Gambar 3. 1 Skema Pengambilan Data

#### 3.1.2 Sistem Suplai Udara dan Bahan Bakar

Sistem ini berfungsi untuk mengatur besarnya debit/aliran udara yang akan dialirkan menuju *burner*. Sistem suplai udara ini terdiri dari 2 pasang manometer tabung U yang masing-masing dilengkapi dengan sepasang katup jarum (*needle valve*). Untuk sepasang manometer yang digunakan sebagai pengatur debit aliran udara dan pengatur *back pressure*, mempunyai panjang 900 mm, juga terbuat dari pipa *acrylic* dengan diameter 11 mm. Alat ini juga dilengkapi dengan orifis dengan berbagai ukuran diameter mulai dari 0,8 mm sampai 2,0 mm, yang pemakaiannya disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Sistem suplai udara-bahan bakar pada manometer tabung-U ditunjukkan pada gambar. 3.2 dibawah ini.

Selain sebagai pengukur laju aliran udara, manometer tabung U ini juga digunakan sebagai pengukur laju aliran gas pada percobaan yang menggunakan manometer sebagai pengukur laju aliran gas dan rotameter sebagai pengukur laju aliran udara. Manometer yang digunakan ini berbeda dengan manometer yang digunakan sebagai pengukur laju aliran udara.



Gambar 3. 2 Sistem suplai Udara

### 3.1.3 Tabung Pembakar (*Barrel*)

Tabung pembakar yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter 14 mm dan panjang 385 mm serta dilengkapi dengan tabung saluran nitrogen.

### 3.1.4 *Fuel Gas*

Alat *Bunsen burner Flame Propagation and Stability Unit P.A. Hilton Ltd C551* didesain untuk pemakaian gas sebagai berikut:

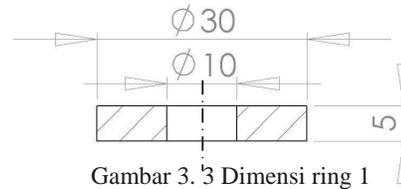
1. Gas Propana
2. LPG (*Liquidified Petroleum Gas*)
3. Gas Metana (Gas Alam)
4. Gas Industri (Gas Kota)

Gas yang digunakan pada penelitian ini yaitu gas propana *Hycool HCR-22*

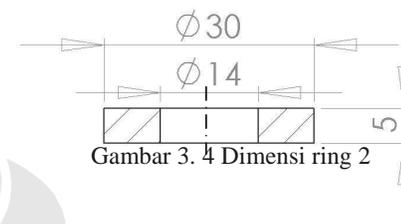
### 3.1.5 Ring Stabilizer

*Ring Stabilizer* yang digunakan yaitu ring dengan material *stainless steel* AISI 304 dan ring keramik dengan dimensi yang sama yaitu:

1. Ring kedua (Rasio  $D_{ir}/D_b = 0,72$ ):
  - o Diameter luar (Dor) = 30 mm
  - o Diameter dalam (Dir) = 10 mm
  - o Tebal (t) = 5 mm
2. Ring ketiga (Rasio  $D_{ir}/D_b = 1$ ):
  - o Diameter luar (Dor) = 30 mm
  - o Diameter dalam (Dir) = 14 mm
  - o Tebal (t) = 5 mm



Gambar 3. 3 Dimensi ring 1



Gambar 3. 4 Dimensi ring 2

### 3.1.6 Peralatan Pendukung

1. *Pressure Regulator*, alat pengatur tekanan gas yang masuk ke dalam rotameter dan dibatasi sebesar 2 bar.
2. Pematik api gas sistem magnet.
3. *Ring Adjuster* untuk mengatur ketinggian ring yang dilengkapi dengan mistar.
4. Mistar baja untuk pengukuran tinggi nyala api *premix*.
5. Kamera digital untuk pengambilan gambar fenomena nyala api.
6. *Hygrometer* untuk mengukur temperatur dan juga RH ruangan saat pengambilan data.

