

# BAB III

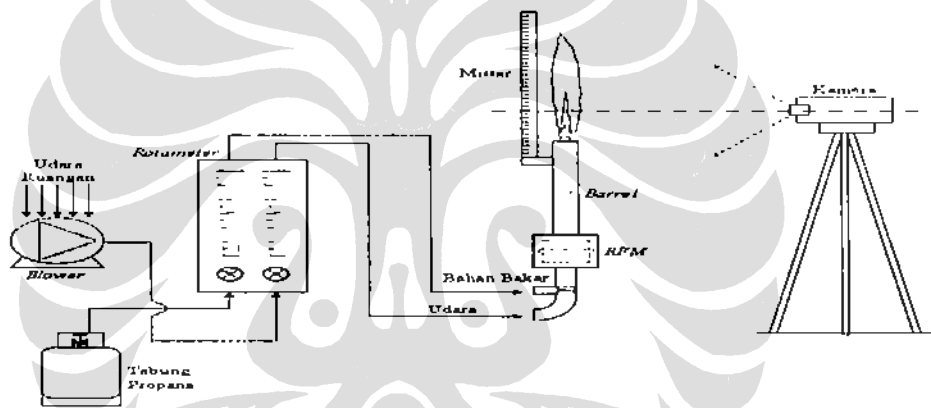
## METODE PENELITIAN

### 3.1 PERALATAN PENELITIAN

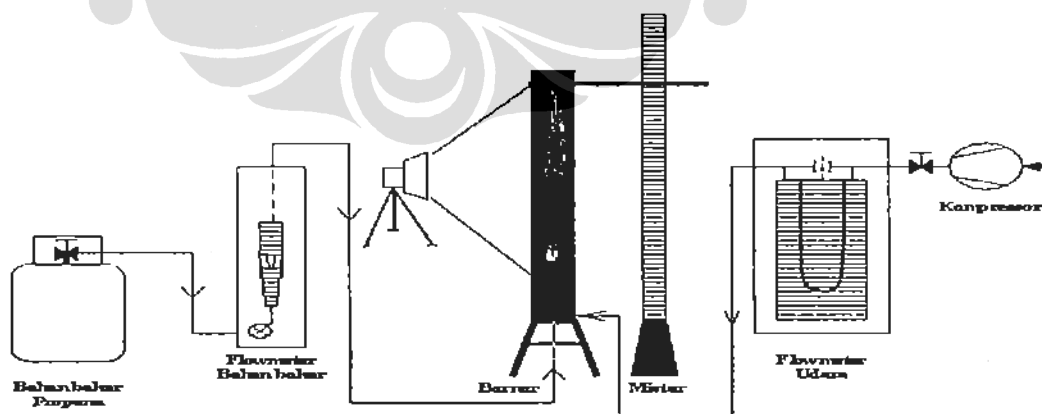
#### 3.1.1 Peralatan Utama

Peralatan utama dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Bunsen Burner Flame Propagation and Stability Unit P.A Hilton LTD C551. Dilengkapi dengan flowmeter penunjuk aliran udara dan gas dalam satuan cm (*centimetre*) 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.

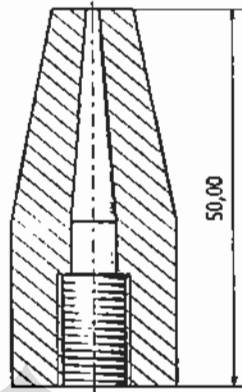


Gambar 3.1 Skema pengambilan data pada pembakaran non difusi



Gambar 3.2 Skema Pengambilan data pada pembakaran difusi

2. Jet Holder/nosel sebagai tempat pembakaran dengan memiliki diameter dalam diujungnya sebesar 1,5 mm.



Gambar. 3.3 Penampang nosel

3. Termokopel tipe K

Termokopel yang digunakan dengan memiliki rentang suhu dari  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $1200^{\circ}\text{C}$ , terdiri dari material Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)[4]. Termokopel ini dibuat dengan ketebalan 0,2 mm di ujung tempat pengukuran. Kemudian untuk menampilkan hasil pengukuran menggunakan alat Fluke meter.

4. Tabung Pembakar (Barrel) untuk pembakaran difusi

Dengan diameter dalam sebesar 25 mm disambungkan dengan ruang aliran udara dengan didalamnya terdapat pipa tembaga dengan diameter luar 10 mm dan diameter dalam 5 mm yang ujung atasnya disambung dengan nosel.

5. Tabung Pembakar (*Barrel*) untuk pembakaran non difusi

Tabung pembakar yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter 14 mm dan diameter 10 mm. Panjang tabung pembakar yang dipergunakan adalah 380 mm dan 250 mm.

5. Gas Propana

Bahan bakar yang digunakan untuk percobaan ini, yaitu gas propana *Hycool HCR-22*.

6. Penggaris

Percobaan ini menggunakan penggaris yang tahan panas dengan ketinggian sebesar 100 cm.

## 7. Infra View Thermografi

Dipakai Infra Red Boiler/ Furnace Thermometer, merk JNT Technical Service Inc.

