

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian “investigasi gradien tekanan dua fas udara air dan gliserin (40-70%) pada pipa kapiler dengan kemiringan  $5^\circ$  terhadap posisi horizontal” dilakukan di laboratorium Fenomena Dasar Mesin (FDM) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah fluida gas dan cair. Untuk fluida gas yang digunakan adalah udara dengan kelembapan yang rendah, yang didapatkan dari kompresor berkapasitas kecil dan dilengkapi oleh *watertrap*. Untuk fluida cairnya digunakan air (akuades atau *destiled water*) dan dicampur oleh gliserin dengan persentase 40%, 50%, 60%, dan 70%. Total campuran fluida cair tersebut yaitu sebanyak 15 liter. Seluruh campuran fluida cair tersebut diinjeksikan kedalam sistem dengan bantuan bejana bertekanan. Sifat fisik udara yang digunakan yaitu massa jenis ( $\rho$ ), viskositas dinamik ( $\mu$ ), dan viskositas kinematik ( $\nu$ ). Sifat fisik dari campuran antara air dan gliserin ditunjukkan pada Tabel 3.1.

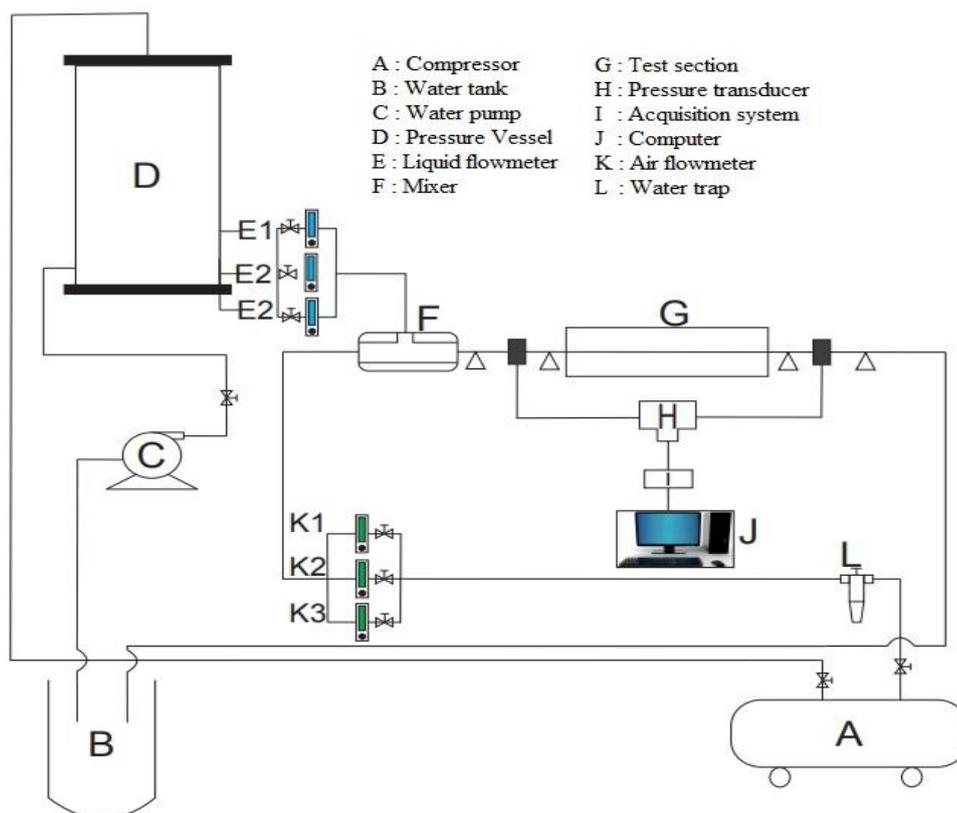
Tabel 3.1 Sifat fisik cairan

Fluida	<i>Specific gravity</i>	<i>Kinematic viscosity</i> [mm <sup>2</sup> /s]	<i>Surface tension</i> [N/cm <sup>2</sup> ]	Index
Air+40% gliserin	1,1114	3,32	58,6	G40
Air+50% gliserin	1,1421	5,505	57,5	G50
Air+60% gliserin	1,1671	9,393	56,4	G60
Air+70% gliserin	1,1896	16,98	53,9	G70

