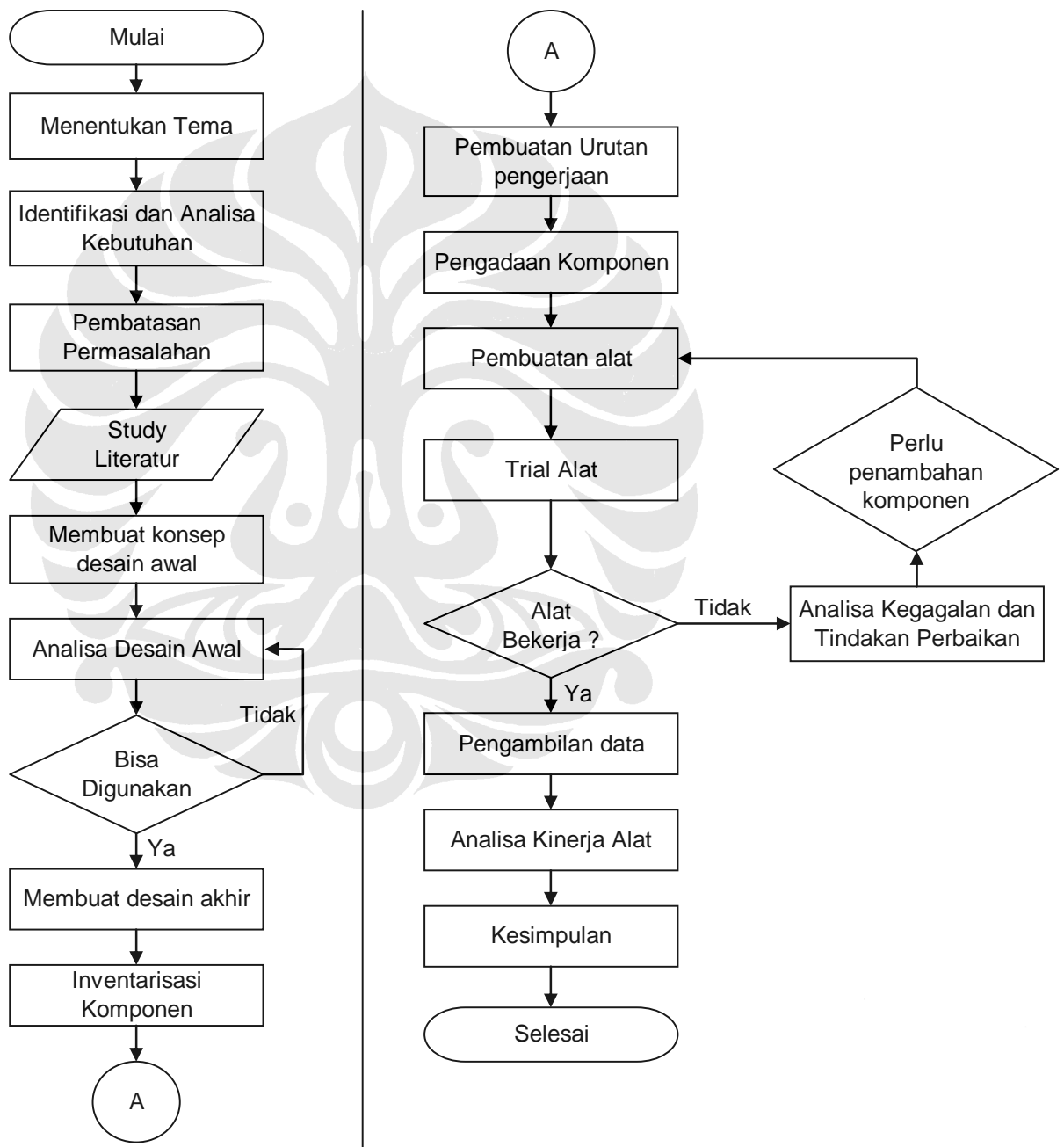


BAB III PERANCANGAN ALAT

3.1 METODOLOGI PERANCANGAN

Berikut akan dijelaskan bagaimana tahapan-tahapan dalam pembuatan alat uji thermal precipitator, sehingga alat uji ini nanti bisa bekerja sesuai dengan fenomena thermophoresis.



