

BAB 3

PERALATAN DAN PROSEDUR PENELITIAN

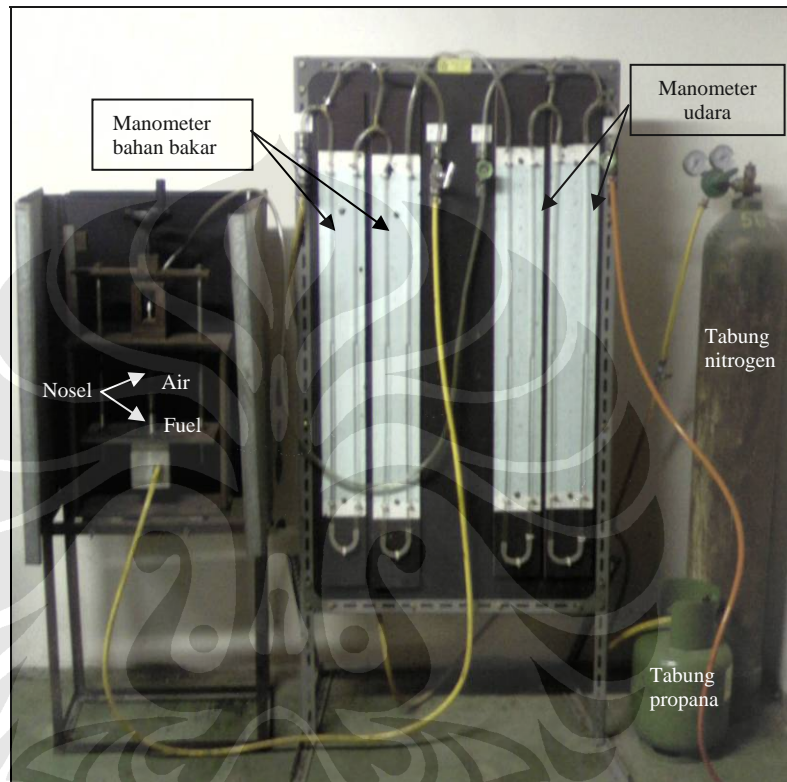
Penelitian mengenai nyala difusi pada medan aliran berlawanan ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang telah meneliti mengenai limit stabilitas nyala difusi pada medan aliran berlawanan dengan menggunakan diameter dalam nosel bahan bakar dan udara $\varnothing 18.5$ mm dan perbandingan jarak antara nosel dengan diameter dalam nosel (L/d) yaitu: 2.7, 2.43, dan 2.16. Sedangkan dalam penelitian kali ini, akan dilakukan penelitian lebih mendalam mengenai pengaruh rasio jarak nosel dengan diameter dalam nosel terhadap karakteristik nyala difusi pada medan aliran berlawanan dengan memvariasikan diameter dalam nosel menjadi $\varnothing 5.5$ mm dan $\varnothing 8.5$ mm. Tapi selain data limit stabilitas nyala juga dilakukan pengamatan mengenai visualisasi nyala difusi pada medan aliran berlawanan untuk kondisi nyala api stabil sampai kondisi nyala padam (*extinct*).

3.1 PERALATAN PENELITIAN

Pada penelitian ini pengamatan dilakukan terhadap pola nyala yang terjadi dengan adanya *vortex generator* pada kedua nosel yang terletak simetris sehingga didapat titik tertentu dimana kestabilan nyala terjadi. Pada nosel sisi atas, digunakan udara kompresor yang berfungsi sebagai oksidan. Dalam hal ini, udara dari kompresor mengalir melewati monometer tabung-U sebelum masuk kedalam nosel. Pada bagian atas nosel, terdapat ruang berisi bola-bola baja dengan diameter bola = 4 mm sebagai *honeycomb* yang berfungsi untuk membuat aliran udara seragam sebelum akhirnya masuk kedalam nosel besar.

Sedangkan, pada nosel sisi bawah, digunakan sebagai suplai bahan bakar. Dalam hal ini, propana sebagai bahan bakar mengalir melewati manometer tabung-U dan *mixing chamber* sebelum masuk kedalam nosel besar. Tapi pada penelitian ini *mixing chamber* tersebut tidak difungsikan sebagai tempat

pencampuran bahan bakar dan udara, karena penelitian yang dilakukan adalah mengenai nyala difusi. Skema peralatan untuk mempelajari nyala difusi pada medan aliran berlawanan secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini. Secara garis besar peralatan penelitian ini terdiri dari sistem suplai udara-bahan bakar dan *burner tester* yang terdiri dari 2 nosel yang diletakkan berlawanan secara vertikal dan simetris.