### 3.3 Alat Penelitian

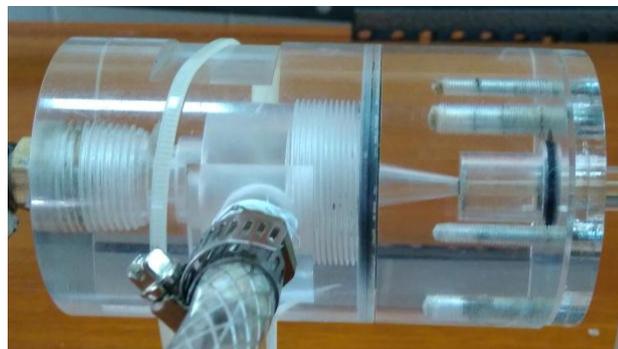
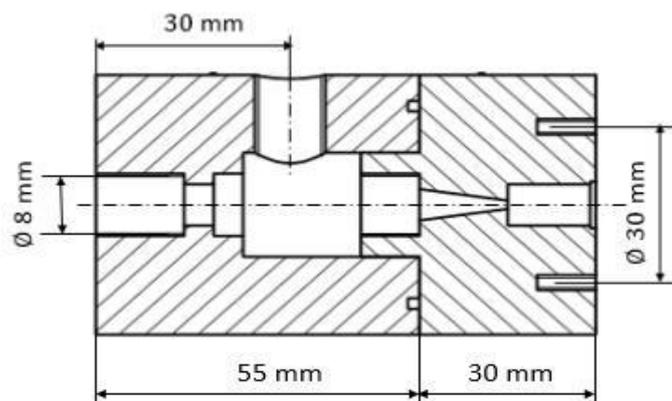
Instalasi peralatan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1. Komponen-komponen yang ada pada alat tersebut yaitu seksi uji, *mixer*, kompresor udara, pompa, *flowmeter* gas, *flowmeter* air, sensor tekanan, kamera kecepatan tinggi, data akuisisi, dan komputer.

Seksi uji berupa pipa transparan terbuat dari kaca berpenampang sirkular dengan ukuran diameter dalam 1,6 mm dan memiliki panjang 130 mm. seksi uji dilengkapi sebuah *optical correction box* fungsinya untuk menghilangkan efek cembung dari permukaan dinding pipa. *Mixer* digunakan untuk mencampur fluida gas dan cair. Untuk tipe yang digunakan adalah tipe *mixing chamber* dengan dua saluran masuk yang tegak lurus dan satu saluran keluar sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Skema instalasi penelitian

Proses mengalirnya fluida cair dalam skema yaitu berawal dari tempat penampungan kemudian di pompa menuju bejana tekan sebanyak 15 liter. Setelah air dipompa ke bejana tekan lalu diberi tekanan berupa gas dari kompresor agar air dapat terpompa oleh bejana tekan. Air bertekanan dari bejana tekan kemudian dialirkan ke *flowmeter* air. Dari *flowmeter* air selanjutnya dialirkan ke *mixer* kemudian masuk ke seksi uji dan kembali ke panampungan.



Gambar 3.2 *Mixer*

Kompresor berfungsi menyediakan udara bertekanan. Kompresor udara dilengkapi dengan *watertrap* dan *dryer* fungsinya untuk menjamin agar udara yang masuk ke sistem sifatnya kering bertekanan tanpa kandungan air. Bejana tekan yang terbuat dari bahan anti karat digunakan sebagai pompa untuk mengalirkan cairan masuk kedalam *mixer* tanpa dipompa dengan tujuan menghindari efek (*pulsation*). Alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran fluida cair adalah *flowmeter* cairan dengan merek Dwyer dengan akurasi  $\pm 5\%$  dan TOKYO KEISO dengan akurasi  $\pm 3\%$ .