Flowchart 3.1 Metodologi Perancangan

3.1.1 Menentukan Tema Perancangan

Hal yang paling awal harus ditentukan adalah tema dari rancangan yang akan dibuat. Tema ini akan mewakili pikiran utama ke arah mana alat ini akan dibuat. Dalam perancangan kali ini tema yang diambil yaitu pembuatan alat uji thermophoresis.

3.1.2 Identifikasi dan Analisa Kebutuhan

Alat yang akan dibuat sebaiknya memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut :

1. Mudah digunakan
2. Tahan panas sampai 100°C
3. Sempel, tidak memakan tempat yang besar.
4. Dapat dilihat pergerakan partikelnya (transparan).
5. Tidak ada kebocoran yang bisa mengganggu sistem.

3.1.3 Pembatasan permasalahan

Alat yang dibuat dibatasi hanya untuk simulasi fenomena thermophoresis, dengan panjang lintasan 50 mm, jarak antar pelat 5 mm, dan menggunakan media asap rokok yang kecepatannya bisa diatur.

3.1.4 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk memahami dasar-dasar teori yang berhubungan dengan fenomena thermophoresis. Sehingga diharapkan mampu memberikan gambaran dalam pembuatan desain alat uji.

3.1.5 Membuat konsep desain awal

Segala pemikiran ataupun ide-ide yang ada dituangkan dalam suatu desain awal yang disebut juga dengan sketsa gambar.

3.1.6 Analisa Desain Awal

Dari desain awal yang telah dibuat, dianalisa untuk mengetahui berbagai kemungkinan dalam pengerjaannya, apakah bisa digunakan, apa saja kendalanya, bagaimana cara mengatasinya, kemudian alternatif yang dapat digunakan.

3.1.7 Membuat Desain Akhir

Setelah desain awal dianalisa kemudian ditentukan model seperti apa yang akan dibuat, maka dibuatlah desain akhir yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan alat.

3.1.8 Inventarisasi Komponen

Inventarisasi komponen dilakukan untuk mendata part-part apa saja yang sudah tersedia.

3.1.9 Pembuatan Urutan Pengerjaan

Urutan pengerjaan perlu dibuat untuk mempermudah dalam pembuatan alat, sehingga urutan proses pengerjaannya bisa dilakukan secara sistematis.

3.1.10 Pengadaan Komponen

Komponen yang belum ada perlu disediakan sebaik mungkin karena ini menyangkut kesiapan alat. Apabila ada satu komponen yang belum tersedia maka akan mengganggu terselesainya alat tepat pada waktunya.

3.1.11 Pembuatan Alat

Setelah semuanya tersedia, termasuk perkakas yang akan dipakai, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan ataupun perakitan alat. Biasanya proses ini memakan waktu yang cukup lama. Apabila menemui kendala biasanya menggunakan jasa bengkel umum untuk menyelesaikan pembuatan alat. Tapi alangkah baiknya kalau pembuatannya dilakukan sendiri.

3.1.12 Trial Alat

Usaha ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat uji yang telah dibuat, apakah sudah memenuhi keinginan atau belum. Trial dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang baik.

3.1.13 Analisa Kegagalan dan Tindakan Perbaikan

Tidak selamanya trial alat bisa langsung mendapatkan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu apabila ditemui hasil yang tidak sesuai perlu dilakukan analisa kegagalan dan tindakan perbaikannya.