## 3.2 PENYESUAIAN SKALA ROTAMETER dan Manometer Udara

*Rotameter* yang terdapat pada unit P.A. Hilton memiliki skala baca dalam cm yang dapat dibaca langsung dalam percobaan, tetapi dalam pengolahan data, ukuran dalam cm tersebut harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi satuan kapasitas aliran dalam  $m^3/s$

Sedangkan untuk suplai aliran udara digunakan alat manometer udara. Nilai yang akan disesuaikan adalah nilai *back pressure* dan  $\Delta H$  sebagai penanda banyaknya jumlah aliran udara yang disuplai ke burner. Selain itu manometer digunakan sebagai pengukur laju aliran gas.

Alat yang digunakan untuk penyesuaian skala *rotameter* dan manometer ini adalah *Type-WE-25A Wet Gas Meter*. Alat ini memiliki temperatur maksimum  $60^\circ C$  dan tekanan maksimum 1000 mmH<sub>2</sub>O. *Wet Gas Meter* ini memiliki volume 5 L, jadi jika jarum besar melakukan satu putaran maka telah mengalirkan 5 L cairan pengisi. Laju aliran gas yang

diukur dapat diketahui dengan mencatat waktu tempuh aliran gas tersebut dalam melakukan satu putaran atau sebesar 5 L.

### 3.2.1 Posedur persiapan Wet Gas Meter

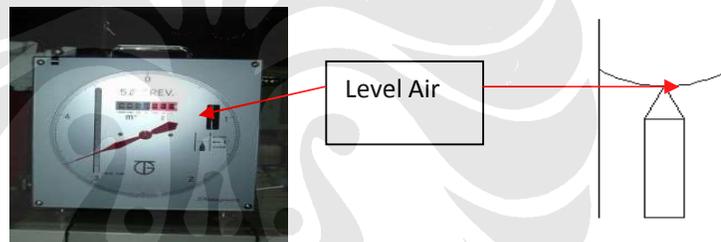
#### Pemasangan

Letakkan *Wet Gas Meter* pada tempat yang rata dan bebas dari getaran. Kemudian putar baut pengatur level ketinggian yang terletak di bawah alat sampai tabung level menunjukkan bahwa *Wet Gas Meter* terletak pada bidang horizontal.

#### Pengaturan *liquid level*

##### 1. Pengisian cairan

Lepaskan tutup *liquid inlet* di kanan atas kalibrator (bagian depan). Masukkan cairan sampai *liquid level* mencapai sekitar 2 mm di atas garis penunjuk *level gauge* atau *setting needle point*.



Gambar 3. 5 Level air pada Wet Gas Meter

##### 2. Pengeringan *Blower Pipe*

Lepaskan tutup *blower pipe drain*, dan periksa jika ada cairan yang tersisa. Cairan yang tersisa akan menyebabkan kalibrator tidak bisa bekerja. Jika cairan tersisa di dalam *blower pipe*, maka keringkan *blower pipe* dan kencangkan tutupnya.

##### 3. Idling

Kencangkan tutup *liquid inlet*. Atur *inlet rubber tube*, dan diamkan kalibrator sehingga jarum besar membuat 20-30 putaran. Setelah *idling* selesai, biarkan bagian dalam kalibrator berada di bawah tekanan atmosfer dengan mencopot *inlet* dan *outlet rubber tube*. Keluarkan cairan dengan perlahan melalui *level control knob* pada sisi kanan panel kalibrator, sampai *liquid level* sejajar dengan garis penunjuk *level gauge* atau *setting needle point* seperti pada gambar.

### **Pengetesan kebocoran**

Hubungkan dan kencangkan *inlet* dan *outlet rubber tube* ke kalibrator. Tutup kencang bagian luar. Berikan tekanan (pada batas pengukuran *manometer*) pada *Wet Gas Meter* melalui inlet. Tutup rapat bagian dalam. Periksa kebocoran dengan membaca *manometer*.