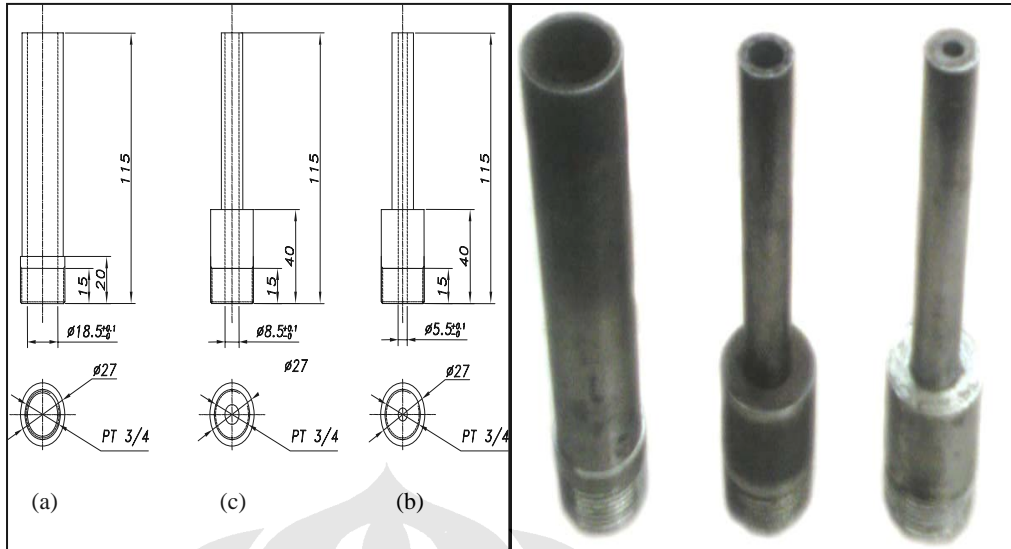
Gambar 3.1 *Counter flow diffusion flame apparatus*

3.1.1 Konfigurasi Detail Alat Pembakar

A. Nosel

- Bahan : Baja karbon tinggi (S50C)
 Ukuran : $\varnothing 27 \times 115$ mm
 Fungsi : Sebagai tempat untuk mengalirnya bahan bakar dan udara sebelum mencapai tempat pencampuran.

Pada penelitian sebelumnya diameter dalam nosel yang digunakan $\varnothing 18.5$ mm, sedangkan pada penelitian kali ini dibuat 3 variasi diameter dalam nosel yaitu: $\varnothing 18.5$, $\varnothing 8.5$ dan $\varnothing 5.5$ mm. Untuk lebih jelasnya (lihat gambar 3.2) mengenai detail dari nosel yang digunakan.



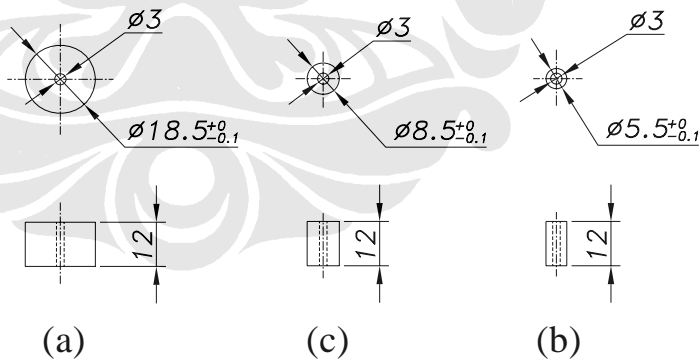
Gambar 3.2 Nosel

B. Vortex generator

Bahan : Baja karbon tinggi (S50C)

Ukuran : - $\varnothing 18.5 \times 12$ mm
 - $\varnothing 8.5 \times 12$ mm
 - $\varnothing 5.5 \times 12$ mm

Fungsi : Untuk meningkatkan turbulensi pada aliran bahan bakar dan udara.



Gambar 3.3 Vortex generator untuk (a) $d = \varnothing 18.5$ mm, (b) $d = \varnothing 8.5$ mm, (c) $d = \varnothing 5.5$ mm

C. Ruang bahan bakar

Bahan : Alumunium

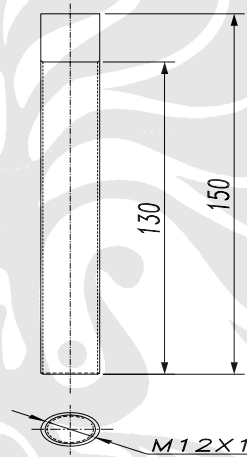
Fungsi : Sebagai tempat penampungan bahan bakar sebelum masuk nosel

D. Ruang *honey comb*

- Bahan : Baja karbon tinggi (S50C)
Ukuran : 84 x 51 x 23
Fungsi : Untuk membuat aliran udara menjadi seragam sebelum akhirnya masuk kedalam nosel besar. Didalamnya berisi bola-bola baja (*honey comb*) dengan diameter 4 mm.

E. Ulir Penggerak

- Bahan : Baja karbon tinggi (S50C)
Ukuran : M12x1, dan panjang = 150 mm
Fungsi : Sebagai penggerak, yang digunakan untuk mengatur jarak (L) antara nosel bahan bakar dan udara.