3.1.14 Analisa Kerja Alat

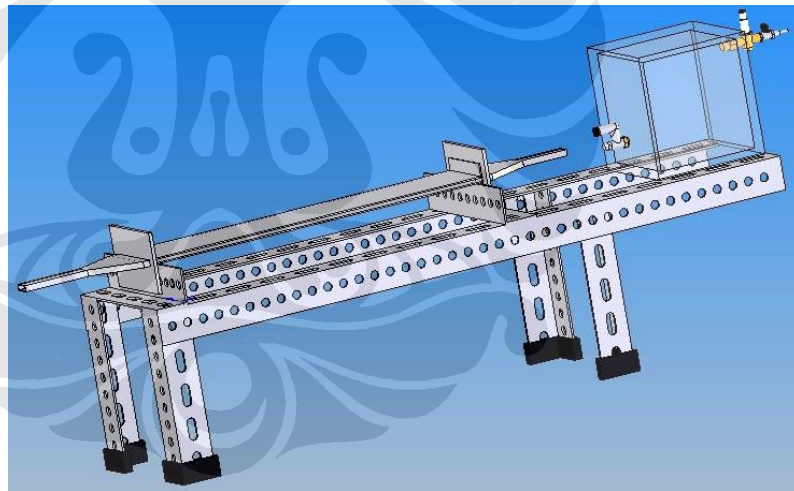
Dalam pengambilan data kita bisa mengetahui apakah alat uji bisa berfungsi dengan baik dengan melihat hasil / data yang diambil. Apakah terjadi penyimpangan yang cukup signifikan diantara data-data yang sama, atau hasil yang diambil merupakan data yang relatif sama.

3.1.15 Kesimpulan

Setelah data diambil kemudian dilakukan analisa terhadap hasil pengujian, maka akan didapatkan suatu kesimpulan yang bisa diambil dengan berdasarkan atas data-data yang telah ada.

3.2 DESAIN ALAT

Perancangan dan pembuatan alat uji thermophoresis ini diharapkan dapat mewakili fenomena thermophoresis, meskipun sebagai alat simulasi tetapi sifat dan prosesnya dikondisikan seperti fenomena yang terjadi pada umumnya.