### **Pengukuran**

Hubungkan *inlet* dan *outlet tube* sesuai kebutuhan untuk pengukuran. Biarkan gas diukur mengalir melalui meteran sampai jarum besar membuat kira-kira 20 putaran. Udara yang tertinggal dalam *Wet Gas Meter* dan pipa akan digantikan oleh gas tersebut. Saat gas dan cairan berbeda jauh temperaturnya, diamkan *Wet Gas Meter* sampai mencapai temperatur yang sama. Setelah langkah-langkah tersebut selesai, *Wet Gas Meter* siap untuk pengukuran.

### **Pengoperasian tekanan dan temperatur**

*Wet Gas Meter* harus dioperasikan pada tekanan kisaran *manometer*, meskipun *Wet Gas Meter* dibuat untuk menahan tekanan sampai  $0,15 \text{ kg/cm}^3$  (1500 mm H<sub>2</sub>O).

Temperatur operasi sebesar 50 °C atau di bawahnya. Ketika gas yang diukur tidak lebih dari 0 °C atau gas yang tingkat kelarutan dengan airnya tinggi, gunakan cairan *paraffin*, *electrospark machining oil* atau *trifluorine-contained polymers* dibandingkan dengan air.

### **Gas yang dapat diukur**

*Casing Wet Gas Meter* (tipe standar) terbuat dari *galvanized iron sheet* yang dilapisi dengan cat *epoxy*. Tabung dan *machined parts* terbuat dari kuningan (BsBM2) dan dibentuk dengan metode *brazing*. *Packing* terbuat dari karet sintetis (*nitrile rubber*). Dengan mempertimbangkan material-material yang disebutkan, gas-gas yang dapat mempengaruhi material tersebut tidak dapat diukur.

*Wet Gas Meter* dapat digunakan untuk pengukuran gas kota, gas alam, gas naphtan, gas hidrokarbon jenuh, karbondioksida, gas nitrogen, gas hidrogen, udara, helium atau *inert gas* lainnya. Gas aktif seperti gas amonia dan gas *acetylene* membutuhkan meteran khusus.

## Pengeringan

Untuk mengeringkan *Wet Gas Meter*, lepaskan tutup saluran pembuangan dan balikkan *Wet Gas Meter* sampai cairan di dalam tabung keluar. Pastikan *Wet Gas Meter* kering seluruhnya.

### 3.2.2 Langkah-langkah Penyesuaian Skala Rotameter

#### 3.2.2.1 Penyesuaian skala untuk Gas Propana

1. Menyambungkan selang gas propana pada *gas inlet* pada *Wet Gas Meter*.
2. Mengatur laju aliran gas pada posisi *rotameter* 1 cm sehingga jarum *Wet Gas Meter* mulai berputar.
3. Menentukan satu titik acuan sebagai start pada skala *Wet Gas Meter*.
4. Mencatat waktu yang diperlukan jarum *Wet Gas Meter* dari titik tersebut sampai kembali ke titik itu lagi.
5. Mengulangi langkah 2 sampai 4 untuk laju aliran gas yang berbeda dengan increment 1 cm (1 cm, 2cm, 3cm, dst).