### Spesifikasi Infra View

|                  |   |  |
|------------------|---|--|
| Output range     | : | 250 - 3000oF (120oC – 1650oC) (4-20mA)   |
| Accuracy         | : | ±1% untuk pembacaan (260oC – 1650oC)     |
|                  | : | ±2% untuk pembacaan (177oC – 260oC)      |
|                  | : | ±4% untuk pembacaan (120oC – 177oC)      |
| Repeatebelity    | : | ±0,5% untuk pembacaan ± 1digit oF ( oC ) |
| Response time    | : | 100 ms                                   |
| Emisivity        | : | 0,1 s/d 0,99, 0,01 satuan pertambahan    |
| Peak/Valley Hold | : | 0 – 10 menit                             |

## 8. Infra Red Thermografi

Dipakai Infra Red thermografi TH9100 WB , merk NEC San-ei Instrumens, LTD

### Spesifikasi Infra Red

|                     |   |                                    |     |        |         |
|---------------------|---|------------------------------------|-----|--------|---------|
| Output range        | : | Range 1                            | -40 | s/d    | 120 °C  |
|                     |   | Range 2                            | 0   | s/d    | 500 °C  |
|                     |   | Range 2                            | 200 | s/d    | 2000 °C |
| Accuracy            | : | Range 1                            | ±   | 0,1 °C |         |
|                     | : | Range 2                            | ±   | 2 °C   |         |
|                     | : | Range 3                            | ±   | 32 °C  |         |
| Facus Range         | : | 30 cm (min)                        |     |        |         |
| Frame time          | : | 60 frames/sec                      |     |        |         |
| Emisivity           | : | 0,1 s/d 1, 0,01 satuan pertambahan |     |        |         |
| Interval pengukuran | : | 30 s/d 3600 sec                    |     |        |         |

### 3.1.2 Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung untuk melakukan penelitian ini adalah

1. Pressure regulator alat pengatur tekanan gas yang masuk ke dalam rotameter dan dibatasi sebesar 2,5 bar.
2. Pressure Regulator dan Rotameter untuk udara dibatasi hingga 30 bar.
3. Pemantik api gas sistem magnet
4. Termokopel adjuster
5. Saluran pembuangan sisa hasil pembakaran
6. Kamera digital untuk pengambilan gambar fenomena nyala api.
7. Hygrometer untuk mengetahui tekanan, temperatur dan kelembaban relatif ruangan.

## 3.2 PENYETARAAN SKALA PERALATAN

### 3.2.1 Penyetaraan Skala Rotameter

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  $m^3/s$ .

Alat yang digunakan untuk penyesuaian skala flowmeter atau rotameter ini yaitu *Type-WE Wet gas Meter*. Alat ini memiliki temperatur maksimum  $60^{\circ}C$  dan tekanan maksimum  $1000 \text{ mmH}_2\text{O}$ . *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.

#### 3.2.1.1 Langkah-Langkah Persiapan Alat

##### Pemasangan

Letakkan alat pada tempat yang rata dan bebas dari getaran. Kemudian putar baut pengatur level sampai tabung level menunjukkan bahwa alat terletak pada bidang horizontal.

##### Tabung Pembakar (*Barrel*)

... Tabung pembakar yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter 14 mm dan diameter 10 mm. Panjang tabung pembakar yang dipergunakan adalah 380 mm dan 250 mm.

### 1. Pengisian cairan

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

### 2. Pengeringan *Blower Pipe*

Lepaskan tutup *blower pipe drain*, dan periksa jika ada cairan yang tersisa. Cairan yang tersisa akan menyebabkan alat 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 alat sehingga jarum besar membuat 20-30 putaran. Setelah *idling* selesai, biarkan bagian dalam alat berada di bawah tekanan atmosfer dengan mencopot *inlet* dan *outlet rubber tube*. Keluarkan cairan dengan perlahan melalui *level control knob* pada sisi kanan panel alat, 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 alat. Tutup kencang bagian luar. Berikan tekanan (pada batas pengukuran manometer) pada alat 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 meteran alat dan pipa akan digantikan oleh gas tersebut. Saat gas dan cairan berbeda jauh temperaturnya, diamkan meteran alat sampai mencapai temperatur yang sama. Setelah langkah-langkah tersebut selesai, meteran alat siap untuk pengukuran.

### Pengoperasian tekanan dan temperatur

Meteran harus dioperasikan pada tekanan kisaran manometer. meskipun meteran 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* meteran alat (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.

Meteran digunakan untuk pengukuran gas kota, gas alam, gas naphthan, 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 meteran, lepaskan tutup saluran pembuangan dan balikkan meteran sampai cairan di dalam tabung keluar. Pastikan meteran kering seluruhnya.