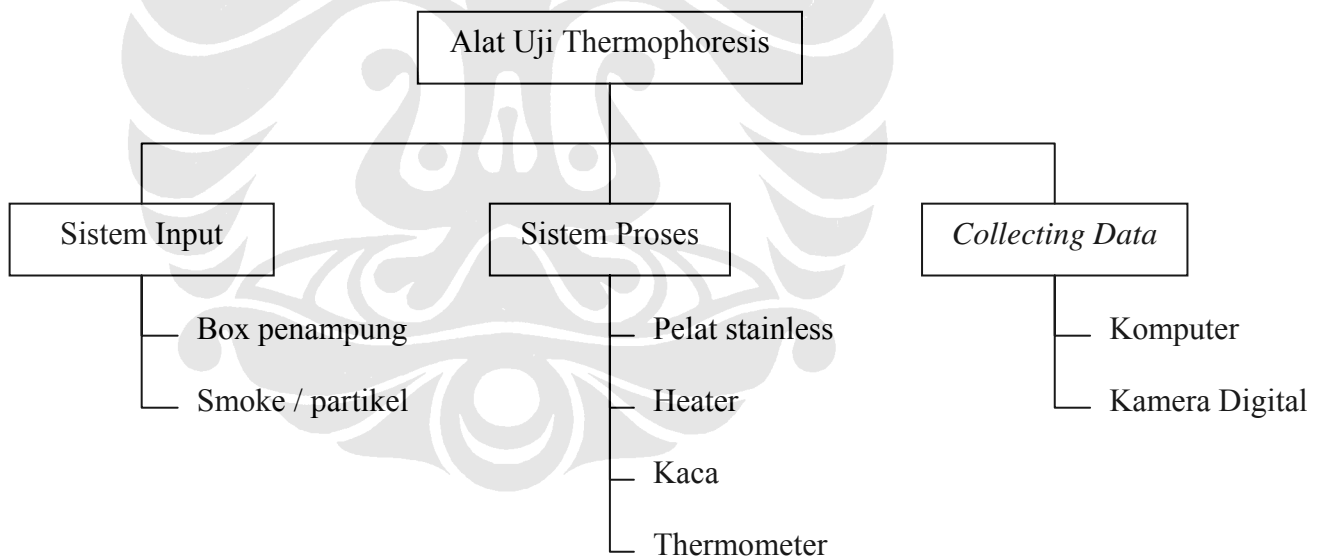


Gambar 3.1 Desain Thermal Precipitator



Gambar 3.2 Thermal Precipitator

Untuk mempermudah dalam pengerjaannya, maka dikelompokkan menurut fungsinya, yaitu :



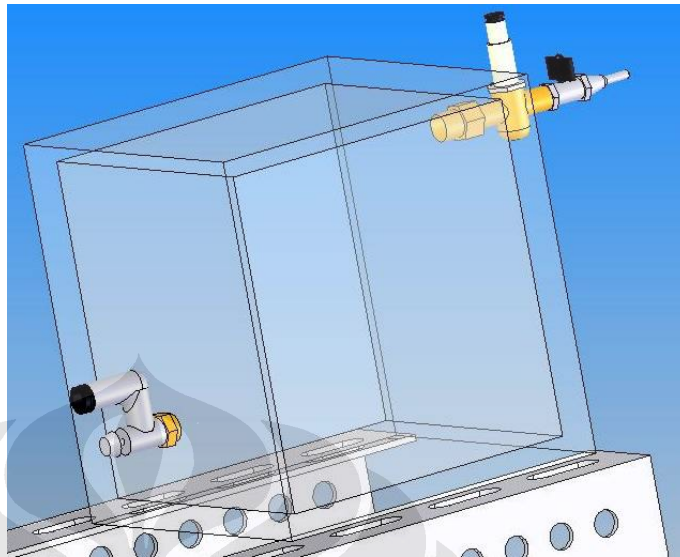
3.2.1 Sistem Input

Sistem ini meliputi beberapa bagian antara lain:

1. Box Penampung

Box ini berukuran 15 x 15 x 15 cm, dengan menggunakan bahan dari acrylic yang diharapkan dapat terlihat kondisi asap di dalam box ini dan tidak terdapat suatu kebocoran sekecil apapun.

Terdapat dua buah lubang pada box ini yaitu lubang inlet dan outlet dimana keduanya telah dilengkapi dengan katup.



Gambar 3.3 Desain Box penampung

2. *Smoke* / partikel

Smoke yang diambil adalah asap rokok yang dimasukkan melalui inlet. Asap rokok ini diharapkan bisa terkumpul di box penampung sebelum digunakan untuk percobaan. Setelah terkumpul dan dipastikan tidak ada kebocoran maka selanjutnya box tersebut dihisap oleh *exhaust fan* sehingga bisa melewati test section dengan kecepatan tertentu.

3.2.2 Sistem Proses

1. Pelat Stainless

Pelat ini digunakan untuk kerangka / dinding media uji coba. Dipilih bahan ini karena mampu menghantarkan panas cukup baik dengan harga yang relatif murah dan mudah untuk dibentuk.

2. Heater

Heater yang dipilih dalam pembuatan media ini adalah *heater* pelat, karena distribusi panasnya paling baik dan merata untuk permukaan pelat yang rata.

3. Kaca

Kaca dipasang pada dinding agar fenomena thermophoresis bisa diamati dari luar, karena kaca sangat transparan dan kuat pada suhu tinggi.

4. Thermometer

Thermometer digunakan untuk mengetahui suhu yang terdapat pada heater, pelat panas dan pelat dingin.

3.2.3 Collecting Data

1. Komputer

Komputer digunakan untuk mengolah data yang telah didapatkan, sehingga mempermudah dalam proses analisa.

2. Kamera Digital

Kamera digital ini digunakan untuk mengambil gambar dan video secara *real time* dari fenomena thermophoresis yang terjadi selama uji coba.