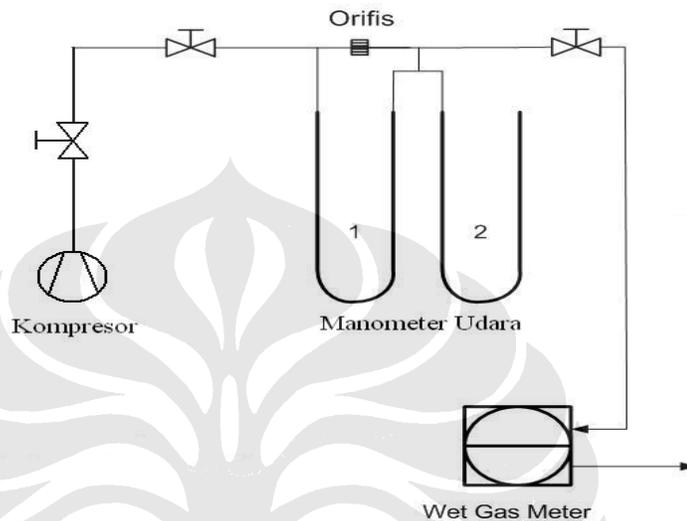


Gambar 3. 6 Prosedur Penyesuaian Skala *Rotameter*

#### 3.2.2.2 Penyesuaian Skala Untuk Udara

1. Menyambungkan selang udara pada *gas inlet* pada *Wet Gas Meter*.
2. Alirkan udara dari kompresor melewati tabung manometer U, kemudian menentukan nilai back pressure yang diinginkan.
3. Tentukan perbedaan ketinggian permukaan pada  $\Delta H$ , dengan tetap menjaga agar back pressure tetap konstan.
4. Menentukan satu titik acuan sebagai start pada skala *Wet Gas Meter*.

5. Mencatat waktu yang diperlukan jarum *Wet Gas Meter* dari titik tersebut sampai kembali ke titik itu lagi.
6. Untuk nilai back pressure, data yang diambil adalah setiap kelipatan 100 dimulai dari 100 mm hingga 800 mm.
7. Mengulangi langkah 2 sampai 5 untuk laju back pressure yang berbeda.

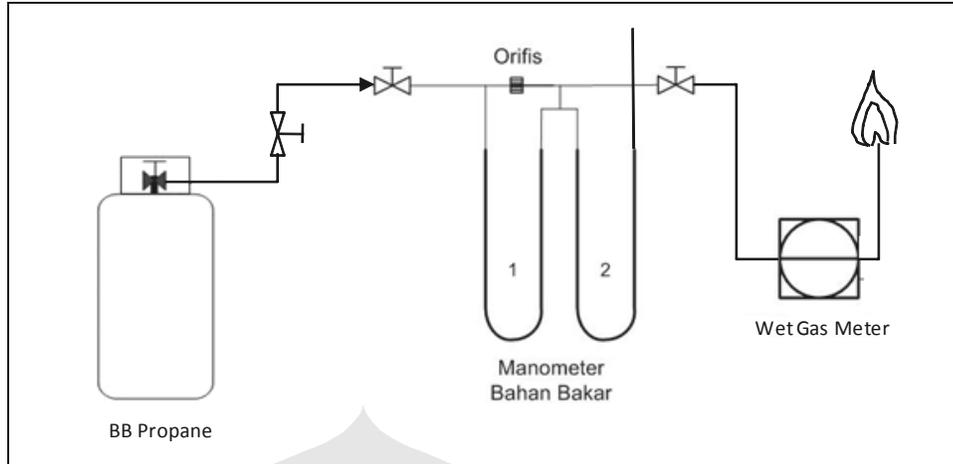


Gambar 3. 7 Skema Kalibrasi Udara

### 3.2.2.3 Penyesuaian Skala Untuk Gas

1. Menyambungkan selang Gas dari keluaran manometer pada *gas inlet* pada *Wet Gas Meter*.
2. Alirkan Gas dari Tabung bahan bakar melewati tabung manometer U, kemudian menentukan nilai back pressure yang diinginkan.
3. Tentukan perbedaan ketinggian permukaan pada  $\Delta H$ , dengan tetap menjaga agar back pressure tetap konstan.
4. Menentukan satu titik acuan sebagai start pada skala *Wet Gas Meter*.
5. Mencatat waktu yang diperlukan jarum *Wet Gas Meter* dari titik tersebut sampai kembali ke titik itu lagi.
6. Untuk nilai back pressure, data yang diambil adalah setiap kelipatan 100 dimulai dari 100 mm hingga 800 mm.
7. Mengulangi langkah 2 sampai 5 untuk laju back pressure yang berbeda.