Gambar 3.4 *Driving screw*

3.1.2 Sistem Suplai Bahan Bakar dan Udara

Sistem ini berfungsi untuk mengatur besarnya debit/aliran bahan bakar dan udara yang akan dialirkan menuju *burner*. Sistem suplai bahan bakar dan 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 bahan bakar dan pengatur *back pressure*, mempunyai ukuran panjang 1000 mm, terbuat dari pipa *acrylic* diameter 11 mm. Sedangkan sepasang manometer lainnya 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. 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Sistem suplai bahan bakar dan udara

3.2 PROSEDUR PENELITIAN

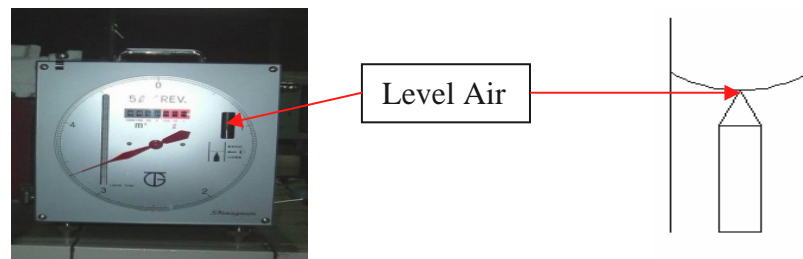
Dalam melakukan suatu pekerjaan eksperimental, prosedur mengenai hal-hal yang akan dilakukan berkaitan dengan pengaturan alat ukur, kalibrasi dan pengambilan data harus dimengerti dan dilaksanakan dengan benar. Hal itu bertujuan untuk keselamatan, menghindari kerusakan alat, dan juga pembuangan waktu karena kesalahan dalam pengambilan data. Untuk itu berikut ini merupakan tahapan prosedur-prosedur dalam melakukan penelitian *counter flow diffusion flame*.

3.2.1 Prosedur Kalibrasi Sistem Suplai Udara

Prosedur kalibrasi sistem suplai udara, yaitu:

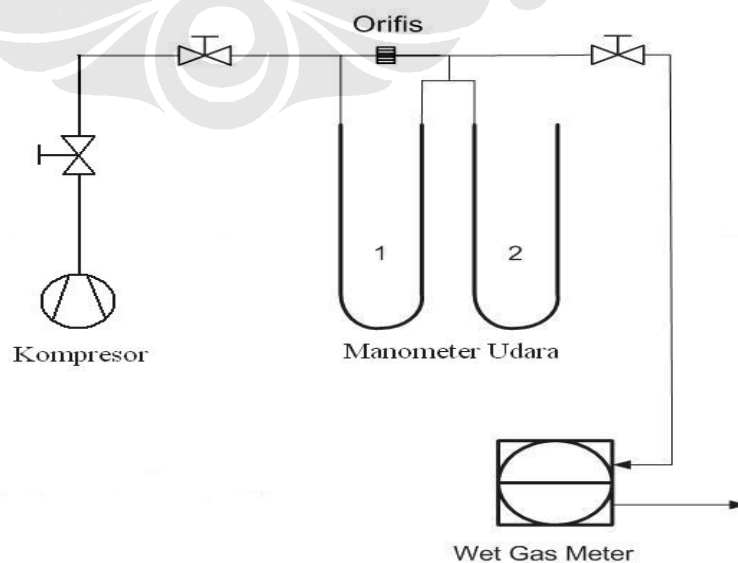
1. Instalasi sistem dengan memasukkan saluran udara kedalam keluaran kompresor dan masukan manometer tabung U
2. Isi manometer tabung-U dengan air hingga mencapai angka 0-0 dan pasang orifis sesuai ukuran yang diinginkan untuk pengambilan data.

3. Isi *Wet Gas Meter* Shinagawa WE-2,5 A dengan air hingga level yang ditetapkan *manual book*



Gambar 3.6 Level air pada Wet Gas Meter Shinagawa WE-2.5A

4. Instalasi sistem dengan memasang keluaran manometer tabung U ke masukan *Wet Gas Meter* Shinagawa dan Pasang selang untuk keluaran fluida dari *Wet Gas Meter* Shinagawa
5. Alirkan udara dari kompresor melewati manometer tabung U dan tentukan nilai *back pressure* yang diinginkan
6. Tentukan perbedaan ketinggian permukaan Δh dengan menyetel *needle valve* dan pertahankan nilai *back pressure* tetap konstan
7. Tiap nilai *back pressure*, diambil data setiap kenaikan 100 mm pada manometer tabung-U dengan menggunakan variasi ukuran orifis mulai dari 0,8-2,00 mm.
8. Data yang didapat adalah volume udara yang mengalir dan waktu yang diperlukan dalam satu putaran penuh jarum *Wet Gas Meter* Shinagawa.
9. Data mentah yang didapat adalah Δh , Volume udara, dan Waktu.