3. Stop Watch

Stop watch digunakan untuk mengetahui waktu aktual selama proses terjadi, sehingga perubahan-perubahan yang terjadi bisa diketahui dalam setiap waktu.

3.3 SPESIFIKASI ALAT

Untuk lebih memperjelas bagaimana pembuatan alat uji ini dan peralatan apa saja yang digunakan dalam penelitian, berikut peralatan yang dipakai :

3.3.1 Acrylic Box

- Dimension = 150 x 150 x 150 mm (outside dim.)
- Volume = 2535 cm³
- Thickness = 10 mm
- Specification = 1 outlet + 1 inlet.

3.3.2 Voltage Regulator

- Merk = OKI
- Model = TDGC-2000
- Input = 220VAC 50/60 Hz
- Output = 0~250 V
- Capacity = 2000VA

3.3.3 Temperature Controller

- Merk = NUX HANYOUNG
- Model = KX4-KMC4
- Size = 48 x 48 x 112.5 mm
- Weight = 166 g
- Input = Thermocouple type K, range -50~1300°C
- Output = Relay
- Power = 100-240 VAC 50/60Hz

3.3.4 Heater

- Type = Plate Heater
- Size = 60 x 60 x 15 mm
- Input = 24 VAC 2000A
- Temperature = max $\pm 300^{\circ}\text{C}$

3.3.5 Fan

- Merk = TENSION
- Size = 50 x 10 x 5 mm
- Input = 12 VDC 0.18A

3.3.6 Test Section

- Overall Dimension = 1000 x 130 x 90 mm
- Material = Stainless Steel Plate 1.2mm thickness
- Gap between plate = 5 mm
- Volume test section = 250 cm³

3.3.7 Hot Wire Anemometer

- Dimension = 180 x 72 x 32 mm
- Probe Diameter 12mm round.
- Measurement Range 0.1 ~ 20 m/s, Accuracy $\pm 5\%$

3.3.8 Multi Tester

- Merk = DT830B
- Range DCV 200mV~1000V
- Accuracy $\pm 1\%$

3.3.9 Camera

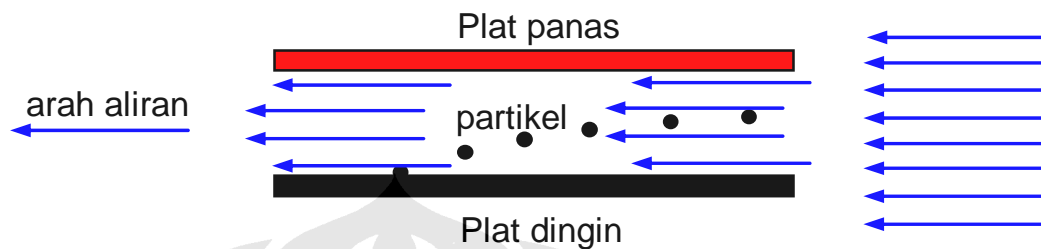
- Merk : Sony CyberShot DSC-T100, 8.1 MegaPixels
- Programme Setting
 - ISO Speed 400
 - Multi Shot Mode
 - Effect Tungsten Mode
 - Flash off
 - Spot Centre
 - Picture Size 1600 x 1200
 - Macro mode + Manual Focus

3.3.10 Non-contact Thermometer

- Merk = Raytek MiniTemp
- Model = MT4
- Measurement Method = Infrared
- Temp. Range = -18~275°C

3.4 KONDISI BATAS (*BOUNDARY CONDITION*)

Sebelum memulai penelitian, terlebih dahulu ditentukan kondisi aliran yang akan digunakan. Diasumsikan kondisi smoke yang mengalir pada gradien temperatur dengan kecepatan yang sangat rendah, yaitu 0,01 m/s, 0,05 m/s, dan 0,1 m/s.