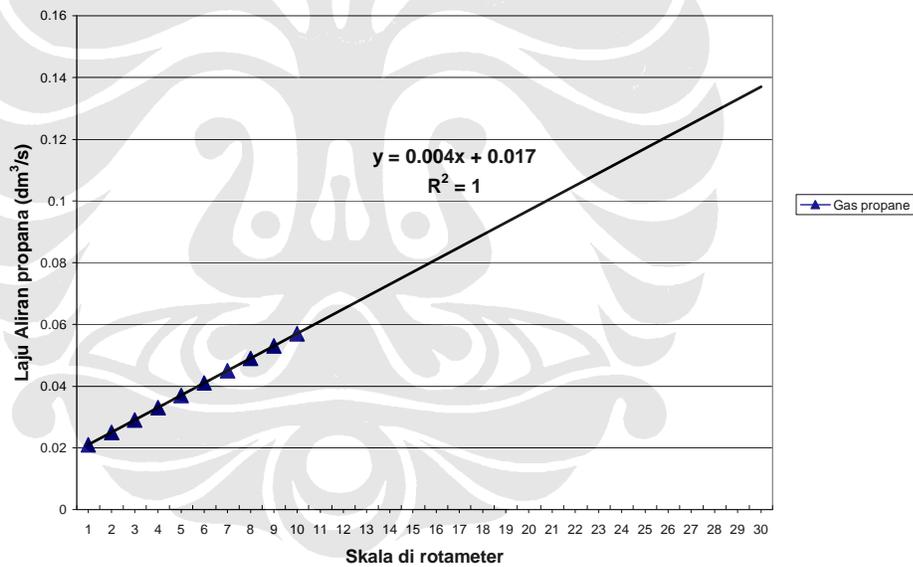
Untuk Penelitian kali ini, orifice yang digunakan sebagai system suplai bahan bakar adalah yang berukuran diameter 0.8 mm dan untuk nilai  $\Delta h_2$  atau nilai back pressurennya ditentukan pada nilai 300.



Gambar 3. 8 Skema Kalibrasi Gas.

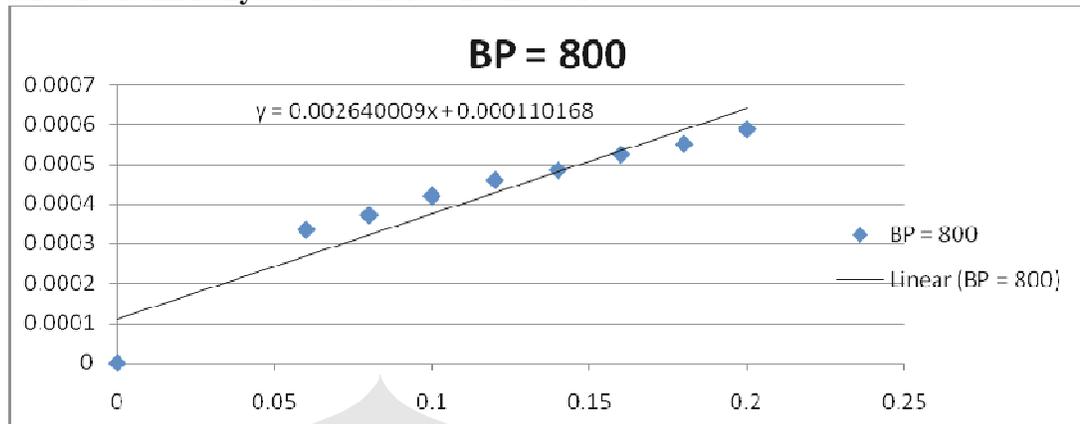
### 3.2.3 Grafik hasil penyesuaian skala Rotameter

#### 3.2.3.1 Grafik Penyesuaian Skala Untuk Propana



Gambar 3. 9 Penyesuaian Skala Untuk Propana

### 3.2.3.2 Grafik Penyesuaian Skala Untuk Udara



Gambar 3. 10 Penyesuaian Skala Untuk Udara

Dari hasil kalibrasi yang dilakukan, didapat diameter orifis yang digunakan adalah 3.2 mm dan nilai back pressure yang digunakan adalah 800 mm. Penggunaan orifis berdiameter 3.2 mm dan nilai back pressure 800 dikarenakan oleh kebutuhan udara untuk mendapatkan fenomena *flame lift-up* didapat pada kondisi tersebut.

