

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Tempat penelitian “Investigasi Gradien Tekanan Dua – Fase Udara – Air dan Gliserin (0 - 30%) pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan 45° Terhadap Posisi Horizontal” dilakukan di laboratorium FDM (Fenomena Dasar Mesin) gedung G6, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.2. Bahan Penelitian

1. Fluida Gas

Fluida gas dihasilkan dari kompresor yang dilengkapi *watetrap* sehingga didapatkan udara dengan kelembaban rendah. Sifat fisik dari fluida gas yang digunakan adalah massa jenis (ρ), viskositas dinamik (μ) dan viskositas kinematik (ν). Properti udara pada suhu kamar (25 °C) dan tekanan 1 atm adalah sebagai berikut :

Massa jenis (ρ)	: 1,163 kg/m ³
Viskositas dinamik (μ)	: 1,85 x 10 ⁻⁵ N.s/m ²
Viskositas kinematik (ν)	: 1,579 x 10 ⁻⁵ m ² /s

2. Fluida Cair

Untuk fluida cair menggunakan air (akuades atau *destiled water*) yang dicampur gliserin dengan persentase 0%, 10%, 20% dan 30% sebanyak 15 liter. Sifat fisik fluida cair dari campuran antara air dan gliserin adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Sifat fisik cairan

Fluida	<i>Specific gravity</i>	<i>Kinematic viscosity</i> [mm ² /s]	<i>Surface tension</i> [N/cm ²]	index
Air+0% gliserin	1,0021	0,842	71,3	GL0
Air+10% gliserin	1,0358	1,331	68,0	GL10
Air+20% gliserin	1,0619	2,315	61,9	GL20
Air+30% gliserin	1,0839	2,361	60,9	GL30

3.3. Alat Penelitian

3.3.1. Skema Penelitian

Seksi uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa kaca transparan berpenampang *acrylic* dengan diameter dalam 1,6 mm dan panjang 400 mm. Seksi uji diletakan diatas meja kayu dan digunakan untuk tempat mengalirnya fluida. Fluida cair dipompa ke bejana tekan (tangki bertekanan), kemudian melewati *flowmeter* cair sebelum mencapai seksi uji. Fluida gas dihasilkan dari kompresor yang kemudian melewati *flowmeter* udara sebelum mencapai seksi uji. Seksi uji dilengkapi dengan *optical correction box* yang berfungsi untuk menghilangkan efek cembung pada permukaan dinding pipa ketika akan diambil gambar pola alirannya berdasarkan variasi nilai kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial cair (J_L). Kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial cair (J_L) diatur menggunakan *flowmeter* yang tepat berada sebelum seksi uji. Setelah melewati *flowmeter*, fluida gas dan cair lalu memasuki *mixer*, *mixer* yang digunakan adalah tipe *mixing chamber* dengan dua saluran masuk (saling tegak lurus) dan satu saluran keluar.

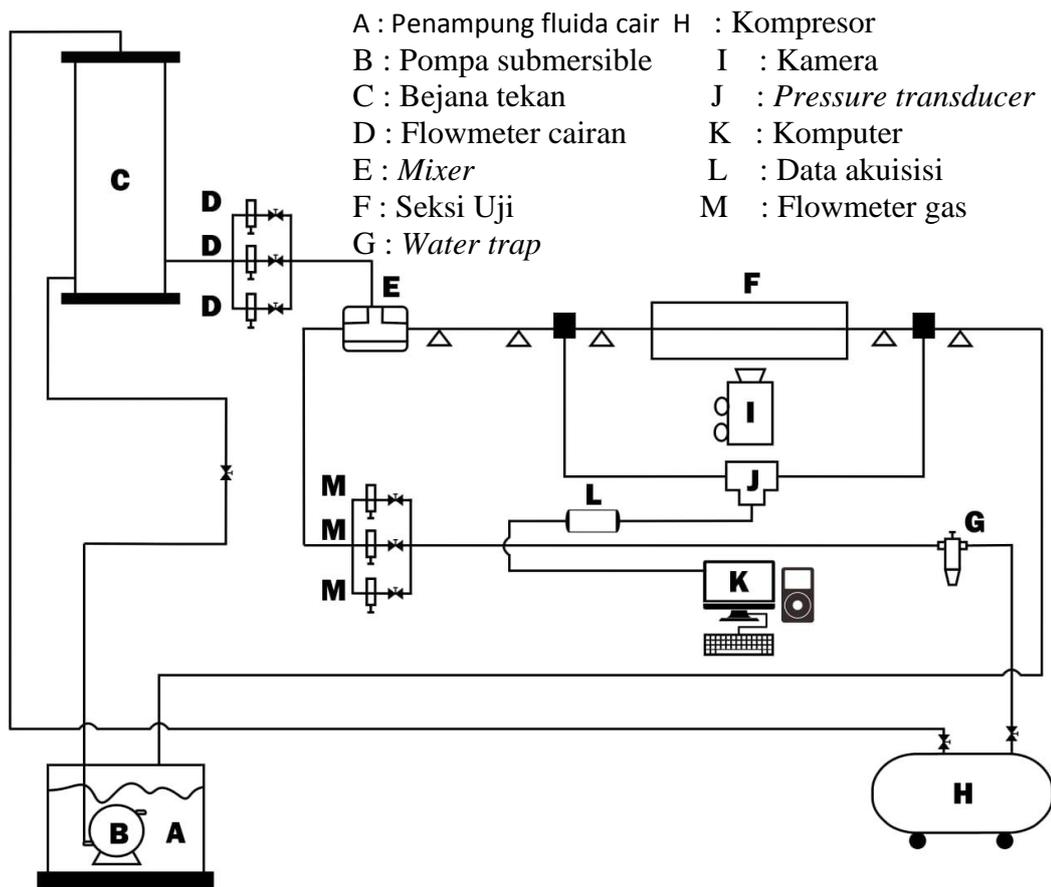
Kompresor udara berfungsi untuk menyediakan udara bertekanan ke bejana tekan dan seksi uji. Kompresor udara dilengkapi dengan *water trap* dan *air dryer* untuk memastikan bahwa yang masuk ke dalam sistem adalah udara kering

bertekanan tanpa kandungan air. Bejana tekan (tangki bertekanan) dibuat dari bahan baja antikorosi dan digunakan sebagai pompa pneumatik untuk mengalirkan cairan masuk ke dalam *mixer*.

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 $\pm 0,1 - 0,25\%$ dengan *range* 3200 psi. *Differential pressure transducer* dihubungkan dengan *tee junction* yang dipisahkan pada sisi masuk dan sisi keluar seksi uji.

Kondisi penelitian tidak terpengaruh oleh lingkungan dan dianggap tidak terjadi perpindahan panas atau biasa disebut juga kondisi adiabatik. Eksperimen dilakukan pada kecepatan superfisial gas (JG) dengan interval 0,025 – 66,3 m/s, dan kecepatan superfisial cairan (JL) dengan interval 0,033 – 4,935 m/s mengacu pada penelitian Sudarja dkk., (2016) yang melakukan penelitian mengenai gradien tekanan aliran dua fase dengan fluida kerja udara dan campuran air-gliserin sebesar 20%. Penelitian ini menggunakan pipa kaca berdiameter dalam 1,6 mm. Parameter superfisial kecepatan superfisial udara yang digunakan adalah 0,025-66,3 m/s dan kecepatan superfisial campuran 0,033-4,935 m/s.

Instalasi peralatan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 terdiri dari komponen utama: penampung fluida cair, pompa air, kompresor udara, bejana bertekanan, *test section*, *watertrap*, *mixer*, dan *konektor*. Peralatan pendukung yang digunakan dalam penelitian, antara lain: *optical correction box*, kamera, komputer, dan *acquisition system*. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian, antara lain : *flowmeter* cair, *flowmeter* udara, *pressure indicator*, dan *pressure transducer*.



Gambar 3.1. Skema instalasi penelitian

3.3.2. Aliran Fluida

a. Aliran Fluida Gas

Peralatan yang digunakan untuk aliran fluida gas dalam instalasi penelitian adalah sebagai berikut :

1. Kompresor



Gambar 3.2. Kompresor

Gambar 3.2. adalah kompresor yang digunakan dalam instalasi penelitian. Kompresor berfungsi sebagai sumber gas dalam instalasi penelitian dan penghasil tekanan untuk mengisi bejana tekan. Spesifikasi kompresor adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Spesifikasi kompresor

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Daya / Power	0,375 kW
2.	Tekanan udara	7 Kg/cm ²
3.	Kecepatan Putaran Motor Lisrik	520 rpm
4.	Kapasitas Tangki	58 liter

2. Selang

Selang udara digunakan sebagai penghantar udara dari kompresor ke dalam instalasi penelitian.

3. *Watertrap*



Gambar 3.3. *Watertrap*

Watertrap berfungsi untuk memisahkan *liquid* dan gas yang tercampur dalam kompresor, sehingga didapat udara dengan kelembaban rendah. *Watertrap* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.3. Spesifikasi *watertrap*

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	<i>Regulator Inlet and Outlet Port Size</i>	$1/4$
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. *Flowmeter* udara



(A)

(B)

(C)

Gambar 3.4. *Flowmeter* udara

Gambar 3.4. adalah *flowmeter* yang digunakan untuk mengukur debit udara yang masuk kedalam inslatasi penelitian. Spesifikasi *flowmert* udara adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4. Spesifikasi *flowmeter* Fluida 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

b. Aliran Fluida Cair

Peralatan yang digunakan untuk aliran fluida cair dalam instalasi penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pompa Fluida Cair



Gambar 3.5. Pompa fluida cair

Tabel 3.5. Spesifikasi pompa fluida cair

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Sumber daya	220 V / 240 V – 50 Hz
2.	Daya	120 W
3.	Head	5 m
4.	Kapasitas Maksimal	5500 L/H
5.	Material	Plastik

2. Selang

Selang air digunakan sebagai penghantar akuades dan gliserin ke dalam instalasi penelitian.

3. Penampung Fluida Cair



Gambar 3.6. Penampung fluida cair

Tabel 3.6. Spesifikasi penampung fluida cair

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

4. *Flowmeter Cair*



(A)

(B)

(C)

Gambar 3.7. *Flowmeter cair*

Flowmeter cair berfungsi untuk mengukur debit masuk antara campuran akuades dan gliserin ke instalasi penelitian. *Flowmeter* cair memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.7. Spesifikasi *flowmeter* cair

No.	<i>Flowmeter</i>	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>Weibroek</i>
		Jenis	<i>Glass tube flowmeter</i>
		Range	0 – 0,5 LPM
		Ketelitian	0,025 LPM
3.	C	Merek	<i>Dwyer</i>
		Jenis	<i>Glass tube flowmeter</i>
		Range	0,3785 LPM

5. Bejana Tekan



Gambar 3.8. Bejana tekan

Bejana tekan pada Gambar 3.8. digunakan membantu mengalirkan fluida cair kedalam instalasi dengan bantuan tekanan dari kompresor. Penggunaan bejana tekan sebagai pengganti pompa bertujuan untuk menghindari *pulsation*. Bejana tekan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.8. Spesifikasi bejana tekan

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

6. *Check Valve*



Gambar 3.9. *Check valve*

Check valve berfungsi sebagai pengaman dan mencegah arah balik (*backflow*) fluida dari dalam *mixer*

3.3.3. Seksi Uji

Peralatan yang digunakan pada seksi uji dalam instalasi penelitian adalah sebagai berikut :

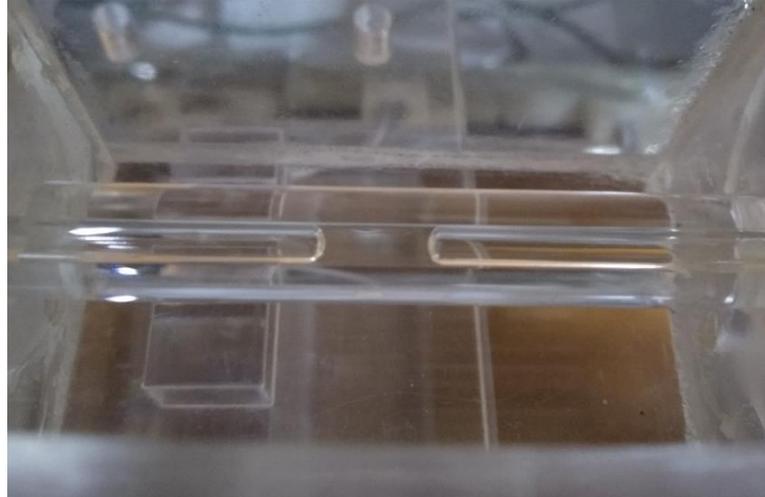
1. *Mixer*



Gambar 3.10. *Mixer*

Mixer berfungsi sebagai tempat mencampur fluida *liquid* dan gas, fluida *liquid* masuk pada arah aksial, sedangkan fluida gas masuk dengan arah radial.

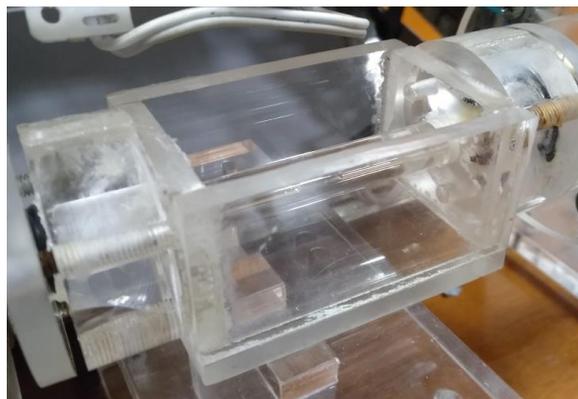
2. *Test Section*



Gambar 3.11. Pipa uji

Test section pada penelitian ini berupa pipa dengan diameter dalam 1,6 mm dan diameter luar 8 mm.

3. *Optical Correction Box*



Gambar 3.12. *Optical Correction Box*

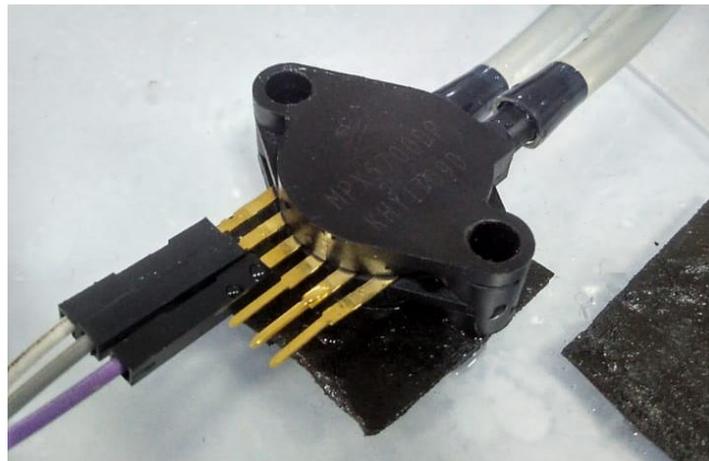
Correction box digunakan untuk menghindari pembiasan cahaya pada saat pengambilan gambar.

3.3.4 Sistem Perekaman Data

Perekaman data pada penelitian ini dilakukan secara visual dan analog menggunakan peralatan akuisisi data. Sistem perekaman data yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Pressure Transducer*

Pressure transducer pada penelitian menggunakan merek *MPX*. *Pressure transducer* berfungsi untuk mendeteksi adanya beda tekanan atau penurunan tekanan pada suatu aliran. Cara kerja *pressure transducer* yaitu dengan mengubah tegangan mekanis menjadi data analog. Gambar *MPX* yang ditunjukkan pada gambar 3.13 dan spesifikasi *pressure transducer* yang ditunjukkan pada tabel 3.9.



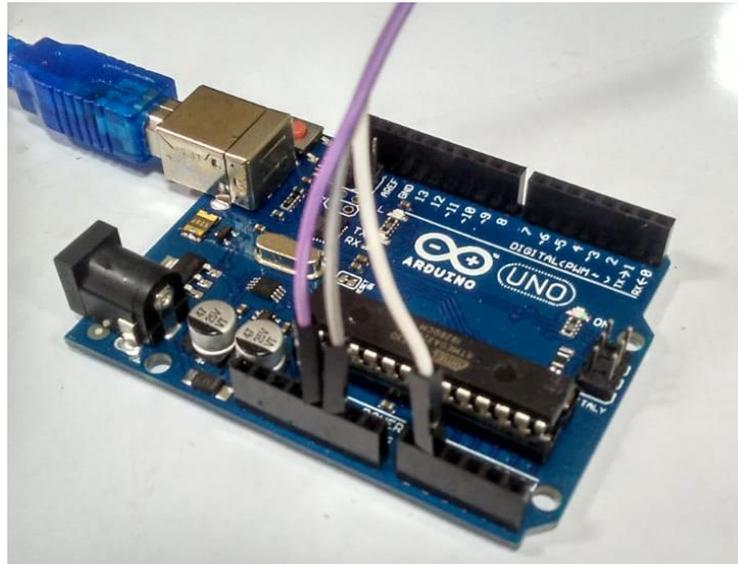
Gambar 3.13. *Pressure Transducer*

Tabel 3.9. Spesifikasi *Pressure Transducer*

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Merek	Mpx
2.	Model	5700dp
3.	Ketelitian	2,5% <i>Maximum Error</i> <i>over</i> 0 to 85 C

2. Akuisisi Data

Gambar 3.14. merupakan akuisisi data digunakan untuk mengubah data analog dari *pressure transducer* menjadi data digital dengan bantuan aplikasi pada komputer. Akuisisi data dihubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB.



Gambar 3.14. *Arduino UNO*

Tabel 3.10. Spesifikasi Data Akuisisi

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Merek	Arduino
2.	Model	Uno R3
3.	<i>Operating Voltage</i>	5 V
4.	<i>Input Voltage</i>	7 – 12V
5.	<i>Analog Input Pins</i>	6

3. Komputer

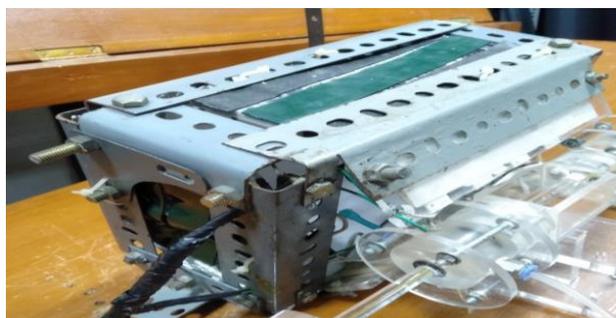


Gambar 3.15. Komputer

Gambar 3.15. adalah komputer yang digunakan dalam penelitian. Komputer digunakan untuk menampilkan bacaan akuisisi data menggunakan aplikasi Arduino.

3.3.5. Sistem Penerangan

Sistem penerangan tambahan perlu digunakan pada perekaman, karena seting kamera dengan ISO serta *shutter speed* yang tinggi diperlukan cahaya yang terang.



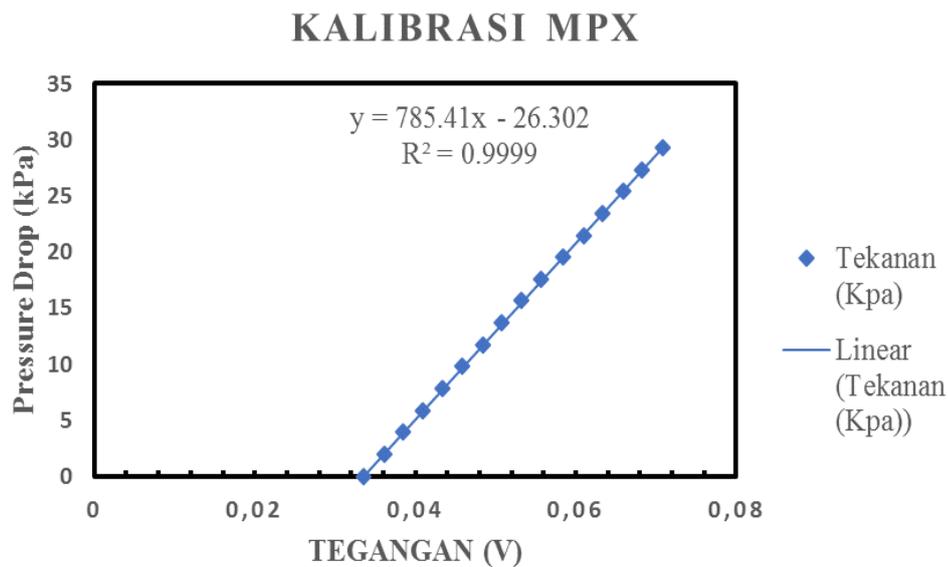
Gambar 3.16. Lampu LED

Pada Gambar 3.16. digunakan lampu LED (*light Emitting Diode*) dengan arus AC (*Alternating Current*) agar tidak menimbulkan getaran dan tidak

menimbulkan panas sehingga perubahan suhu pada seksi uji tidak terjadi. Lampu LED yang digunakan dengan daya 500 watt.

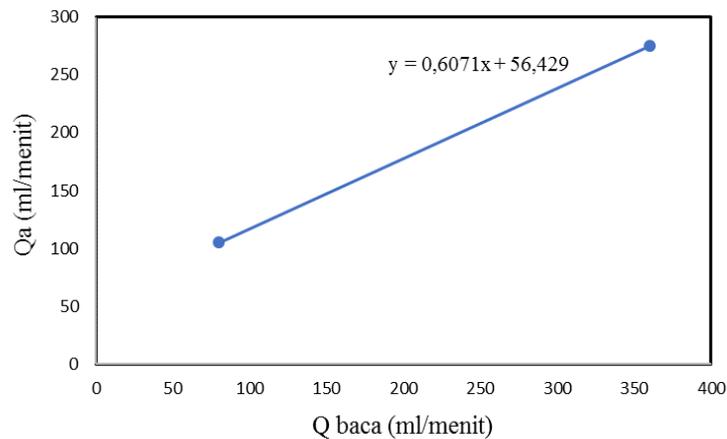
3.4. Kalibrasi Alat Ukur

Setelah instalasi alat perlu dilakukan kalibrasi pada alat ukur penelitian. Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa alat ukur memiliki nilai yang akurat dan konsisten dengan instrument lain. Alat yang dikalibrasi yaitu *pressure transducer* dan *flowmeter* cair. Kalibrasi *pressure transducer* dilakukan dengan metode manometer kolom air (manometer vertikal) pada kondisi statis. Bacaan *pressure transducer* akan dikonversi menjadi tekanan yang dibuat grafik pada gambar 3.17. sebagai acuan dalam mencari gradient tekanan.

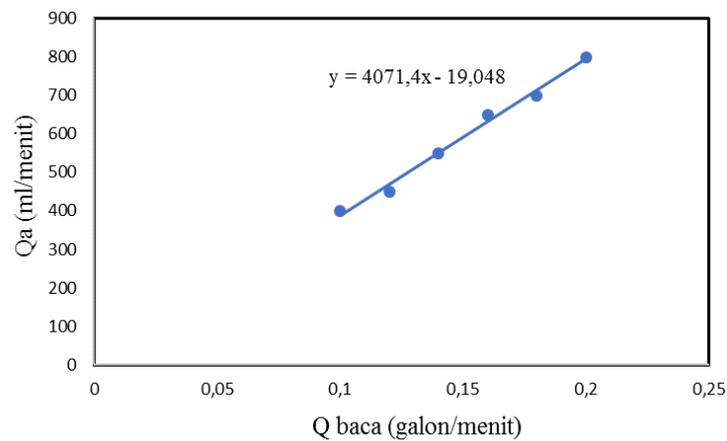


Gambar 3.17. Grafik hasil kalibrasi *pressure transducer*

Untuk kalibrasi *flowmeter* cair dilakukan dengan membandingkan debit keluaran dengan pengukuran volume fluida cair dalam waktu 1 menit yang ditampung dalam gelas ukur.