Alat yang digunakan untuk mengukur beda tekanan antara sisi masuk dengan sisi keluar dari seksi uji adalah *differential pressure transducer* dari validyne dengan akurasi  $\pm 0,25\%$ . *Differential pressure transducer* dihubungkan dengan *tee junction* yang dipisahkan pada sisi masuk dan sisi keluar seksi uji.

Untuk pengambilan video aliran, alat yang digunakan adalah kamera berkecepatan tinggi merek nikon tipe J4 dengan kecepatan 1200 fps dan resolusi kamera 640 x 480 pixel. Akuisisi data dari “*National Instrument*” digunakan untuk mengkonversi data dari analog digital, agar dapat direkam, disimpan, diolah, dan dianalisis pada komputer. Kondisi penelitian tidak terpengaruh oleh lingkungan dan dianggap tidak terjadi perpindahan panas atau biasa disebut juga kondisi adiabatik. Eksperimen dilakukan pada kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) dengan interval 0,025 – 66,3 m/s, dan kecepatan superfisial cairan ( $J_L$ ) dengan interval 0,033 – 4,935 m/s.

### 3.3.1 Perakitan Alat

Langkah-langkah untuk menyusun seksi uji adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian.
2. Memasang sistem yang akan digunakan sesuai gambar skema alat penelitian.
3. Memasang alat ukur.
4. Melakukan validasi alat ukur.
5. Melakukan kalibrasi alat ukur.

### 3.3.2 Aliran Fluida Cair

Ada beberapa peralatan yang digunakan untuk mengalirkan fluida cair dan gas ke dalam bejana bertekanan sebagai berikut :

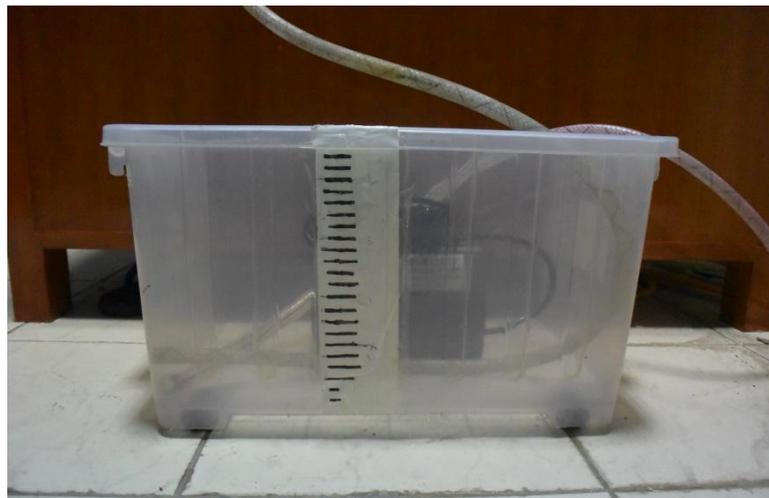
1. Pompa pada Gambar 3.3 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :
  - a. Merek : Lion (L-107)
  - b. Sumber Daya : 220 V / 240 V – 50 Hz
  - c. Daya : 120 V
  - d. Head : 5 m

- e. Kapasitas Maksimum : 5500 L/H
- f. Material : Plastik



Gambar 3.3 Pompa

2. Penampungan Fluida Cair pada Gambar 3.4 berfungsi untuk menampung fluida cair yang keluar dari alat seksi uji. Penampungan fluida cair memiliki kapasitas 24 liter dengan tinggi 0,28 m, lebar 0,31 m, dan panjangnya 0,48 m. Untuk materialnya terbuat dari plastik.



Gambar 3.4 Penampungan fluida cair

3. Selang air dan selang udara digunakan sebagai saluran fluida cair dan gas dari penampungan air ke bejana tekan kemudian ke *flowmeter* dan selanjutnya ke pipa saluran.
4. Bejana tekan pada Gambar 3.5 berfungsi untuk menampung air yang sudah diberi tekanan dari kompressor. Bejana tekan ini berbahan *stainless steel* dan memiliki volume 38 L, diameter 0,22 m, tinggi 100 m, tebal plat 0,004 m.