Gambar 3.7 Skema kalibrasi sistem suplai udara

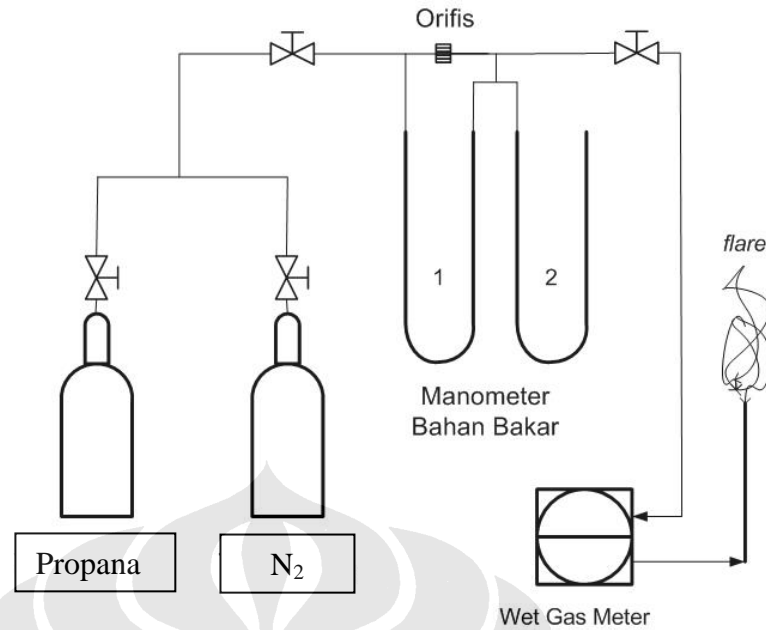
Pada penelitian kali ini orifis yang digunakan pada sistem suplai udara adalah $\varnothing 2$ mm dengan Δh back pressure = 300 mm.

3.2.2. Prosedur Kalibrasi Sistem Suplai Bahan Bakar

Adapun prosedur kalibrasi sistem suplai bahan bakar, yaitu:

1. Instalasi sistem dengan memasukan saluran bahan bakar pada tabung bahan bakar
2. Isi manometer tabung-U dengan air hingga mencapai angka 0-0 dan pasang orifis sesuai ukuran yang diinginkan untuk pengambilan data.
3. Isi *Wet Gas Meter* Shinagawa WE-2,5 A dengan air hingga level yang ditetapkan *manual book*
4. Instalasi sistem dengan memasang keluaran manometer tabung U ke masukan *Wet Gas Meter* Shinagawa dan pasang selang untuk keluaran fluida dari *Wet Gas Meter* Shinagawa
5. Alirkan bahan bakar keluar dari tabung dengan mengatur tekanan keluar $1-2 \text{ kg/cm}^2$ (dapat dilihat pada *pressure regulator*) dan tentukan nilai *back pressure* yang diinginkan
6. Tentukan perbedaan ketinggian permukaan Δh dengan menyetel *needle valve* dan pertahankan nilai *back pressure* tetap konstan
7. Tiap nilai *back pressure*, diambil data tiap kenaikan Δh 50 mm pada manometer tabung U dengan menggunakan variasi ukuran orifis 0,8-2,0 mm.
8. Data yang didapat adalah volume bahan bakar yang mengalir dan waktu yang diperlukan dalam satu putaran penuh jarum *Wet Gas Meter* Shinagawa.
9. Data mentah yang didapat adalah Δh , Volume bahan bakar, dan Waktu

Pada penelitian kali ini orifis yang digunakan pada sistem suplai bahan bakar adalah $\varnothing 0.8$ mm dengan Δh back pressure = 300 mm. Hasil buangan bahan bakar dari *Wet Gas Meter* Shinagawa harus langsung dibakar (*Flare*), hal ini dilakukan untuk mencegah akumulasi bahan bakar dalam udara luar yang berbahaya jika terkena api atau terhirup karena melebihi ambang batas yang diperbolehkan.