Gambar 3.4 Simulasi pergerakan thermophoresis

Beberapa kondisi aliran yang terdapat pada penelitian ini antara lain :

1. *Steady* (tunak), yaitu tidak ada perubahan kecepatan pada saat perubahan

$$\text{waktu} \left(\frac{\delta u}{\delta t} \right) = 0$$

2. Aliran laminar, partikel-partikel fluida bergerak dalam kondisi seragam.
3. Aliran inkompresibel, volume fluida sama di sembarang titik. Hal tersebut berarti tidak terjadi perubahan massa jenis fluida.
4. Fasa aliran adalah fasa tunggal (*single phase*), pada aliran fluida tidak terjadi perubahan fasa baik dari liquid ke gas ataupun gas ke liquid.
5. Aliran fluida homogen, fluida hanya terdiri dari satu jenis yaitu smoke.

Setelah jenis aliran yang akan digunakan selesai didefinisikan, maka selanjutnya menentukan sifat fisik dari fluida udara. Pada tabel 3.1 dijelaskan mengenai sifat fisik udara sebagai fluida, maksudnya adalah udara pada suhu 27°C (300 K) dan ketinggian di atas permukaan laut.

Tabel 3.1 Sifat fisik udara untuk simulasi

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Massa jenis	ρ	1.183	Kg/m ³
2	Suhu udara	T	300	K
3	Viskositas	μ	1.853e-05	N.s/m ²
4	Konduktivitas Thermal	k	0.02614	W/m.K
5	Koefisien Tekanan	Cp	1003	J/kg.K

Sumber : *Essential Eng Information & Data, Mc Graw-Hill, 1991*

3.4.1 Partikel Smoke

Penentuan partikel dilihat dari kehidupan sehari-hari yang paling mendekati dan mudah untuk didapatkan. Dalam penelitian ini menggunakan partikel smoke (tobacco smoke), karena partikel jenis aerosol ini cukup banyak dan mudah untuk didapatkan. Adapun spesifikasi dari partikel uji sebagai berikut :

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Jenis Aerosol	Smoke	
2	Nama Aerosol	Tobacco Smoke	
3	Diameter partikel	0,01 ~ 1	Mm
4	Density	1,1	g/cm ³
5	Molecular mass	162,23	g/mol
6	Boiling point	247	°C

3.4.2 Kecepatan (*velocity*)

Kecepatan yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 tingkatan, antara lain 0,01 m/s, 0,05 m/s dan 0,1 m/s. Ketiga kecepatan itu relatif cukup rendah, hal ini dimaksudkan disesuaikan dengan kondisi udara pada umumnya, disamping untuk mendapatkan data berupa gambar yang cukup jelas.

Untuk menentukan batasan-batasan kondisi pada penelitian ini, maka ditentukan beberapa hal yang dianggap penting dan berpengaruh, antara lain :

1. Perhitungan panjang *inlet test section*

Renault Number :

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu} \quad \text{untuk bentuk penampang} \quad \text{○} \quad d \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times 2 \times a \times b}{\mu \times (a + b)} \quad \text{untuk bentuk penampang} \quad \text{□} \quad a \quad b \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

ρ = Densitas udara [kg/m³]

v = Kecepatan udara [m/s]

a = Lebar Plat [m]

b = Tinggi Plat [m]

μ = Viskositas dinamik [kg/m.s]

Data tersedia :

$$\rho = 1.177 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 0.1 \text{ m/s}$$

$$a = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

$$b = 5 \text{ mm} = 0.005 \text{ m}$$

$$\mu = 1.85 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$Re = \frac{1.177 \times 0.1 \times 2 \times 0.02 \times 0.005}{1.85 \times 10^{-5} \times (0.002 + 0.005)}$$

$$Re = 50.89 \quad (\text{Laminer})$$

Panjang *Inlet* untuk *Test Section* untuk mencapai daerah berkembang penuh (*fully develop region*) :