### 3.2.1.2 Langkah-Langkah Penyetaraan Skala Rotameter

Penyetaraan *Gas Propana*

1. Menyambungkan selang gas Propana pada *gas inlet* pada meteran.
2. Menyambungkan aliran gas yang keluar ke burner agar terbakar sehingga tidak tersebar kemana-mana.
3. Mengatur laju aliran gas pada posisi rotameter 1 cm sehingga jarum meteran mulai berputar.
4. Menentukan satu titik acuan sebagai start pada skala meteran.
5. Mencatat waktu yang diperlukan jarum meteran dari titik awal hingga kembali lagi ke titik awal tersebut.
6. Mengulangi langkah 2 sampai 4 untuk laju aliran gas dari 1 cm hingga terjadi *blow off*. (1 cm hingga 15 cm).



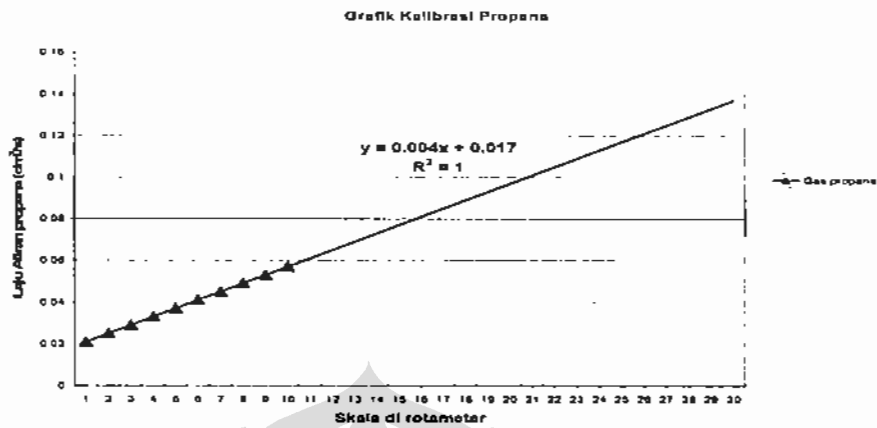
Gambar 3.4. Kalibrasi Rotameter

#### Penyetaraan Udara

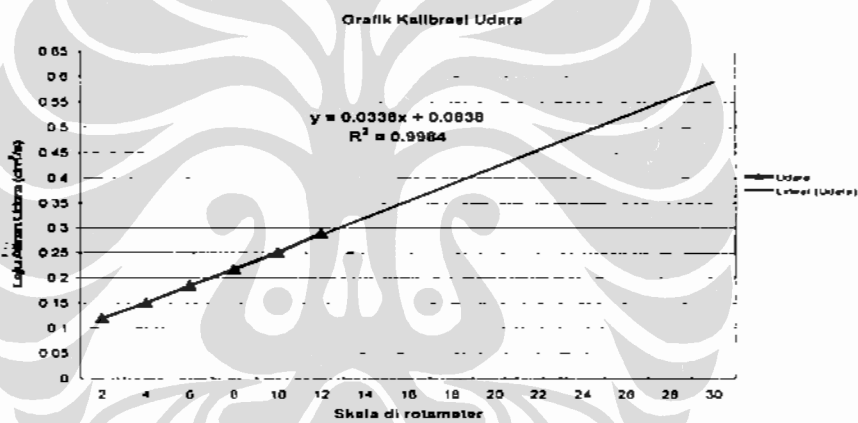
1. Menyambungkan selang udara pada *gas inlet* pada meteran.
2. Mengatur laju aliran gas pada posisi rotameter 2 cm sehingga jarum meteran mulai berputar.
3. Menentukan satu titik acuan sebagai start pada skala meteran.
4. Mencatat waktu yang diperlukan jarum meteran dari titik tersebut sampai kembali ke titik itu lagi.
5. Mengulangi langkah 2 sampai 4 untuk laju aliran gas yang berbeda dengan increment 2 cm (4 cm, 6cm, 8cm, dst).

### 3.2.1.3 Grafik Hasil Penyetaraan Skala Rotameter

#### Grafik Propana



Gambar 3.5 Grafik Penyetaraan Laju Aliran Propana Terhadap Rotameter



Gambar 3.6. Grafik Penyetaraan Laju Aliran Udara Terhadap Rotameter

### 3.2.2 Penyetaraan Flowmeter Udara pipa U

Prosedure penyetaraan pembacaan *flowmeter* udara sbb :

1. Posisi *wet gas meter* di *set up*, agar posisi *wet gas meter* setimbang.
2. *Wet gas meter* diisi dengan air sebanyak 5 liter.
3. Pipa U pengukur tekanan udara diisi dengan air secukupnya.
4. Udara dari kompressor dialirkan ke *regulator valve*.
5. Udara dari *regulator valve* diteruskan ke *orifice*.
6. Udara sebelum *orifice* dialirkan ke pipa U.
7. Udara keluaran *orifice* dialirkan ke *wet gas meter*.