Gambar 3.8 Skema kalibrasi sistem suplai bahan bakar

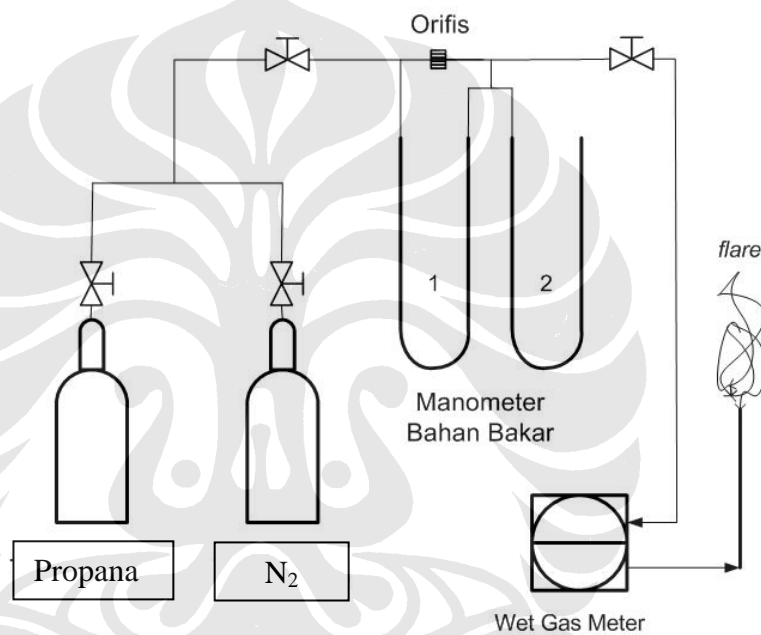
3.2.3 Prosedur *Purging*

Proses *purging* merupakan proses pembersihan seluruh sistem suplai saluran bahan bakar dari udara. Proses ini dilakukan sebelum dan sesudah melakukan kalibrasi sistem saluran bahan bakar dengan mengalirkan gas nitrogen masuk kedalam sistem tersebut untuk memastikan tidak adanya udara yang dapat mengakibatkan reaksi pembakaran terjadi.

Prosedur-prosedur dalam melakukan proses *purging*, yaitu:

1. Tutup saluran bahan bakar yang masuk kedalam manometer tabung U sebelum dan sesudah melakukan kalibrasi sistem saluran bahan bakar
2. Buka saluran nitrogen yang masuk kedalam manometer tabung U dengan cara membuka penuh tekanan keluar pada tabung. (Pastikan terlebih dahulu bahwa *needle valve* untuk mengatur masuknya fluida pada manometer tabung U dalam keadaan tertutup).
3. Atur tekanan nitrogen yang masuk kedalam manometer tabung-U sebesar 1-2 kg/cm². Pembacaan angka ini dapat ditunjukkan pada *pressure regulator*.
4. Buka katup jarum *back pressure* pada manometer tabung-U secara penuh dan katup jarum pada manometer tabung-U lainnya secara perlahan.

5. Lakukan *purging* dengan mengalirkan nitrogen pada sistem suplai bahan bakar sebanyak 3X putaran penuh pada penunjukan jarum Wet Gas Meter Shinagawa dengan disertai dengan membakar bahan bakar (Flare) sampai padam untuk memastikan bahwa tidak adanya sisa udara yang dapat tercampur pada saat kalibrasi sistem suplai bahan bakar.
6. Tutup saluran nitrogen yang masuk kedalam manometer tabung-U pertama dengan menutup *valve* yang terdapat pada saluran masuk nitrogen
7. Melepaskan seluruh instalasi yang berhubungan dengan Wet Gas Meter Shinagawa.



Gambar 3.9 Skema proses *purging*

Selain setelah melakukan kalibrasi sistem suplai bahan bakar, untuk setiap pengambilan data, sistem juga harus dibersihkan dengan mengalirkan nitrogen ke dalamnya.

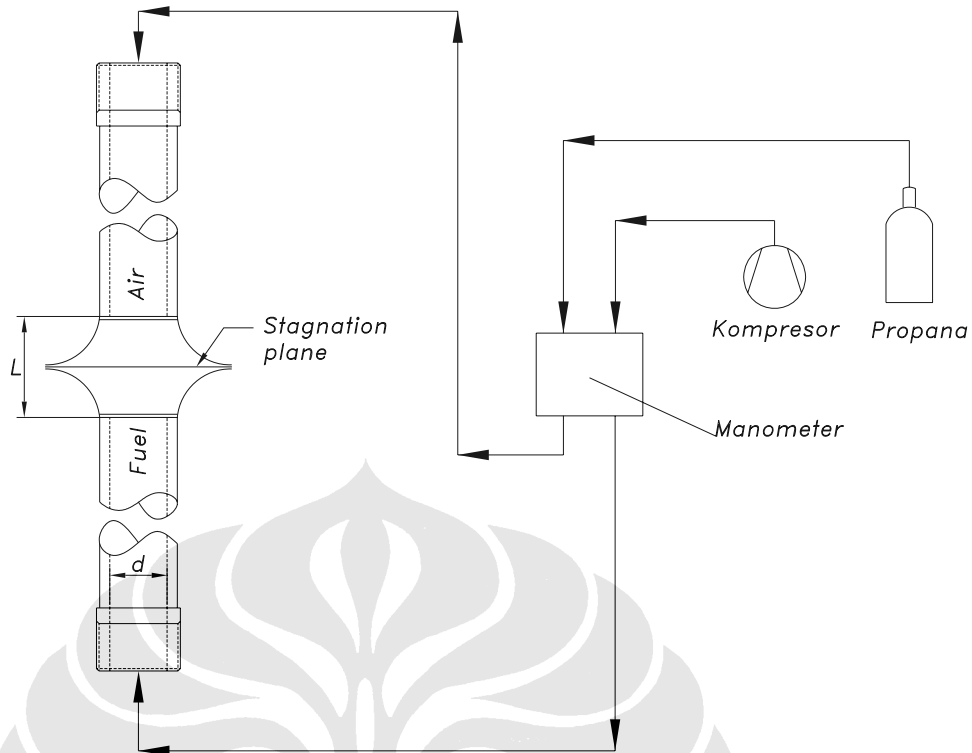
3.2.4 Prosedur Pengambilan Data

3.2.4.1 Pengukuran Limit Stabilitas Nyala

Stabilitas nyala merupakan kemampuan nyala untuk dapat menjaga dari fenomena *flash back*, *lift off* hingga ditandai dengan padamnya nyala (extinct). Tingkat kemampuan untuk menjaga nyala dari ketiga fenomena diatas inilah yang nantinya digunakan sebagai batas antara nyala stabil dan padam.