Gambar 3.5 Bejana tekan

5. *Flowmeter* air yang terdiri dari 3 buah yaitu sebagai alat ukur debit aliran fluida cair. *Flowmeter* tersebut masing-masing memiliki kapasitas yang berbeda-beda yaitu 50 ml/menit, 500 ml/menit, dan 4000 ml/menit dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Flowmeter* Air

6. Separator yang berfungsi untuk memisahkan campuran aliran gliserin dengan udara.
7. *Stopvalve* berjenis *ball valve* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran gliserin yang akan masuk ke *flowmeter*.

### 3.3.3 Aliran Fluida Gas

Dalam proses pengujian membutuhkan alat-alat yang digunakan untuk memberikan tekanan kedalam bejana tekan. Berikut ini adalah penjelasan tentang alat-alat yang digunakan tersebut :

1. Kompresor pada Gambar 3.7 berfungsi untuk menghasilkan tekanan yang kemudian dialirkan kebejana tekan melalui selang udara. Kompresor ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :
  - a. Merek : Shark Air Compressor
  - b. *Type* : LVU - 012
  - c. Motor : ½ HP
  - d. *Pressure Range* : 7 kg/cm<sup>2</sup>
  - e. *Manufacture* : PT. Sharpindo Dinamika Prima



Gambar 3.7 Kompresor udara

2. Selang udara digunakan untuk mengalirkan udara dari kompresor ke dihubungkan ke sistem.
3. *Watertrap* berfungsi untuk memisahkan udara dan air yang tercampur di dalam kompresor, agar udara bertekanan yang masuk ke dalam bejana tekan memiliki sifat yang kering. Apabila udara bertekanan yang masuk kedalam sistem memiliki sifat yang kering maka tidak akan mengganggu konsentrasi campuran gliserin dan air yang ada dalam pipa kaca tersebut. Untuk bentuk dari *watertrap* dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 *Watertrap*

4. *Flowmeter* udara digunakan untuk mengatur debit udara yang masuk ke dalam sistem. *Flowmeter* yang digunakan pada penelitian ini ada tiga buah dengan spesifikasi yang berbeda diantaranya *flowmeter* dengan kapasitas maksimal 100 ml/menit, 1000 ml/menit, 10000 ml/menit. Bentuk dari *flowmeter* udara. Contoh dari *flowmeter* udara dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Flowmeter* gas

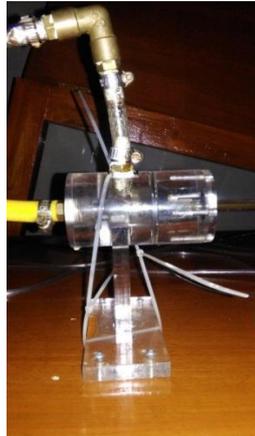
5. *Stopvalve* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran udara yang akan masuk ke *flowmeter*.

### 3.3.4 Peralatan Uji

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat uji yang digunakan untuk pengujian aliran dua fase. Alat-alat yang digunakan yaitu ada *mixer*, pipa kaca, flens, lampu penerangan, *optical correction box*, penyangga pipa kaca, kamera, *pressure transducer*, data akuisisi dan komputer. Untuk alat-alat penelitian dapat dijelaskan fungsinya sebagai berikut :

#### 1. *Mixer*

Alat ini berfungsi sebagaimana tempat bercampurnya dua jenis fluida, yaitu fluida gas dan fluida cair. Air masuk dengan arah vertikal dari atas, sedangkan udara masuk dengan arah horizontal, sehingga arah masuk keduanya menjadi tegak lurus. Contoh dari *mixer* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Mixer

2. Pipa kaca

Pipa kaca digunakan sebagai saluran fluida pada alat penelitian tersebut. Pipa kaca ini memiliki ukuran diameter dalam 1,6 mm dan diameter luarnya sebesar 8 mm.