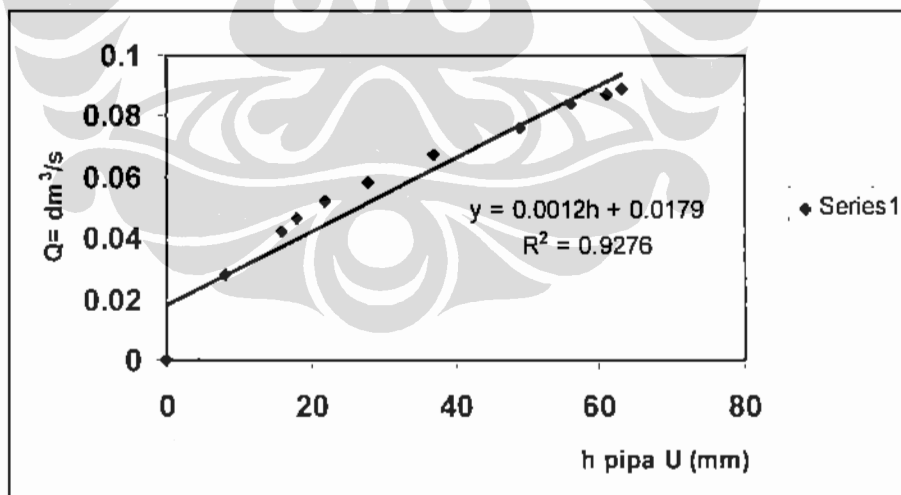
8. Akibat tekanan udara, jarum *wet gas meter* berputar yang menunjukkan indikasi laju aliran volume udara ( $\text{dm}^3/\text{dtk}$ ) dan terjadi beda ketinggian air pada pipa U.
9. Waktu yang dibutuhkan perputaran jarum *wet gas meter* untuk setiap 5 liter dicatat dan beda ketinggian air pada pipa U dicatat.

Data pembacaan *flowmeter* udara ditunjukkan tabel dibawah ini.

| Skala<br>Pipa U<br>$h_p$ (mm) | Laju Aliran<br>Volume Udara<br>$Q_a$ ( $\text{dm}^3/\text{dtk}$ ) |
|-------------------------------|---|
| 0                             | 0,000   |
| 8                             | 0,028   |
| 16                            | 0,042   |
| 18                            | 0,046   |
| 22                            | 0,052   |
| 28                            | 0,058   |
| 37                            | 0,067   |
| 49                            | 0,076   |
| 56                            | 0,084   |
| 61                            | 0,087   |
| 63                            | 0,089   |

Tabel 3.1 : Data pembacaan *flowmeter* udara

Dari tabel 3.1. dapat dibuat kurva dan persamaan pembacaan pipa U (*flowmeter* udara) sebagai berikut :



Gambar 3.7 . Penyetaraan pembacaan *flowmeter* udara (pipa U)

Persamaan penyetaraan pembacaan pipa U (*flowmeter* udara) diperoleh dari gambar 3.7, sebagai berikut :

$$Q_a = 0,0012h_p + 0,0179$$

### 3.3. Prosedur Pengujian

#### 3.3.1 Persiapan Awal Peralatan Uji

1. Mempersiapkan peralatan yang akan diperlukan dalam melakukan pengujian seperti Bunsen's Burner, tabung gas, pematik api gas, ring, *ring adjuster*, peralatan thermografi dan lainnya.
2. Mengaturtur posisi *rotameter* gas dan udara pada posisi nol.
3. Memastikan tidak ada kebocoran.
4. Memasang *barrel*, selang bahan bakar, selang udara pada *mixer*.
5. Menentukan posisi peralatan termokopel dan thermografi

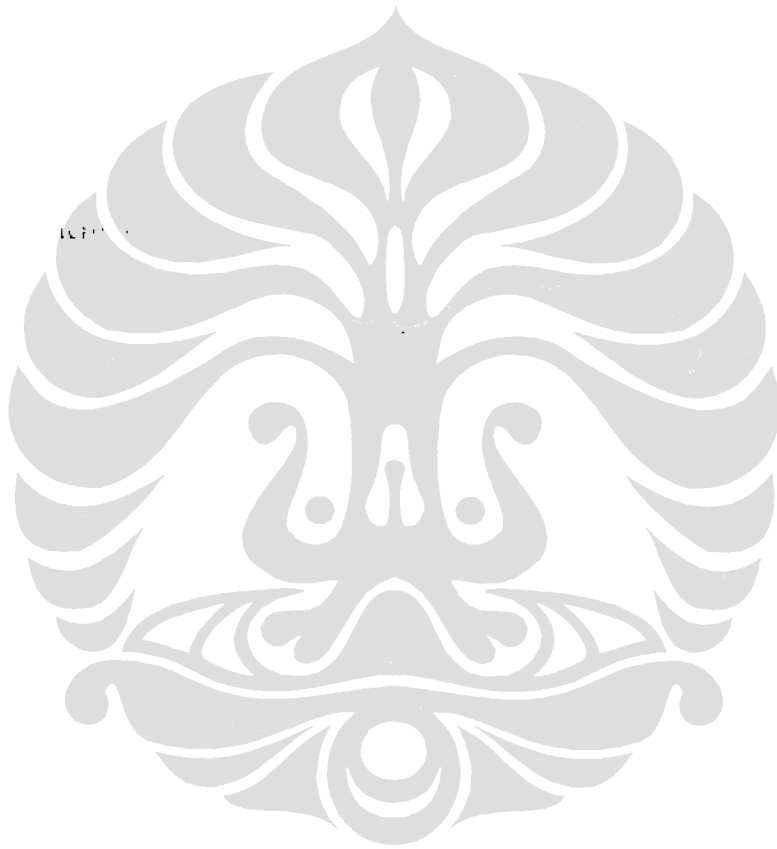
#### 3.3.2 Pengukuran Distribusi Dan Temperatur Maksimum Nyala Api Non Difusi