Adapun prosedur-prosedur dalam melakukan pengukuran limit stabilitas nyala difusi pada medan aliran berlawanan ini adalah sebagai berikut:

1. Pastikan seluruh sistem saluran bahan bakar dan udara sudah terpasang dengan benar.
2. Lakukan pengaturan untuk parameter-parameter geometri terlebih dahulu, seperti diameter dalam nosel, *vortex generator*, rasio jarak nosel terhadap diameter dalam nosel.
3. Pastikan bahwa kedua nosel yang saling berlawanan tersebut sudah simetris
4. Alirkan bahan bakar keluar dari tabung dengan mengatur tekanan keluar $1-2 \text{ kg/cm}^2$ (dapat dilihat pada *pressure regulator*).
5. Pastikan bahwa *needle valve* bahan bakar dalam kondisi sepenuhnya tertutup (*fully closed*) dan *needle valve back pressure* dalam kondisi sepenuhnya terbuka (*fully opened*).
6. Buka *needle valve* bahan bakar secara perlahan untuk mengalirkan bahan bakar masuk kedalam sistem. Dan tentukan perbedaan ketinggian permukaan Δh bahan bakar yang akan digunakan.
7. Nyalakan pemantik api pada keluaran nosel bahan bakar
8. Tutup *needle valve back pressure* bahan bakar secara perlahan untuk mengatur Δh *back pressure* yang akan digunakan.
9. Alirkan udara dari kompresor ke sistem dengan mengatur tekanan keluar $1-2 \text{ kg/cm}^2$
10. Buka *needle valve* udara dan tutup *needle valve back pressure* udara secara perlahan untuk mengalirkan udara ke nosel.
11. Jaga nilai Δh *back pressure* tetap konstan, dan alirkan udara secara perlahan sampai terjadi *extinct*.
12. Data mentah yang didapat adalah Δh udara pada saat terjadi *extinct* dan Δh bahan bakar yang diatur.
13. Lakukan proses purging untuk membersihkan bahan bakar dalam sistem, sehingga yang tersisa dalam sistem adalah nitrogen.



Gambar 3.10 Skema pengukuran stabilitas nyala

3.2.4.2 Metode Penelitian

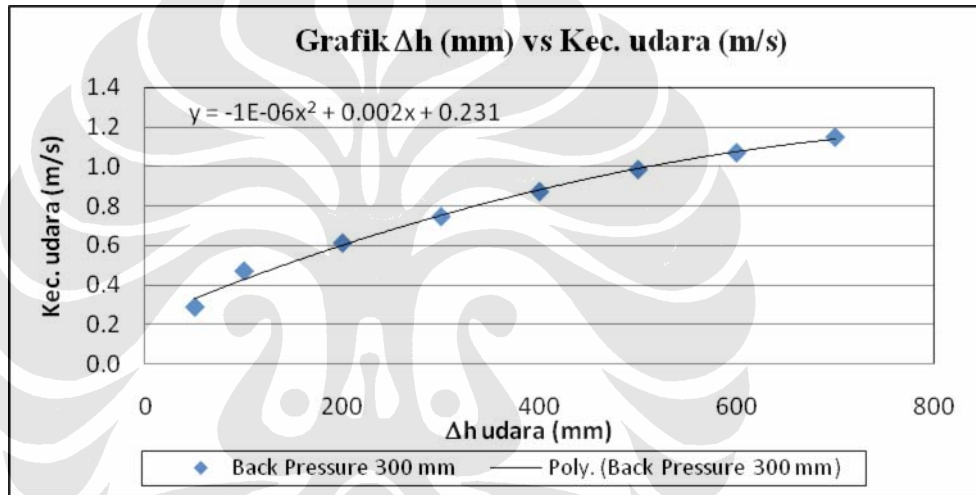
Dalam penelitian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik limit stabilitas nyala dan juga untuk mengamati visualisasi yang terjadi ini, beberapa parameter yang diatur diantaranya:

1. Kecepatan injeksi bahan bakar (V_f) yang diperoleh dari data mentah Δh bahan bakar pada manometer. Dalam hal ini Δh bahan bakar diatur setiap kenaikan 50 mm, dengan dimulai dari $\Delta h = 50$ mm sampai dengan $\Delta h = 400$ mm.
2. Kecepatan injeksi udara (V_o) yang diperoleh dari data mentah Δh udara pada manometer. Data mentah berupa Δh udara yang dicatat dalam hal ini adalah Δh udara pada saat terjadi *extinct* (nyala api padam) setiap kenaikan Δh bahan bakar.
3. Letak Vortex generator pada nosel
4. Rasio jarak antar nosel bahan bakar dan udara dengan diameter dalam nosel (L/d) yang diatur dalam 3 variasi yaitu: 2.7, 2.43, 2.16.