### 3.3 METODE PENGAMBILAN DATA

Penelitian yang dilakukan ini adalah dengan kondisi penggunaan ring yang diletakkan di atas burner dengan adanya jarak diantara burner dan ring. Dalam pengambilan data, yang menjadi parameter yang dicari (variable bebas) adalah indikator udara yang didapat di manometer, tinggi nyala api premix dari mulut tabung pembakar (*barrel tip*), suhu ring ketika terjadinya *lift up* dan *blow off*, dan waktu yang dibutuhkan agar api padam sejak terjadinya *lift up*. Untuk variable tetap dari penelitian ini adalah indikator gas bahan bakar (*propane*).

Dalam penelitian ini untuk variabel bebas pengukurannya adalah: indikator udara didapat dari  $\Delta H$  udara pada back pressure 800. Tinggi nyala api diukur didapat dari mulut tabung pembakar nilainya dalam mm. Dalam pengukuran suhu ring, besaran yang digunakan adalah  $^{\circ}\text{C}$ . Waktu untuk pengukuran ini dalam satuan detik.

Penelitian ini menetapkan nilai aliran dari gas adalah sebesar 0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Penempatan posisi ring adalah pada ketinggian 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm diatas *barrel tip*. Aliran udara dicatat pada saat terjadinya fenomena *lift-up flame*, dan diukur tinggi nyala api *premix* dari *barrel tip*.

Data-data hasil penelitian kemudian dimasukkan ke dalam tabel dengan format sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Tabel Data Percobaan Dengan Menggunakan Ring

Ketinggian ring (x) (mm)	Indikator Aliran gas (cm)	$\Delta H$ Udara (mm H <sub>2</sub> O)	T Lift up	T blow off	Time lift to blow (s)
X <sub>i</sub>	0.5				
	1				
	1.5				
	2				

Untuk pengujian yang menggunakan manometer sebagai pengatur aliran gas dan rotameter sebagai pengatur aliran udara. Yang menjadi parameter yang dicari adalah indikator laju aliran udara yang terdapat pada rotameter. Sedangkan yang menjadi variable tetapnya adalah indikator gas bahan bakar yang diukur dengan menggunakan manometer.

Dalam pengujian ini nilai dari  $\Delta h_2$  atau nilai back pressurennya dijaga berada pada nilai 300. Kemudian ring yang digunakan adalah yang berukuran diameter 10 mm. pada pengujian ini nilai yang ditetapkan dari laju aliran gas yaitu nilai  $\Delta h_1$  adalah sebesar 200, 250, 300, 350, 400, dan 450 mmH<sub>2</sub>O. Penempatan posisi ring adalah pada ketinggian 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm diatas barrel tip.

### 3.4 PROSEDUR PERCOBAAN

#### 3.4.1 Persiapan Awal Peralatan Uji

1. Mempersiapkan peralatan yang akan diperlukan dalam melakukan pengujian seperti *Bunsen burner*, tabung gas, pematik api gas, ring, *ring adjuster*, dan lainnya.
2. Mengatur posisi *rotameter* gas pada posisi nol.
3. Memastikan tidak ada kebocoran.
4. Mengatur manometer pada posisi nol.
5. Memasang *barrel*, selang bahan bakar, selang udara pada *mixer*.
6. Meletakkan *ring adjuster* pada posisi dekat dengan *Bunsen burner*.