1. Membuka katup udara sedikit dan membuka katup gas, kemudian menyalakan dengan menggunakan pematik.
2. Mengatur laju aliran gas pada posisi rotameter 1 cm sehingga gas mengalir melalui tabung.
3. Menambah laju aliran udara secara perlahan-lahan sampai terbentuk nyala api biru yang sangat terang.
4. Meningkatkan lagi laju aliran udara 1 cm rotameter dari sebelumnya, mencatat tinggi nyala api premix, dan mencatat besar laju aliran udara yang terbaca pada rotameter.
5. Mengukur temperatur maksimum nyala api dengan termokopel-k.
6. Mengambil gambar nyala api dengan kamera thermografi pada jarak 205 cm (Infra Red dan Infra View).
7. mengulangi langkah 1 sampai 6 hingga terjadi blow off.
8. Mengulangi langkah 1 sampai 7 dengan variasi diameter dan panjang barrel

#### 3.3.3 Pengukuran Temperatur Maksimum Pada Pembakaran Difusi

Untuk mengetahui pengaruh sudut ring pengarah udara terhadap temperature maksimum nyala api difusi, maka dilakukan penelitian tanpa injeksi udara dan menggunakan injeksi udara (variasi sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ). Temperatur maksimum nyala api pada pembakaran difusi diukur dengan variasi sebagai berikut :

1. Laju aliran *volume* bahan bakar bervariasi dengan tanpa injeksi udara. temperatur maksimum diukur dengan termokopel-k dan Infra Red termografi serta Infra View.
2. Laju aliran *volume* udara bervariasi dan laju aliran bahan bakar di set konstan temperatur maksimum nyala api diukur dengan menggunakan termokopel-k dan Infra View.



### 3.4. DATA PENGUKURAN

| No | Skala Rotameter |             | P E R A L A T A N |                 |                  |
|----|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>Cm       | Udara<br>Cm | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 1               | 10          | 1234              | 682.2           | 825.9            |
| 2  | 1               | 11          | 1239              | 692.3           | 827.2            |
| 3  | 1               | 12          | 1260              | 735.2           | 848.1            |
| 4  | 1               | 13          | 1317              | 728.8           | 903.8            |
| 5  | 1               | 14          | 1345              | 798.9           | 928.6            |
| 6  | 1               | 15          | 1364              | 884.4           | 948.3            |
| 7  | 1               | 16          | 1370              | 887.3           | 965.7            |
| 8  | 1               | 17          | 1383              | 894.1           | 980.3            |
| 9  | 1               | 18          | 1395              | 946.5           | 985.6            |
| 10 | 1               | 19          | 1399              | 974             | 991.4            |
| 11 | 1               | 20          | 1415              | 1009.4          | 993.9            |

Tabel 3.2 Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Non Difusi pada Tabung Pembakar 14mm/380mm Dengan Variasi Alat Ukur

| No | Skala Rotameter |             | P E R A L A T A N |                 |                  |
|----|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>Cm       | Udara<br>Cm | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 1               | 10          | 1310              | 919.8           | 902              |
| 2  | 1               | 11          | 1322              | 847.1           | 914              |
| 3  | 1               | 12          | 1355              | 972.8           | 941.9            |
| 4  | 1               | 13          | 1366              | 950.8           | 954.7            |
| 5  | 1               | 14          | 1376              | 1016.2          | 965              |
| 6  | 1               | 15          | 1349              | 1147.7          | 938.2            |
| 7  | 1               | 16          | 1330              | 1019.9          | 923.7            |
| 8  | 1               | 17          | 1324              | 1131.1          | 909.3            |
| 9  | 1               | 18          | 1315              | 1128            | 904.3            |
| 10 | 1               | 19          | 1311              | 1279.5          | 902.9            |
| 11 | 1               | 20          | 1305              | 1344.7          | 899.2            |

Tabel 3.3 Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Non Difusi Pada Tabung Pembakar 14mm/250mm Dengan Variasi Alat Ukur

| No | Skala Rotameter |             | P E R A L A T A N |                 |                  |
|----|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>Cm       | Udara<br>Cm | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 1               | 10          | 1234              | 844.9           | 825.9            |
| 2  | 1               | 11          | 1239              | 874.8           | 827.2            |
| 3  | 1               | 12          | 1260              | 697             | 848.1            |
| 4  | 1               | 13          | 1317              | 676.4           | 903.8            |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |

Tabel 3.4 Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Non Difusi Pada Tabung Pembakar 10mm/250mm Dengan Variasi Alat Ukur

| No | Skala Rotameter |             | P E R A L A T A N |                 |                  |
|----|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>Cm       | Udara<br>Cm | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 1               | -           | 1012              | 641.4           | 597.9            |
| 2  | 2               | -           | 1085              | 730.7           | 670              |
| 3  | 3               | -           | 1124              | 733.6           | 704              |
| 4  | 4               | -           | 1138              | 809.5           | 720              |
| 5  | 5               | -           | 1157              | 678.2           | 734              |
| 6  | 7               | -           | 1192              | 674.9           | 770              |
| 7  | 9               | -           | 1236              | 763             | 814              |
| 8  | 11              | -           | 1283              | 1057.9          | 862              |
| 9  | 13              | -           | 1307              | 924.6           | 883.1            |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |
|    |                 |             |                   |                 |                  |

Tabel 3.5 Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Difusi Dengan Variasi Alat Ukur

| No | Skala Pipa U |             | PERALATAN INFRA VIEW |       |       |       |       |
|----|--------------|-------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
|    |              |             | °C                   |       |       |       |       |
|    | Gas<br>Cm    | Udara<br>mm | SUDUT SEMBUR         |       |       |       |       |
|    |              |             | 0°                   | 15°   | 30°   | 45°   | 60°   |
| 1  | 13           | 1           | 884                  | 889.2 | 871   | 839.7 | 835.5 |
| 2  | 13           | 3           | 889.5                | 886.5 | 885.4 | 827.3 | 857.3 |
| 3  | 13           | 5           | 899                  | 898.1 | 879.1 | 848.9 | 858.6 |
| 4  | 13           | 7           | 889.7                | 889.7 | 875.1 | 847.5 | 850.8 |
| 5  | 13           | 9           | 894                  | 889.5 | 874.5 | 850.3 | 817   |
| 6  | 13           | 15          | 898.8                | 888.7 | 882.2 | 844.9 | 857.8 |
| 7  | 13           | 20          | 897                  | 867.5 | 904.9 | 845.8 | 832   |

Tabel 3.6 Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Difusi Dengan Varisi Sudut Dan Flow Udara Sembur

### 3.5. CARA PERHITUNGAN

#### Contoh Perhitungan

1. Luas *Barrel Tip* ( $A_{barrel}$ )

$$A_{barrel} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (14 \times 10^{-3})^2 = 1,5386 \times 10^{-4} m^2$$

2. Kapasitas Aliran Gas Propana ( $Q_f$ )

Berdasarkan hasil kalibrasi maka nilai  $Q_f = y$  di mana  $x =$  indikator gas propana (contoh 0,5 cm), maka:

$$Q_f = y = \frac{(0,004x + 0,017)}{1000} = \frac{((0,004 \times 0,5) + 0,017)}{1000} = 0,000019 m^3/s$$

3. Kapasitas Aliran Udara ( $Q_a$ )

Berdasarkan hasil kalibrasi maka nilai  $Q_f = y$  di mana  $x =$  indikator gas propana (contoh 19.8 cm), maka:

$$Q_a = y = \frac{(0,0338x + 0,0838)}{1000} = \frac{((0,0338 \times 19,8) + 0,0838)}{1000} = 0,00075 m^3/s$$

4. Air-Fuel Ratio (AFR) by volume

$$AFR = \frac{Q_a}{Q_f} = \frac{0,00075}{0,000019} = 39,63368$$

5. Ekvivalen Air-fuel ratio ( $\Phi$ )

Berdasarkan nilai AFR hasil perhitungan tersebut diatas dan nilai AFR stoikiometri = 23,8 maka :

$$\Phi = \frac{AFR_{actual}}{AFR_{stch}} = \frac{39,63368}{23,8} = 1,6653$$

### 3.6. PENGOLAHAN DAN PENYETARAAN DATA

| No | FLOW                      |                             | AFR   | PERALATAN         |                 |                  |
|----|---------------------------|-----------------------------|-------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>CM <sup>3</sup> /S | Udara<br>CM <sup>3</sup> /S |       | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 0.000021                  | 0.000446                    | 20.09 | 1234              | 1234            | 1234             |
| 2  | 0.000021                  | 0.000489                    | 21.70 | 1239              | 1244.1          | 1235.3           |
| 3  | 0.000021                  | 0.000534                    | 23.30 | 1260              | 1287            | 1256.2           |
| 4  | 0.000021                  | 0.000580                    | 24.91 | 1317              | 1280.6          | 1311.9           |
| 5  | 0.000021                  | 0.000627                    | 26.52 | 1345              | 1350.7          | 1336.7           |
| 6  | 0.000021                  | 0.000676                    | 28.13 | 1364              | 1436.2          | 1356.4           |
| 7  | 0.000021                  | 0.000726                    | 29.74 | 1370              | 1439.1          | 1373.8           |
| 8  | 0.000021                  | 0.000778                    | 31.35 | 1383              | 1445.9          | 1388.4           |
| 9  | 0.000021                  | 0.000831                    | 32.96 | 1395              | 1498.3          | 1393.7           |
| 10 | 0.000021                  | 0.000885                    | 34.57 | 1399              | 1525.8          | 1399.5           |
| 11 | 0.000021                  | 0.000941                    | 36.18 | 1415              | 1561.2          | 1402             |