3. *Flens*

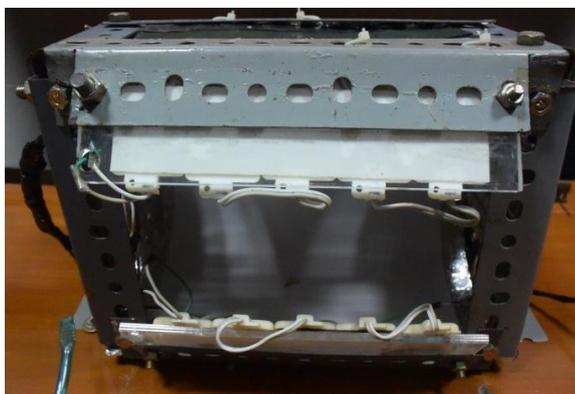
Fungsi dari *flens* ini adalah untuk menyambung pipa kaca. *Flens* ini terbuat dari bahan *acrylic*. Pada *flens* ini terdapat 3 channel untuk selang kecil yang kemudian dihubungkan ke *pressure transducer*. Contoh dari *flens* dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Flens

#### 4. Lampu penerangan

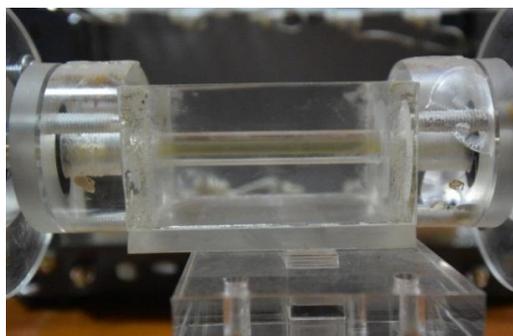
Lampu penerangan ini berfungsi untuk menambah intensitas cahaya pada alat perekam, sehingga dapat memperjelas objek (pola aliran) yang akan direkam menggunakan kamera. Lampu penerangan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan lampu *LED* (*Light Emitting Diode*) dengan daya 500 watt. Alasan digunakannya lampu *LED* ini adalah untuk meminimalisir perubahan suhu yang terjadi pada sistem, karena lampu *LED* tersebut tidak menimbulkan panas yang berlebih sehingga perubahan suhu pada sistem dapat diabaikan. Untuk alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Lampu penerangan

#### 5. *Optical correction box*

*Optical correction box* atau biasa disebut seksi uji memiliki fungsi menghilangkan efek pembiasan yang ditimbulkan oleh permukaan pipa. *Optical correction box* ini terbuat dari bahan *acrylic*. Alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Optical correction box*

## 6. Penyangga alat uji

Penyangga pipa kaca ini digunakan sebagai pondasi pipa kaca, *mixer*, *optical correction box*, dan *flens*. Bahan yang digunakan pada penyangga alat uji adalah *acrylic*.

## 7. Kamera

Kamera memiliki fungsi untuk merekam pola aliran yang melewati *optical correction box*. Kamera yang digunakan pada penelitian ini adalah kamera yang memiliki kemampuan merekam objek dengan kecepatan yang tinggi. Kamera yang digunakan pada penelitian ini adalah merek Nikon dengan tipe J4 pada Gambar 3.14. Untuk spesifikasi kamera nikon J4 yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi kamera Nikon J4

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Max resolution	5232 x 3488
2.	Effective pixels	18 Megapixels
3.	Image ratio w:h	3:02
4.	ISO	Auto, ISO 160-12800
5.	Videography notes	High speed: 1280 x 720 (120 fps), 768 x 288 (400 fps), 416 x 144 (1200 fps); Motion Snapshot: 1920 x 1080 (24 fps); Fast-motion, jump-cut, 4 second movies (24 fps)
6.	Storage types	microSD/SDHC/SDXC
7.	Resolutions	1920 x 1080 (60p, 30p), 1472 x 984 (60p, 30p)
8.	Battery description	EN-EL22 lithium-ion battery and charger
9.	Weight (inc. batteries)	232 g (0.51 lb / 8.18 oz)
10.	Dimensions	100 x 60 x 29 mm (3.92 x 2.36 x 1.12")