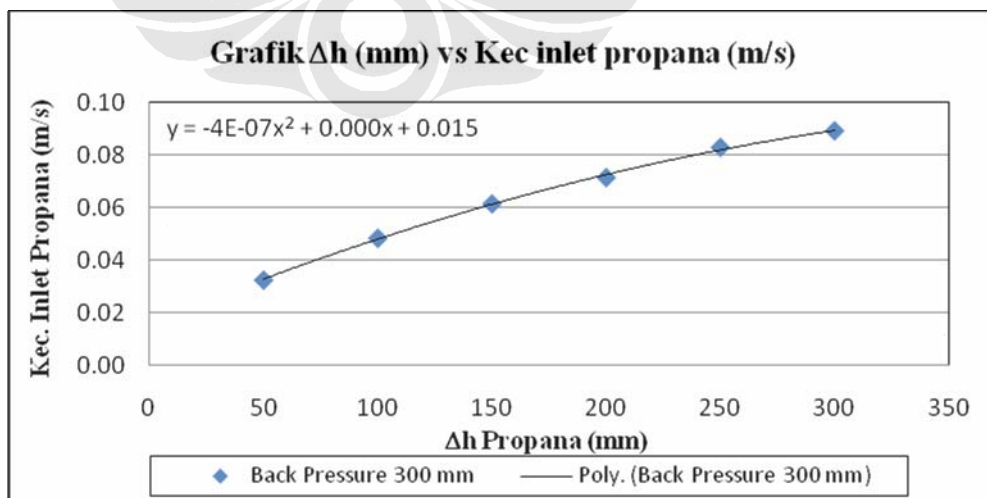
5. Diameter dalam nosel yang digunakan, yaitu dengan 3 variasi ukuran $\varnothing 18.5$, $\varnothing 8.5$, $\varnothing 5.5$.

6. Δh Back pressure = 300 mm

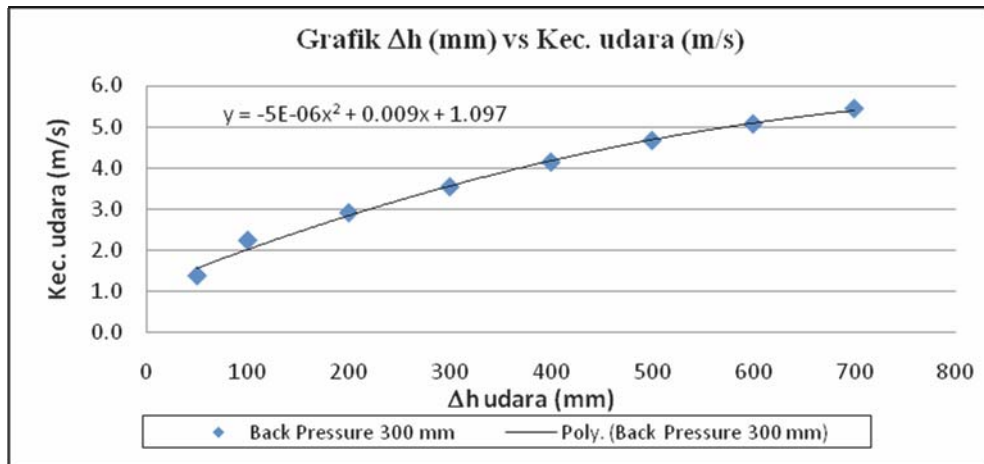
Data mentah hasil pengukuran udara dan bahan bakar (Δh) yang didapat dikonversikan kedalam persamaan kalibrasi udara-bahan bakar. Berikut ini adalah persamaan yang dipakai untuk mengkonversikan data mentah stabilitas nyala yang berupa Δh menjadi data kecepatan, baik kecepatan udara (V_o) maupun kecepatan bahan bakar (V_f). Persamaan tersebut didapat berdasarkan percobaan pada tiap diameter orifis untuk menetapkan kecepatan aliran udara yang dibutuhkan untuk dapat menyebabkan nyala padam (*extinct*).