$$\left(\frac{X}{D} \right)_{lam} = 0.05 \times Re$$

X = Panjang inlet

D = Luasan bidang inlet

$$D = \frac{2 \times a \times b}{2 \times (a + b)}$$

$$D = \frac{2 \times 0.02 \times 0.005}{2 \times (0.02 + 0.005)}$$

$$D = 0.004m$$

$$\left(\frac{X}{0.004} \right)_{lam} = 0.05 \times 50.89$$

$$\left(\frac{X}{0.004} \right)_{lam} = 2.545$$

$$X = 0.010m = 10mm$$

Jadi, panjang inlet minimum yang dibutuhkan adalah 10mm

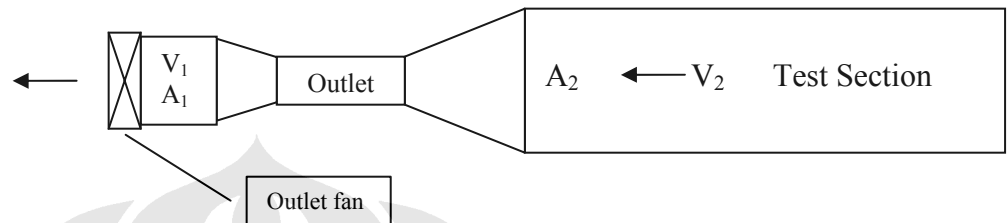
Tabel di bawah menunjukkan variasi perbedaan panjang inlet dengan variasi kecepatan udara.

Tabel 3.2 Tabel variasi panjang inlet

ρ (kg/m^3)	v (m/s)	μ (kg/m.s)	a (m)	b (m)	Re	D (m)	x (m)	x (mm)
1.177	0.01	0.0000185	0.02	0.005	5.090	0.004	0.001	1.0
1.177	0.05	0.0000185	0.02	0.005	25.449	0.004	0.005	5.1
1.177	0.1	0.0000185	0.02	0.005	50.897	0.004	0.010	10.2
1.177	0.5	0.0000185	0.02	0.005	254.486	0.004	0.051	50.9
1.177	1	0.0000185	0.02	0.005	508.973	0.004	0.102	101.8

Kecepatan udara yang akan digunakan adalah 0.01, 0.05 dan 0.1 m/s, berdasarkan tabel perhitungan diatas maka ditetapkan panjang inlet agar mencapai aliran laminer adalah 150mm.

2. Penentuan kecepatan udara di dalam test section.



Gambar 3.5 Skema posisi fan

V_1 = Kecepatan udara sebelum fan (m/s)

A_1 = Luas area outlet (m^2)

V_2 = Kecepatan udara di dalam Test Section (m/s)

A_2 = Luas area test section (m^2)

Kecepatan udara sebelum fan ditentukan dengan menggunakan Hot Wire Anemometer, kecepatan putaran fan diatur dengan menggunakan adaptor (mengubah arus listrik AC menjadi DC) yang memiliki variasi tegangan mulai dari 2.58 sampai 27.7 Volt.

Berikut tabel pengukuran kecepatan udara dengan menggunakan Hot Wire Anemometer.

Tabel 3.3 Tabel Pengukuran Kecepatan Udara

Voltage	V_1 (m/s)
2.58 - 3.08	0.1
3.09 - 3.80	0.2
3.81 - 5.40	0.3
5.41 - 7.04	0.4
7.05 - 9.08	0.5
9.09 - 12.13	0.6
12.14 - 16.55	0.7
16.56 - 18.37	0.8
18.38 - 27.7	0.9

Maka dengan menggunakan rumus perbandingan :

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Didapat kecepatan test section yang diinginkan dengan data sebagai berikut :

Tabel 3.4 Tabel Kecepatan yang digunakan

<i>Voltage</i>	<i>V₁ (m/s) (Fan)</i>	<i>V₂ (m/s) (Test Section)</i>
9.1	0.0025	0.01231
9.4	0.01	0.04924
9.8	0.02	0.09848