Tabel 3.7 Data Olahan Dan Penyetaraan Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Non Difusi pada Tabung Pembakar 14 mm/380mm Dengan Variasi Alat Ukur

| No | FLOW                      |                             | AFR   | PERALATAN         |                 |                  |
|----|---------------------------|-----------------------------|-------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>CM <sup>3</sup> /S | Udara<br>CM <sup>3</sup> /S |       | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 0.000021                  | 0.000446                    | 20.09 | 1310              | 1310            | 1310             |
| 2  | 0.000021                  | 0.000489                    | 21.70 | 1322              | 1237.3          | 1322             |
| 3  | 0.000021                  | 0.000534                    | 23.30 | 1355              | 1363            | 1349.9           |
| 4  | 0.000021                  | 0.000580                    | 24.91 | 1366              | 1341            | 1362.7           |
| 5  | 0.000021                  | 0.000627                    | 26.52 | 1376              | 1406.4          | 1373             |
| 6  | 0.000021                  | 0.000676                    | 28.13 | 1349              | 1537.9          | 1348.2           |
| 7  | 0.000021                  | 0.000726                    | 29.74 | 1330              | 1410.1          | 1331.7           |
| 8  | 0.000021                  | 0.000778                    | 31.35 | 1324              | 1521.3          | 1317.3           |
| 9  | 0.000021                  | 0.000831                    | 32.96 | 1315              | 1518.2          | 1312.3           |
| 10 | 0.000021                  | 0.000885                    | 34.57 | 1311              | 1669.7          | 1310.9           |
| 11 | 0.000021                  | 0.000941                    | 36.18 | 1305              | 1734.9          | 1307.2           |

Tabel 3. 8 Data Olahan Dan Penyetaraan Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Non Difusi pada Tabung Pembakar 14 mm/250mm Dengan Variasi Alat Ukur

| No | FLOW                      |                             | AFR   | PERALATAN         |                 |                  |
|----|---------------------------|-----------------------------|-------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>CM <sup>3</sup> /S | Udara<br>CM <sup>3</sup> /S |       | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 0.000021                  | 0.000446                    | 20.09 | 1278              | 1278            | 1278             |
| 2  | 0.000021                  | 0.000489                    | 21.70 | 1270              | 1307.9          | 1271.4           |
| 3  | 0.000021                  | 0.000534                    | 23.30 | 1263              | 1130.1          | 1250.9           |
| 4  | 0.000021                  | 0.000580                    | 24.91 | 1245              | 1109.5          | 1231.2           |
| 5  |                           |                             |       |                   |                 |                  |
| 6  |                           |                             |       |                   |                 |                  |
| 7  |                           |                             |       |                   |                 |                  |
| 8  |                           |                             |       |                   |                 |                  |
| 9  |                           |                             |       |                   |                 |                  |
| 10 |                           |                             |       |                   |                 |                  |
| 11 |                           |                             |       |                   |                 |                  |

Tabel 3.9 Data Olahan Dan Penyetaraan Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Non Difusi pada Tabung Pembakar 10 mm/250mm Dengan Variasi Alat Ukur



| No | FLOW                      |             | P E R A L A T A N |                 |                  |
|----|---------------------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------|
|    | Gas<br>Cm <sup>3</sup> /s | Udara<br>Cm | THERMOKOPEL<br>°C | INFRA RED<br>°C | INFRA VIEW<br>°C |
| 1  | 21.1                      | -           | 1012              | 1012            | 1012             |
| 2  | 25.1                      | -           | 1085              | 1101.3          | 1084.1           |
| 3  | 29.1                      | -           | 1124              | 1104.2          | 1118.1           |
| 4  | 33.1                      | -           | 1138              | 1180.1          | 1134.1           |
| 5  | 37.1                      | -           | 1157              | 1048.8          | 1148.1           |
| 6  | 45.1                      | -           | 1192              | 1045.5          | 1184.1           |
| 7  | 53.1                      | -           | 1236              | 1133.6          | 1228.1           |
| 8  | 61.1                      | -           | 1283              | 1428.5          | 1276.1           |
| 9  | 69.1                      | -           | 1307              | 1295.2          | 1297.2           |