Gambar 3.14 Kamera Nikon J4

#### 8. *Pressure transducer*

Alat ini memiliki fungsi untuk mendeteksi atau mengukur beda tekanan atau penurunan tekanan antara *input* dengan *output* yang disebut dengan *pressure drop* pada Gambar 3.15. Pada *pressure transducer* di dalamnya terdapat sebuah diafragma, jika ada aliran fluida yang masuk maka diafragma akan tertekan kemudian diteruskan ke data akuisisi dan data akan muncul pada komputer berupa grafik. Untuk spesifikasi *pressure transducer* dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi *Pressure Transducer*

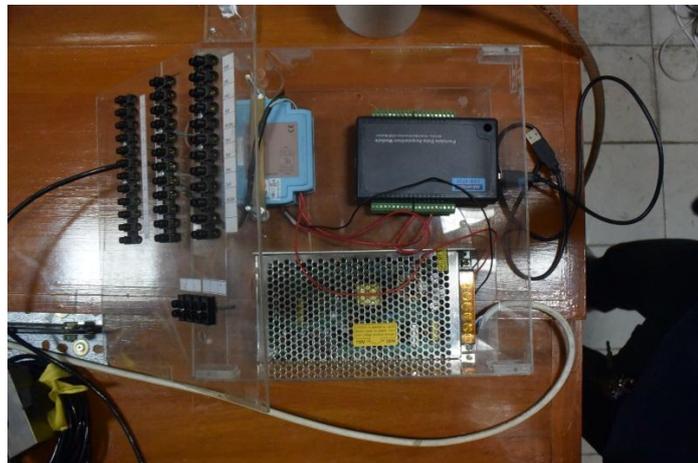
No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Merk	<i>Validyne</i>
2.	Seri	P55
3.	Range	3200 psi
4.	Ketelitian	0,1%-0,25%



Gambar 3.15 *Pressure transducer*

#### 9. Data akuisisi

Data akuisisi merupakan sebuah alat untuk mengubah data analog menjadi digital yang diolah menggunakan *software* yang sudah diinstal pada komputer. Alat ini dipasang untuk menghubungkan *pressure transducer* ke komputer agar data yang masuk bisa terbaca oleh komputer. Ini merupakan data akuisisi yang digunakan untuk penelitian Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Data akuisisi

#### 10. Komputer

Komputer pada Gambar 3.17 merupakan alat yang digunakan untuk membaca suatu data *pressure drop* yang direkam oleh *pressure transducer* kemudian masuk ke data akuisisi dan selanjutnya

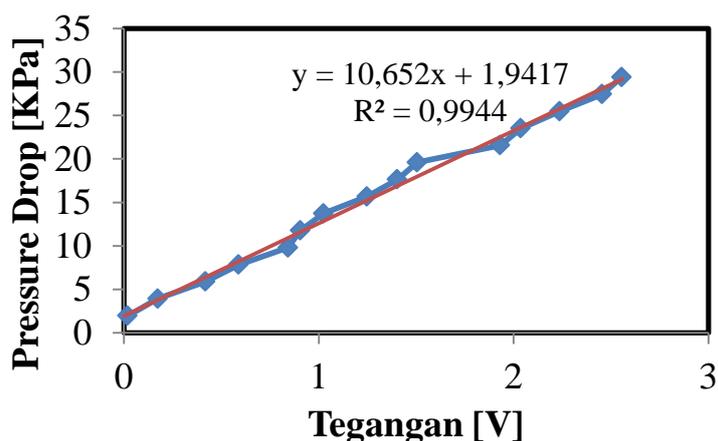
dihubungkan ke komputer. Disitu data akan terbaca pada *software* yang dinamakan data logger.



Gambar 3.17 Komputer

### 3.4 Kalibrasi Alat

Pada penelitian ini sebelumnya dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu. Kalibrasi tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran akurat dan konsisten dengan instrumen lainnya. Alat yang harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu yaitu *pressure transducer* dan *flowmeter* cair.