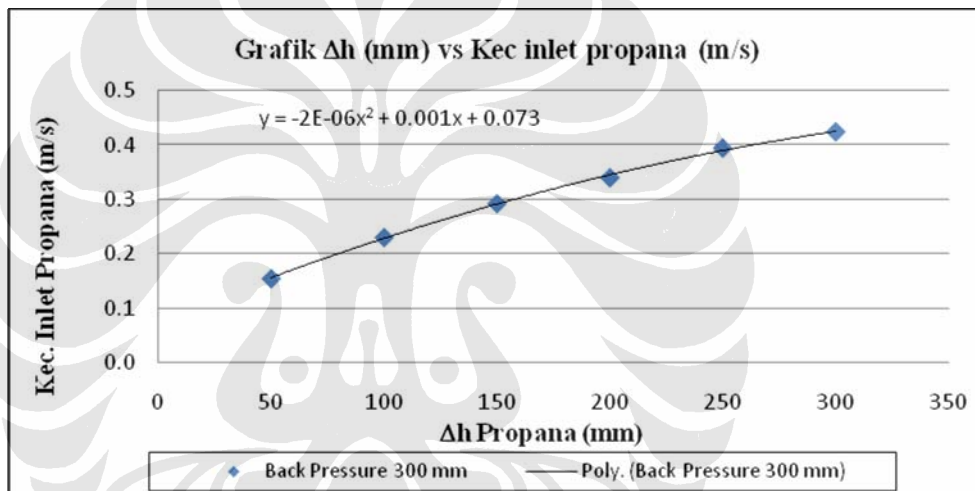
Gambar 3.11 Kurva persamaan kalibrasi kec. udara (V_o) untuk diameter nosel = $\varnothing 18.5$ mm



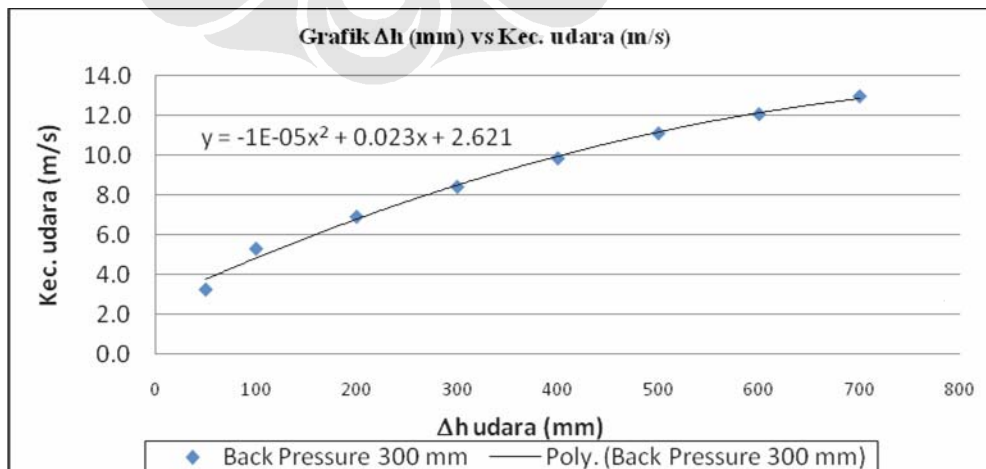
Gambar 3.12 Kurva persamaan kalibrasi kec. bahan bakar propana (V_f) untuk diameter nosel = $\varnothing 18.5$ mm



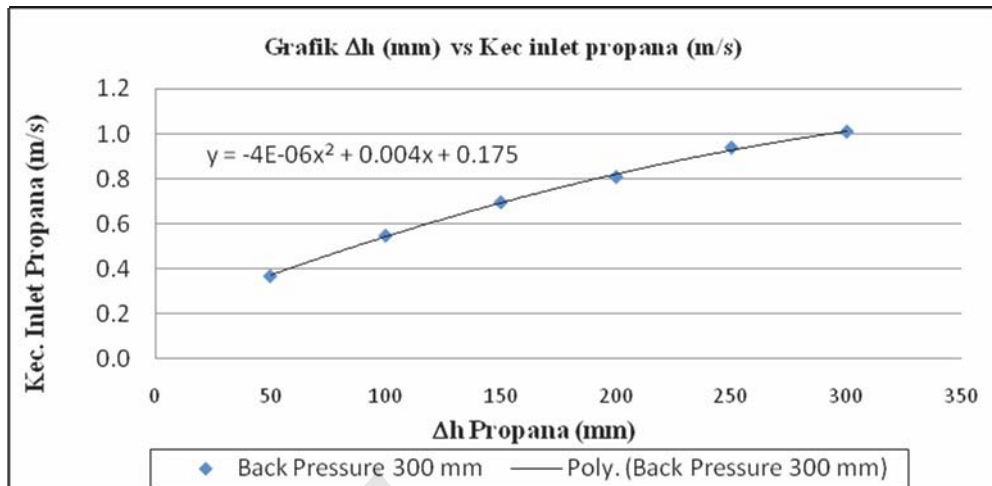
Gambar 3.13 Kurva persamaan kalibrasi kec. udara (V_o) untuk diameter nosel = $\varnothing 8.5$ mm



Gambar 3.14 Kurva persamaan kalibrasi kec. bahan bakar propana (V_f) untuk diameter nosel = $\varnothing 8.5$ mm



Gambar 3.15 Kurva persamaan kalibrasi kec. udara (V_o) untuk diameter nosel = $\varnothing 5.5$ mm



Gambar 3.16 Kurva persamaan kalibrasi kec. bahan bakar propana (V_f) untuk diameter nosel = $\varnothing 5.5$ mm