Tabel 3.10 Data Olahan dan Penyetaraan Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Difusi Dengan Variasi Alat Ukur

| No | FLOW                      |                             | P E R A L A T A N I N F R A V I E W |        |        |        |        |
|----|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|    | Gas<br>Cm <sup>3</sup> /s | Udara<br>Cm <sup>3</sup> /s | °C                                  |        |        |        |        |
|    |                           |                             | S U D U T S E M B U R               |        |        |        |        |
|    |                           |                             | 0°                                  | 15°    | 30°    | 45°    | 60°    |
| 1  | 69.1                      | 8                           | 1298.1                              | 1303.3 | 1285.1 | 1253.8 | 1249.6 |
| 2  | 69.1                      | 12.8                        | 1303.6                              | 1300.6 | 1299.5 | 1241.4 | 1271.4 |
| 3  | 69.1                      | 17.6                        | 1313.1                              | 1312.2 | 1293.2 | 1263   | 1272.7 |
| 4  | 69.1                      | 22.4                        | 1303.8                              | 1303.8 | 1289.2 | 1261.6 | 1264.9 |
| 5  | 69.1                      | 27.2                        | 1308.1                              | 1303.6 | 1288.6 | 1264.4 | 1231.1 |
| 6  | 69.1                      | 41.6                        | 1312.9                              | 1302.8 | 1296.3 | 1259   | 1271.9 |
| 7  | 69.1                      | 53.6                        | 1311.1                              | 1281.6 | 1319   | 1259.9 | 1246.1 |

Tabel 3.11 Data Olahan Dan Penyetaraan Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Difusi Dengan Varisi Sudut Dan Flow Udara Sembur

| No | AFR   | PENYIMPANGAN         |                    |
|----|-------|----------------------|--------------------|
|    |       | THERMOKOPEL<br>( % ) | INFRA RED<br>( % ) |
| 1  | 20.09 | 0.00                 | 0.00               |
| 2  | 21.70 | 0.30                 | 0.71               |
| 3  | 23.30 | 0.30                 | 2.45               |
| 4  | 24.91 | 0.39                 | 2.39               |
| 5  | 26.52 | 0.62                 | 1.05               |
| 6  | 28.13 | 0.56                 | 5.88               |
| 7  | 29.74 | 0.28                 | 4.75               |
| 8  | 31.35 | 0.39                 | 4.14               |
| 9  | 32.96 | 0.09                 | 7.51               |
| 10 | 34.57 | 0.04                 | 9.02               |
| 11 | 36.18 | 0.93                 | 11.36              |

Tabel 3.12 Data Penyimpangan Pengukuran Temperatur Maksimum Terhadap Infra View pada Tabung Pembakar 14mm/380mm

| No | AFR   | PENYIMPANGAN         |                    |
|----|-------|----------------------|--------------------|
|    |       | THERMOKOPEL<br>( % ) | INFRA RED<br>( % ) |
| 1  | 20.09 | 0.00                 | 0.00               |
| 2  | 21.70 | 0.00                 | 6.41               |
| 3  | 23.30 | 0.38                 | 0.97               |
| 4  | 24.91 | 0.24                 | 1.59               |
| 5  | 26.52 | 0.22                 | 2.43               |
| 6  | 28.13 | 0.21                 | 14.24              |
| 7  | 29.74 | 0.13                 | 5.89               |
| 8  | 31.35 | 0.51                 | 15.49              |
| 9  | 32.96 | 0.21                 | 15.69              |
| 10 | 34.57 | 0.01                 | 27.37              |
| 11 | 36.18 | 0.17                 | 32.72              |

Tabel 3.13 Data Penyimpangan Pengukuran Temperatur Maksimum Terhadap Infra View pada Tabung Pembakar 14mm/250mm

| No | AFR   | PENYIMPANGAN         |                    |
|----|-------|----------------------|--------------------|
|    |       | THERMOKOPEL<br>( % ) | INFRA RED<br>( % ) |
| 1  | 20.09 | 0.00                 | 0.00               |
| 2  | 21.70 | 0.11                 | 2.87               |
| 3  | 23.30 | 0.97                 | 9.66               |
| 4  | 24.91 | 1.12                 | 9.88               |
| 5  |       |                      |                    |
| 6  |       |                      |                    |
| 7  |       |                      |                    |
| 8  |       |                      |                    |
| 9  |       |                      |                    |
| 10 |       |                      |                    |
| 11 |       |                      |                    |

Tabel 3.14 Data Penyimpangan Pengukuran Temperatur Maksimum Terhadap Infra View pada Tabung Pembakar 14mm/250mm

| No | FLOW         |             | PENYIMPANGAN     |                |
|----|--------------|-------------|------------------|----------------|
|    | Gas<br>Cm3/s | Udara<br>Cm | THERMOKOPEL<br>% | INFRA RED<br>% |
| 1  | 21.1         | -           | 0.00             | 0.00           |
| 2  | 25.1         | -           | 0.08             | 1.59           |
| 3  | 29.1         | -           | 0.53             | 1.24           |
| 4  | 33.1         | -           | 0.34             | 4.06           |
| 5  | 37.1         | -           | 0.78             | 8.65           |
| 6  | 45.1         | -           | 0.67             | 11.71          |
| 7  | 53.1         | -           | 0.64             | 7.69           |
| 8  | 61.1         | -           | 0.54             | 11.94          |
| 9  | 69.1         | -           | 0.76             | 0.15           |
|    |              |             |                  |                |
|    |              |             |                  |                |

Tabel 3.14 Data Penyimpangan Pengukuran Temperatur Maksimum Terhadap Infra View pada Nyala Difusi