Gambar 3.18 Grafik hasil kalibrasi *pressure transducer*

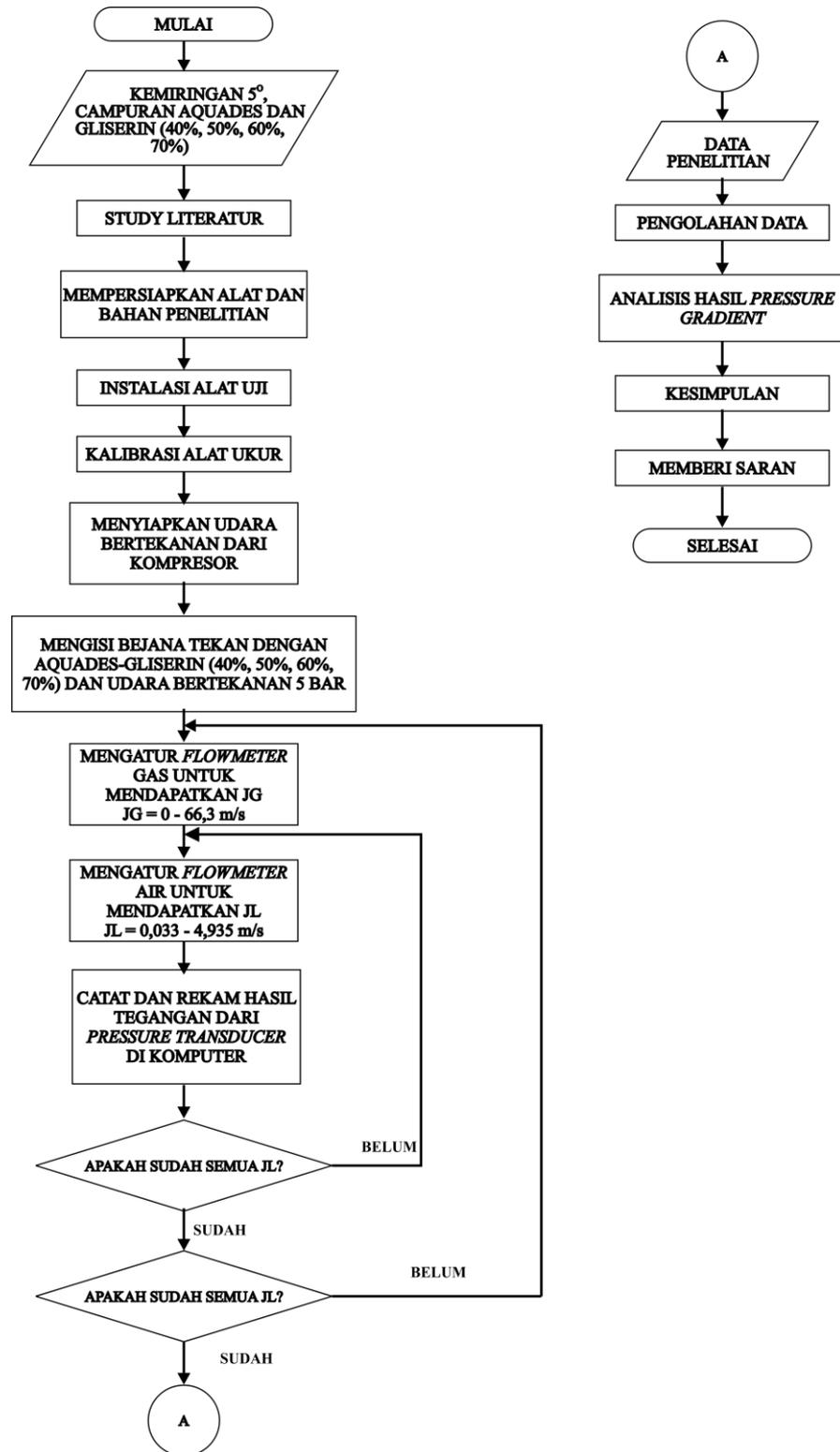
Untuk kalibrasi *pressure transducer* dilakukan dengan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi statis. Tegangan keluaran yang dihasilkan *pressure transducer* kemudian dikonversi dalam bentuk tekanan yang terukur

pada manometer vertikal. Tegangan yang telah dikonversi menjadi tekanan tersebut kemudian dibuat suatu grafik untuk dijadikan sebagai acuan dalam mencari *pressure drop*. Pada *flowmeter* fluida cair cara kalibrasi yang digunakan dengan cara mengalirkan air selama 1 menit, kemudian diukur volume fluida cair yang tertampung dengan menggunakan gelas ukur.

### **3.5 Metode Pengujian**

Metode pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan fluida campuran air dan gliserin yang sudah ditampung di bejana tekan ke seksi uji. Di bejana tekan fluida campuran air dan gliserin diberi tekanan udara yang berasal dari kompresor. Tahap selanjutnya fluida dialirkan ke *mixer* tempat bercampurnya antara fluida cair dengan udara. Kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ) diatur dan dibuat *steady*. Melakukan pengamatan dengan komputer yang sudah terhubung oleh data akuisisi dan *pressure transducer*. Setelah data didapat kemudian diolah menggunakan *software* yang ada di komputer. Data yang perlu diambil adalah 1000 data/detik.

### 3.6 Diagram Alir



Gambar 3.19 Diagram alir penelitian

### 3.7 Prosedur Penelitian

Ketika semua instalasi alat dan bahan-bahan sudah siap seluruhnya, kemudian bisa dilakukan penelitian. Pada penelitian ini terdapat beberapa prosedur untuk pengambilan data sebagai berikut :

1. Tangki diisi oleh fluida cair campuran air dan gliserin dengan konsentrasi 40%, 50%, 60% dan 70%. Tangki tersebut diisi dengan 15 liter campuran air dan gliserin.
2. Campuran tersebut di pompa ke bejana tekan, sebelumnya pastikan katup yang terhubung ke *flowmeter* tertutup terlebih dahulu.
3. Mengoperasikan kompresor untuk menghasilkan tekanan yang akan diisi ke bejana tekan.
4. Mengisi tekanan ke bejana tekan sebesar 5 bar, sebelumnya tutup terlebih dahulu katup input fluida cair yang tadi dibuka untuk mengisi campuran ke bejana tekan. Sesudahnya tutup kembali katup input fluida gas yang tadi digunakan untuk mengisi tekanan ke bejana tekan.
5. Menghubungkan selang kecil dari *flens* ke *pressure transducer*.
6. Mengaktifkan komputer dan membuka aplikasi data loger yang digunakan untuk membaca tekanan yang terekam pada *pressure transducer*.
7. Menghubungkan data akuisisi dengan komputer.
8. Menyalakan *power supply* untuk mengaktifkan *pressure transducer* dan lampu penerangan.
9. Membuka katup kompresor yang terhubung ke *watertrap* yang selanjutnya dihubungkan ke *flowmeter* udara.
10. Membuka katup pada bejana tekan yang terhubung ke *flowmeter* fluida cair.
11. Mengatur kecepatan superfisial air dan gas saat melewati *flowmeter* atau dapat disebut juga  $J_g$  dan  $J_L$ .
12. Menunggu hingga aliran *steady* selama 1 menit.

13. Melakukan pengambilan data melalui komputer dengan aplikasi data logger selama 1 menit.
14. Ulangi langkah 11, 12, dan 13 untuk menambah  $J_L$  dan mempertahankan  $J_G$ .
15. Mengulangi langkah 11, 12, 13, dan 14 dengan variasi  $J_G$  yang berbeda.
16. Langkah 1 sampai 15 diulang dengan konsentrasi campuran akuades dan gliserin 50%, 60%, dan 70%.

### **3.8 Pengolahan Data dan Analisis Hasil**

Setelah proses pengambilan data selesai, kemudian didapatkan dua macam data, yaitu data yang berasal dari *pressure transducer* dan data yang berasal dari kamera yang mampu merekam dengan kecepatan tinggi berupa video. Data diolah untuk mendapatkan hasil *pressure drop*. Cara mengolah data tersebut menggunakan *software Microsoft Excel* kemudian mengambil 3000 data dari data yang didapat, kemudian 3000 data tadi dirata-rata. Data yang sudah dirata-rata kemudian dikonversi menjadi *pressure gradient*, karena sebelumnya data yang dikeluarkan oleh data akuisisi masih dalam satuan tegangan. Untuk proses selanjutnya data dibuat grafik berdasarkan kecepatan superfisial gas dan *liquid*.