### 3.4.2 Pengukuran *lift-up* dan *blow-off* dengan menggunakan ring

1. Memasang ring pada *ring adjuster* dengan diameter dalam 10 mm, diameter luar 30 mm dan tebal 5 mm diletakkan konsentris dengan mulut *barrel* pada jarak 10 mm di atas mulut *barrel*.
2. Membuka katup udara pada manometer sedikit dan membuka katup gas, kemudian menyalakan dengan menggunakan pematik.
3. Mengatur laju aliran gas pada posisi *rotameter* 0,5 cm sehingga gas mengalir melalui tabung.
4. Menambah laju aliran udara secara perlahan-lahan sampai terbentuk nyala api biru yang sangat terang.
5. Menaikkan laju aliran udara lebih lanjut secara perlahan-lahan hingga sebagian nyala sedikit terangkat dari mulut *barrel* dan kemudian nyala api akan mulai terangkat seluruhnya ke atas ring (*lift-up*) dan pada kondisi ini mencatat besar laju aliran udara pada *manometer*.
6. Menutup aliran udara.
7. Mengulangi langkah 2 sampai 6 untuk laju aliran gas yang berbeda (0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm).
8. Mengulangi langkah 1 sampai 7 untuk ketinggian ring yang berbeda (10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm).
9. Mengulangi langkah 1 sampai 8 untuk ring dengan diameter dalam 14 mm, diameter luar 30 mm dan tebal 5 mm.

### 3.4.3 Persiapan Awal Peralatan Uji Untuk Penggunaan Manometer Sebagai Pengatur Aliran Gas dan Rotameter Sebagai Pengatur Aliran Udara.

Pada percobaan kali ini tidak memiliki perbedaan dalam penggunaan alat yang akan digunakan. Yang membedakan adalah penggunaan rotameter sebagai pengatur laju aliran udara dan manometer sebagai pengatur laju aliran udara.

1. Mempersiapkan peralatan yang akan diperlukan dalam melakukan pengujian seperti *Bunsen burner*, tabung gas, pematik api gas, ring, *ring adjuster*, dan lainnya.
2. Mengatur posisi *rotameter* udara pada posisi nol.
3. Mengatur manometer gas pada posisi nol.
4. Memastikan tidak ada kebocoran.
5. Memasang *barrel*, selang bahan bakar, selang udara pada *mixer*.
6. Meletakkan *ring adjuster* pada posisi dekat dengan *Bunsen burner*.

### 3.4.4 Pengukuran *lift-up* dan *blow-off* dengan menggunakan ring

Pada pengujian ini yang digunakan adalah ring berukuran diameter dalam 10 mm.

1. Memasang ring pada *ring adjuster* dengan diameter dalam 10 mm, diameter luar 30 mm dan tebal 5 mm diletakkan konsentris dengan mulut *barrel* pada jarak 10 mm di atas mulut *barrel*.
2. Membuka katup udara pada rotameter sedikit dan membuka katup gas pada manometer, kemudian menyalakan dengan menggunakan pematik.
3. Mengatur laju aliran gas pada posisi *manometer* dengan  $\Delta h_2$  dijaga pada nilai 300 sambil memperbesar  $\Delta h_1$  sehingga gas mengalir melalui tabung.
4. Memeberikan nilai  $\Delta h_1$  sebesar 200 sambil menjaga agar nilai dari  $\Delta h_2$  tetap pada nilai 300.
5. Menambah laju aliran udara secara perlahan-lahan sampai terbentuk nyala api biru yang sangat terang.
6. Menaikkan laju aliran udara lebih lanjut secara perlahan-lahan hingga sebagian nyala sedikit terangkat dari mulut *barrel* dan kemudian nyala api akan mulai terangkat seluruhnya ke atas ring (*lift-up*) dan pada kondisi ini mencatat besar laju aliran udara pada *rotameter*.
7. Mengecilkan aliran udara.
8. Mengulangi langkah 2 sampai 6 untuk laju aliran gas yang berbeda (250, 300, 350, 400, 450).
9. Mengulangi langkah 1 sampai 7 untuk ketinggian ring yang berbeda (10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm).