

### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1. Bahan Penelitian

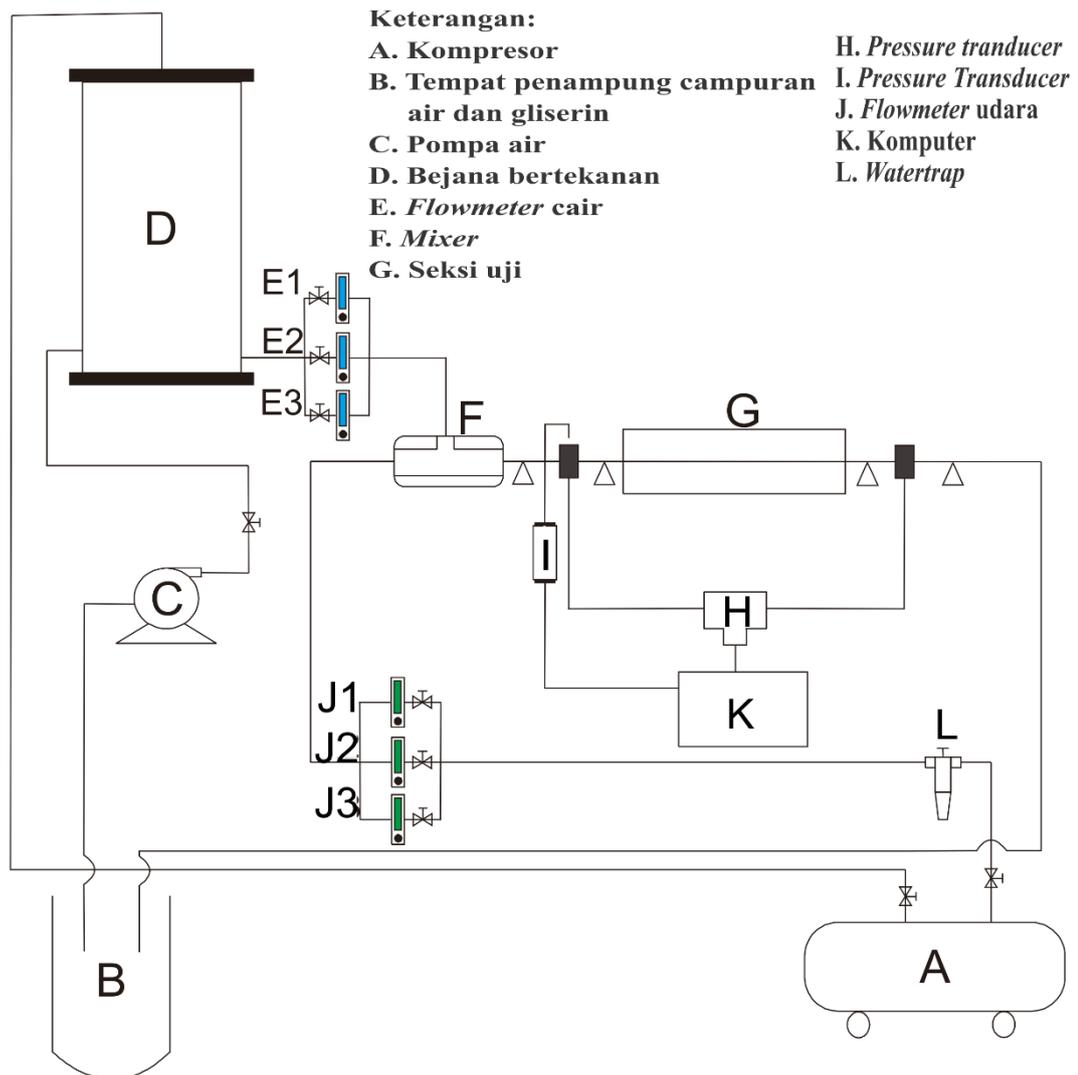
Penelitian ini menggunakan bahan baku utama berupa fluida kerja yaitu air, gas dan larutan gliserin. Untuk fluida cair menggunakan air (akuades atau *destiled water*) pada penelitian tahap pertama, sedangkan pada tahap kedua menggunakan campuran antara air dan gliserin dengan variabel air dan gliserin 0%, 10%, 20% dan 30% yang diinjeksikan ke dalam sistem dengan bantuan bejana bertekanan. Untuk fluida gas menggunakan udara dengan kelembaman rendah, yang dihasilkan dari kompresor udara berkapasitas kecil yang dilengkapi dengan *water trap* dan *dryer*. Pengambilan data pada properti larutan air dan gliserin 0-30% dilakukan di Laboratorium Analisa Bahan, Jurusan Teknik Kimia Universitas Gajah Mada. Sifat fisik dari fluida gas yang digunakan adalah massa jenis ( $\rho$ ), viskositas dinamik ( $\mu$ ) dan viskositas kinematik ( $\nu$ ). Untuk sifat fisik dari fluida campuran antara air dan gliserin sebagai berikut :

Tabel 3.1 Sifat fisik cairan

| Fluida           | <i>Specific gravity</i> | <i>Kinematic viscosity</i><br>[mm <sup>2</sup> /s] | <i>Surface tension</i><br>[N/cm <sup>2</sup> ] | Index |
|------------------|-------------------------|--|--|-------|
| Air+0% gliserin  | 1,0021                  | 0,842  | 71,3   | G0    |
| Air+10% gliserin | 1,0358                  | 1,331  | 68,0   | G10   |
| Air+20% gliserin | 1,0619                  | 2,315  | 61,9   | G20   |
| Air+30% gliserin | 1,0839                  | 2,361  | 60,9   | G30   |

### 3.2. Skema Instalasi Penelitian

Pada gambar 3.1 dibawah ini merupakan skema instalasi peralatan untuk penelitian.



Gambar 3.1 Skema Instalasi Penelitian

### 3.3. Fasilitas Aliran Fluida

Fasilitas aliran fluida yang digunakan dalam eksperimental ini terdiri dari tiga sistem utama yaitu sistem resirkulasi, unit sistem penerangan dan perekam akuisisi data. Sistem resirkulasi adalah sistem yang mengalirkan fluida kerja dalam fasilitas melakukan penelitian yang terdiri dari cairan dan gas. Fasilitas eksperimen resirkulasi fluida ini terdiri dari pompa, kompresor, bejana tekan, alat ukur dan tangki cairan.

#### 3.3.1. Fasilitas Aliran Fluida Cair

Dalam proses sirkulasi fluida cair memerlukan beberapa fasilitas yang digunakan untuk melakukan penelitian ini seperti:

1. Tangki tampung cairan



Gambar 3.2 Tangki penampungan air dan gliserin

Tabel 3.2 Spesifikasi penampung air dan gliserin

| No. | Spesifikasi | Keterangan |
|-----|-------------|------------|
| 1.  | Panjang     | 48 cm      |
| 2.  | Lebar       | 31 cm      |
| 3.  | Tinggi      | 28 cm      |
| 4.  | Volume      | 24 Liter   |

2. Pompa dengan bahan utama plastik supaya tidak terjadi korosi. Pompa pada gambar 3.3 ini cocok untuk menyediakan pasokan cairan konstan ke perangkat ekperimental. Spesifikasi pompa ini sebagai berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi Pompa Air

| No. | Spesifikasi           | Keterangan      |
|-----|-----------------------|-----------------|
| 1.  | Berat pompa           | 2 kg            |
| 2.  | Daya keluaran         | 120 watt        |
| 3.  | Tinggi hisap maksimal | 5 meter         |
| 4.  | Kapasitas maksimal    | 5.500 liter/jam |



Gambar 3.3 Water pump

3. Selang digunakan untuk mengalirkan cairan dari tangki air ke bejana tekan dan meneruskan ke pipa saluran. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.
4. Bejana tekan yang digunakan untuk menampung air dan udara bertekanan sebelum disirkulasikan. Bejana ini terbuat dari bahan *stainless steel*. Dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.

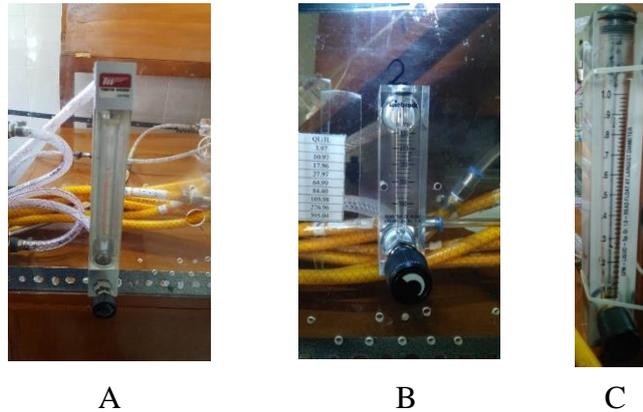


Gambar 3.4 Bejana bertekanan

Tabel 3.4 Spesifikasi Bejana Bertekanan

| No | Spesifikasi | Keterangan |
|----|-------------|------------|
| 1. | Diameter    | 22 cm      |
| 2. | Tinggi      | 100 cm     |
| 3. | Tebal plat  | 0,4 cm     |
| 4. | Volume      | 38 Liter   |

5. Tiga buah *flowmeter* cairan. *Flowmeter* berfungsi untuk mengukur debit aliran cairan yang masuk dalam eksperimen. *Flowmeter* yang digunakan untuk mengukur debit cairan ini menggunakan model E transparan dan mempunyai ukuran untuk *flowmeter* A maksimal 50 ml/menit, *flowmeter* B 500 mL/menit dan *flowmeter* C 4000 ml/menit. Dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini.

Gambar 3.5 *Flowmeter* cairanTabel 3.5 Spesifikasi *Flowmeter* cairan

| No. | Flowmeter | Spesifikasi | Keterangan                  |
|-----|-----------|-------------|-----------------------------|
| 1.  | A         | Merek       | <i>Tokyo keiso</i>          |
|     |           | Jenis       | <i>Glass tube flowmeter</i> |
|     |           | Range       | 0 – 0,1 LPM                 |
|     |           | Ketelitian  | 0,0005 LPM                  |
| 2.  | B         | Merek       | <i>Tokyo keiso</i>          |
|     |           | Jenis       | <i>Glass tube flowmeter</i> |
|     |           | Range       | 0 – 0,5 LPM                 |
|     |           | Ketelitian  | 0,025 LPM                   |
| 3.  | C         | Merek       | <i>Tokyo keiso</i>          |
|     |           | Jenis       | <i>Glass tube flowmeter</i> |
|     |           | Range       | 0 – 3,785 LPM               |
|     |           | Ketelitian  | 0,0757 LPM                  |

### 3.3.2. Fasilitas Aliran Fluida Gas/Udara

Peralatan yang digunakan untuk mengalirkan fluida gas/udara dalam proses eksperimen ini sebagai berikut:

1. Kompresor digunakan untuk menghasilkan dan mengalirkan gas yang bertekanan ke dalam sistem. Gambar 3.6 dibawah ini adalah kompresor yang digunakan dalam eksperimen. Untuk spesifikasinya sebagai berikut:

Tabel 3.6 Spesifikasi Kompresor Udara (Buku Manual Alat)

| No. | Spesifikasi             | Keterangan           |
|-----|-------------------------|----------------------|
| 1.  | Daya / Power            | ½ HP atau 0,37 kW    |
| 2.  | Tekanan Angin           | 7 Kg/cm <sup>2</sup> |
| 3.  | Kecepatan Putaran Mesin | 520 rpm              |
| 4.  | Kapasitas Tangki        | 58 Liter             |



Gambar 3.6 Kompresor

2. Selang udara digunakan untuk mengalirkan udara dari kompresor ke bejana tekan untuk di tampung sementara sebelum disirkulasikan.

3. *Watertrap* digunakan untuk menyaring air agar udara yang dihisap dari kompresor tidak bercampur dengan air dan berfungsi untuk membuang air secara otomatis supaya tidak bercampur dengan udara. Gambar 3.7 dibawah ini merupakan filter dan regulator beserta spesifikasinya.

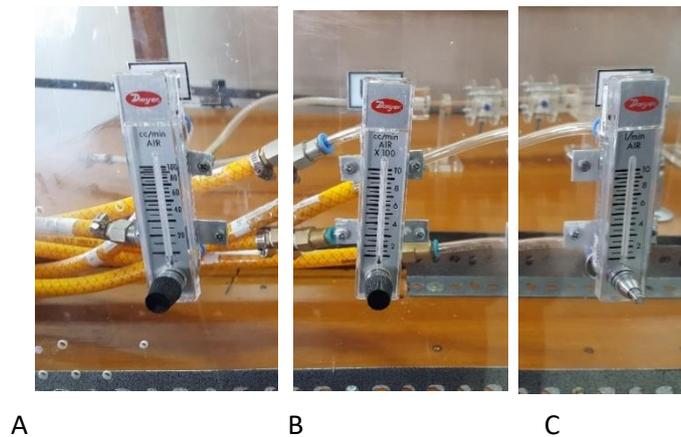


Gambar 3.7 Filter dan regulator udara (*watertrap*)

Tabel 3.7 Spesifikasi filter dan regulator (*watertrap*)

| No. | Spesifikasi                                 | Keterangan    |
|-----|---|---------------|
| 1.  | <i>Regulator Inlet and Outlet Port size</i> | $\frac{1}{4}$ |
| 2.  | <i>Max. Pressure of the Regulator</i>       | 145 PSI       |
| 3.  | <i>Range</i>                                | 0 - 145 PSI   |
| 4.  | <i>Max. Temp</i>                            | 1.0 Mpa       |

4. Tiga *flowmeter* udara digunakan untuk mengukur debit aliran udara sebelum memasuki fasilitas eksperimen. Gambar 3.8 dibawah ini menunjukkan tiga *flowmeter* udara. Untuk *flowmeter* A memiliki ukuran maksimal 100 ml/menit, *flowmeter* B memiliki ukuran maksimal 1000 ml/menit dan *flowmeter* C memiliki ukuran maksimal 10000 ml/menit.

Gambar 3.8 *Flowmeter* udaraTabel 3.8 Spesifikasi *flowmeter* udara

| No. | <i>Flowmeter</i> | Spesifikasi  | Keterangan                  |
|-----|------------------|--------------|-----------------------------|
| 1.  | A                | Merek        | <i>Dwyer</i>                |
|     |                  | Jenis        | <i>Glass tube flowmeter</i> |
|     |                  | <i>Range</i> | 0 – 0,1 LPM                 |
|     |                  | Ketelitian   | 0,0005 LPM                  |
| 2.  | B                | Merek        | <i>Dwyer</i>                |
|     |                  | Jenis        | <i>Glass tube flowmeter</i> |
|     |                  | <i>Range</i> | 0 – 1 LPM                   |
|     |                  | Ketelitian   | 0,05 LPM                    |
| 3.  | C                | Merek        | <i>Dwyer</i>                |
|     |                  | Jenis        | <i>Glass tube flowmeter</i> |
|     |                  | <i>Range</i> | 0 – 10 LPM                  |
|     |                  | Ketelitian   | 0,5 LPM                     |

5. Katup udara digunakan untuk membuka dan menutup aliran gliserin yang masuk ke *flowmeter*.

### 3.3.3. Sistem Penerangan

Sistem ini berpengaruh pada visual untuk menangkap data akuisisi terbaik dan juga untuk menentukan kualitas data dari pengamatan data visual. Sistem penerangan untuk melakukan eksperimen ini menggunakan lampu LED (*Light Emitting Diode*) dengan daya 500 watt. LED merupakan cahaya semikonduktor yang dipengaruhi *electroluminescence* untuk menghasilkan cahaya. Pada gambar 3.9 dibawah ini merupakan penerangan yang digunakan untuk melakukan eksperimen. Untuk memasang lmpu LED membutuhkan alat bantu yang disebut unit kontrol penerangan (*correction Box*) yang didalamnya dilapisi dengan *glossy photo paper* supaya cahaya memantul dan ketika melakukan pengambilan data tidak terkena pengaruh pembiasan yang disebabkan oleh permukaan pipa. Alasan menggunakan lampu LED adalah untuk mengatur perpindahan panas karena lampu LED memberikan transfer panas minimal sehingga perubahan suhu dalam mengambil data dapat diabaikan.



Gambar 3.9 Sistem penerangan dengan lampu LED

### 3.3.4. Peralatan Uji

Peralatan uji yang digunakan untuk eksperimen ini sebagai berikut:

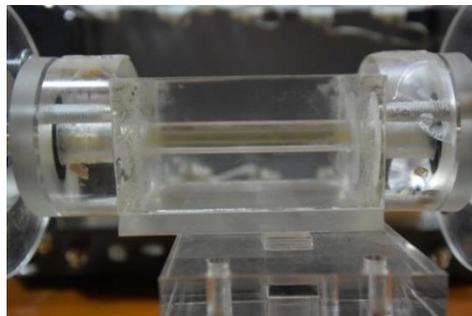
1. Pipa uji digunakan untuk mengalirkan fluida cair yang akan diamati. Pipa uji memiliki diameter dalam 1,6 mm dan diameter luar 8 mm yang ditunjukkan pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pipa uji

2. *Optical correction box*

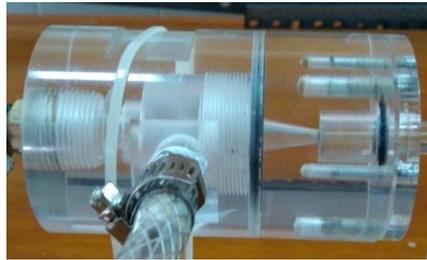
Seksi uji ini berfungsi untuk menghilangkan dari efek pembiasan yang ditimbulkan oleh permukaan pipa. Pada gambar 3.11 dibawah adalah *Optical correction box* yang terbuat dari bahan *acrylic*.



Gambar 3.11 *Optical correction box*

3. *Mixer*

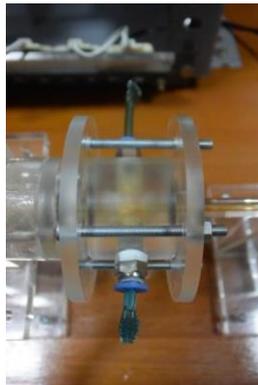
*Mixer* berfungsi sebagai media tempat mencampur fluida cair dan udara dalam proses eksperimen. Fluida cair masuk melalui arah aksial sedangkan udara masuk melalui arah radial yang ditunjukkan pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Mixer*

#### 4. *Flens*

Gambar 3.13 merupakan *flens*. Alat ini berfungsi untuk menyambung dari pipa kaca dan terbuat dari bahan acrylic. *Flens* memiliki tiga lubang/*chanel* yang digunakan untuk menghubungkan ke *pressure transducer*.



Gambar 3.13 *Flens*

#### 5. *Check valve*

alat ini digunakan untuk mengatur laju fluida yang mengalir ke satu arah dan mencegah fluida yang mengalir balik. Gambar 3.14 merupakan *check valve* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.14 *Check valve*

#### 6. Penyangga alat uji

Alat ini terbuat dari bahan *acrylic* yang digunakan untuk menyangga dari pipa kaca, seksi uji, *flens* dan *mixer*.

#### 7. *Gate valve*

Gambar 3.15 Dibawah ini merupakan *gate valve* yang berfungsi untuk mengatur laju aliran fluida cair/gas supaya dapat diatur besar kecilnya laju aliran.



Gambar 3.15 *Gate valve*

### 3.3.5. Peralatan Perekam Akuisisi Data

Peralatan perekam akuisisi data adalah sebagai perangkat yang digunakan untuk merekam data secara visual maupun analog dari sensor MPX. Peralatan yang digunakan untuk merekam data adalah sebagai berikut:

### 1. Kamera dengan kecepatan tinggi

Kamera ini digunakan untuk menangkap obyek yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Gambar 3.16 dibawah ini merupakan kamera yang digunakan dalam eksperimen. Kamera vidio Nikon J4 dengan spesifikasi kamera sebagai berikut:

Tabel 3.9 Spesifikasi Kamera

| 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);<br>Motion Snapshot: 1920 x 1080 (24 fps);<br>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 3.16 Kamera kecepatan tinggi

## 2. *Pressure transducer*

Alat yang digunakan untuk mengetahui beda tekanan atau penurunan tekanan (*pressure drop*) antara sisi *input* dengan sisi *output* seksi uji, di alat ini didalamnya terdapat diafragma jika ada aliran fluida masuk diafragma akan tertekan dan meneruskan ke data akuisisi sistem yang kemudian muncul ke komputer berupa grafik. Gambar 3.17 dibawah ini merupakan jenis dari *pressure transducer*.



Gambar 3.17 *Pressure transducer*

Tabel 3.10 Spesifikasi *pressure transducers*

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

### 3. Komputer

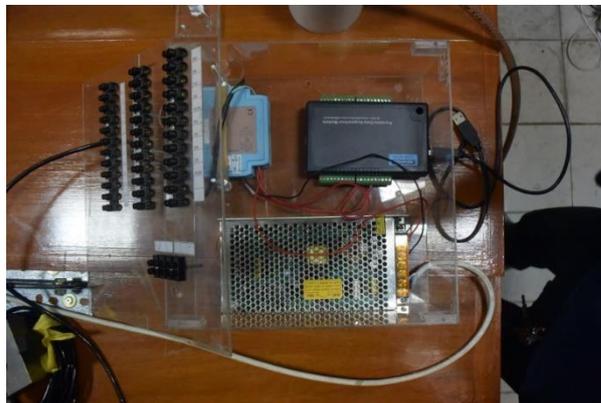
Perangkat komputer digunakan untuk memproses data digital aliran fluida yang berupa data penurunan tekanan yang direkam oleh *pressure transducer* selanjtnya masuk ke data akuisisi yang dihubungkan komputer dan dibaca *software* yang dinamakan data loger. Setelah menjadi data loger selanjutnya diolah di *microsoft office excel* dan menjadi grafik penurunan tekanan (*pressure drop*). Gambar 3.18 merupakan komputer yang digunakan untuk penelitian.



Gambar 3.18 Komputer

#### 4. Akuisisi Data (*Advantech*)

Alat ini berfungsi untuk mengubah data analog menjadi digital dengan menggunakan *software* yang di instal dalam komputer dalam pengolahannya. Dalam alat ini terdapat beberapa *channel* yang digunakan untuk menghubungkan *pressure transducer* supaya datanya di baca oleh komputer. *Outputnya* berupa data *loger* yang kemudian diolah menggunakan *microsoft excel* menjadi grafik. Pada gambar 3.19 dibawah ini merupakan data akuisisi yang digunakan dalam penelitian.

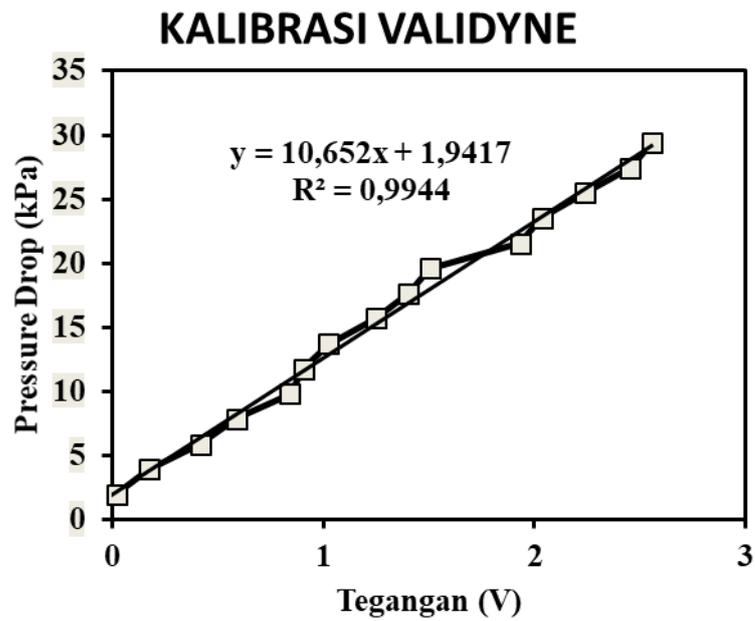


Gambar 3.19 Data akuisisi (*Advantech*)

#### 3.4. Kalibrasi Alat

Sebelum melakukan penelitian atau ambil data dilakukan kalibrasi alat. Alat yang dikalibrasi adalah *flowmeter* dan *pressure transducer*. Kalibrasi ini dilakukan untuk memastikan tingkat kebenaran dengan besaran yang diukur supaya hasil pengukurannya akurat dengan instrumen lainnya. Untuk melakukan kalibrasi *flowmeter* fluida cair menggunakan air dengan cara mengalirkan air selama 1 menit yang ditampung pada gelas ukur untuk mengukur volume air. Sedangkan untuk melakukan kalibrasi pada *pressure transducer* menggunakan manometer kolom air (manometer vertikal) pada kondisi statis. Tegangan keluaran yang dihasilkan dari *pressure transducer* di konversi dalam bentuk tekanan yang terukur pada manometer vertikal. Setelah tegangan di konversi

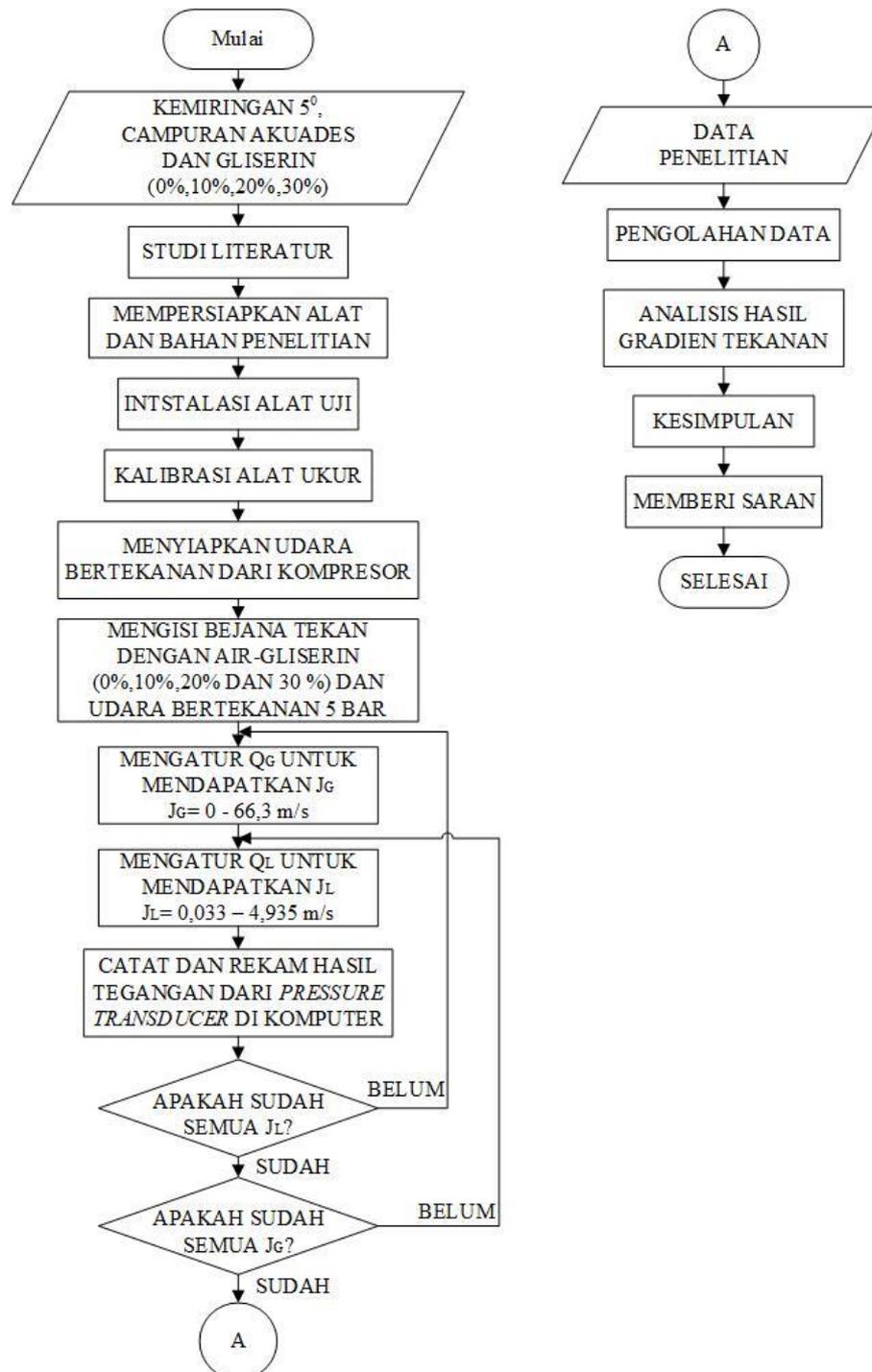
menjadi tekanan kemudian dibuat suatu grafik sebagai acuan dalam mencari *pressure drop* seperti pada gambar 3.20 di bawah ini.



Gambar 3.20 Grafik kalibrasi *pressure transducer* (validyne)

### 3.5. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan urutan seperti pada gambar 3.21 dibawah ini.



Gambar 3.21 Diagram alir penelitian

### 3.6. Jalanya Penelitian

Sebelum melakukan pengambilan data maka perlu dilakukan kalibrasi alat ukur terlebih dahulu. Alat ukur yang perlu dikalibrasi adalah *pressure transducer*. *Pressure transducer* dikalibrasi menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi statis. Setelah mendapatkan persamaan kalibrasi maka digunakan untuk mengolah data *pressure gradient*. Pada *flowmeter* cairan juga dilakukan kalibrasi menggunakan gelas ukur, walaupun sudah dikalibrasi dari pabrik.

Untuk pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dalam 4 tahap (atas dasar fluida kerjanya), yaitu udara-air, udara-air+0% gliserin, udara-air+10% gliserin, udara-air+ 20% gliserin dan udara-air+30% gliserin. Penelitian ini dilakukan menggunakan fluida kerja udara-air sesuai dengan urutan diagram alir seperti gambar 3.21.

### 3.7. Tempat Penelitian

Penelitian “Investigasi Gradien Tekanan Dua Fase Udara-Air dan Gliserin (0-30%) pada Pipa Kapiler” dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

### 3.8. Prosedur Pengambilan Data

Setelah instalasi dan bahan-bahan penelitian sudah disiapkan dan alat ukur sudah dikalibrasi selanjutnya dilakukan pengambilan data. Oleh karena itu prosedur pengambilan data dilakukan sebagai berikut:

1. Pastikan kompresor bekerja dengan baik untuk menghasilkan udara bertekanan serta dipastikan katup *out* pada kompresor tertutup semua dan tunggu tabung kompresor terisi penuh.
2. Tangki diisi dengan akuades atau campuran akuades dan gliserin dengan konsentrasi tertentu. Pada waktu pengisian dilakukan penyaringan supaya tidak ada partikel padat yang ikut dengan fluida kerja.
3. Cairan dalam tangki selanjutnya dipompakan ke bejana tekan.

4. Pada bejana tekan pastikan semua katup *out* dalam kondisi tertutup sedangkan untuk katup *in* pada bejana tekan dibuka sampai dengan tekanan udara 5 bar gage dan cairan penuh (terlihat pada indikator) atau sekitar 15 liter.
5. Katup udara menuju *mixer* ditutup.
6. Pada saat pengambilan data, temperatur air dan udara selalu diukur karena untuk menentukan massa jenis dan viskositas fluida kerja tersebut.
7. Membuka perlahan-lahan katup pada cairan out di bejana tekan sehingga cairan mengalir melewati flowmeter dengan kalibrasi tertentu dan selanjutnya cairan mengalir melintasi pipa seksi uji dengan debit ( $Q_{L1}$ ) sehingga didapat kecepatan superfisial cairan ( $J_{L1}$ ) tertentu.
8. Katup udara dibuka perlahan lahan dan didapatkan debit ( $Q_G$ ) dan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ).
9. Mengatur pasangan kecepatan superfisial udara ( $J_{G1}$ ) dan kecepatan superfisial cairan ( $J_{L1}$ ).
10. Merekam semua data dan dicatat.
11. Langkah 9 dan 10 diulang berkali-kali dengan mempertahankan  $J_L$  dan  $J_G$  dinaikan.
12. Langkah 9, 10 dan 11 dilakukan berulang kali untuk harga  $J_L$  yang lain (berangsur-angsur naik) sampai selesai (sesuai matriks penelitian).
13. Langkah 1 sampai 12 diulang dengan fluida yang lain, yaitu dengan udara-campuran air dan gliserin dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%.

Pada saat pengambilan data sekitar area/ruangan untuk penelitian harus dikondisikan sedemikian rupa supaya tidak timbul “*noise*”. Hal ini dapat dilakukan dengan:

- a. Tidak ada getaran dan suara yang timbul yang disebabkan peralatan-peralatan lain atau kegiatan lain, misalnya: kompresor, kipas angin, renovasi bangunan dan lain-lain.
- b. Ruangan diusahakan tidak menggunakan catu daya ac.

### 3.9. Analisis Visual

Dalam penelitian aliran dua fase memerlukan pengamatan visual secara langsung. Pengamatan visual yang dilakukan pada aliran dua fase bertujuan untuk mengamati data *pressure drop* dengan menggunakan komputer. Dua buah selang dipasang pada sisi *in* dan *out* di bagian seksi uji dan disambungkan ke *validyne pressure transducer*. Sensor tekanan tersebut kemudian dihubungkan dengan sebuah *amplifier* dan kemudian signal voltase keluar yang diolah menggunakan data *acquisition* dan data tekanan terbaca pada komputer. Untuk pengambilan data dilakukan selama 50 detik dengan frekuensi pencuplikan (*sampling frequency*) 1000 data/detik.