Gambar 3.18. Grafik hasil kalibrasi *flowmeter* kapasitas 0,1-0,5 ml/menit

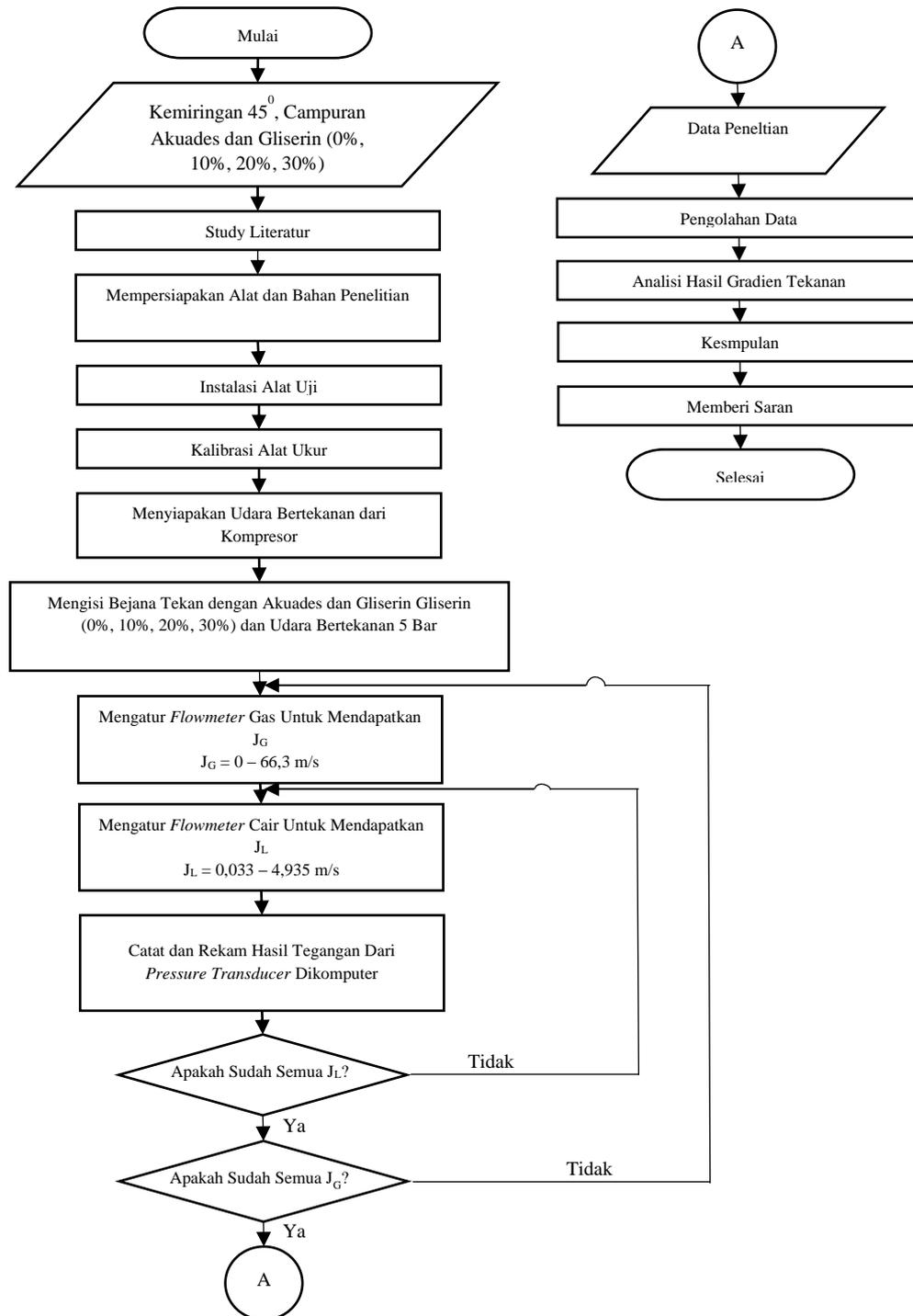


Gambar 3.19. Grafik hasil kalibrasi *flowmeter* kapasitas 1-10 ml/menit

3.5. Metode Pengujian

Metode pengujian dilakukan dengan mengalirkan campuran akuades dan gliserin dengan persentase campuran 0%, 10%, 20% dan 30% dengan udara ke seksi uji. Tahap selanjutnya, mengalirkan fluida dengan mengatur kecepatan superfisal gas (J_G) dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L) dan pada *flowmeter* gas dan cair. Melakukan pengamatan dengan komputer yang sudah terhubung dengan akuisisi data dan *pressure transducer*. Data didapatkan dari aplikasi PLX-DAQ-v2.2 dengan mengambil sebanyak 3000 data/menit.

3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.20. Diagram alir penelitian

3.7. Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian dilakukan setelah instalasi dan bahan disiapkan. Berikut adalah prosedur dalam pengambilan data :

1. Fluida cair berupa campuran akuades dan gliserin dengan persentase campuran tertentu diisikan kedalam penampungan fluida cair sebanyak 15 liter.
2. Pastikan semua katup *out* air pada bejana tekan pada kondisi tertutup.
3. Campuran fluida dipompa kedalam bejana tekan.
4. Bejana tekan diisi dengan udara dengan bantuan kompresor hingga mencapai tekanan 5 bar.
5. Memasang selang yang sudah terisi fluida cair (akuades) dari *pressure transducer* ke *flens* pada seksi uji. Pastikan selang tersebut tidak terdapat gelembung udara.
6. Menghubungkan akuisisi data ke komputer.
7. Membuka aplikasi MPX yang digunakan sebagai bacaan *pressure transducer*.
8. Membuka katup *out* pada kompresor yang digunakan sebagai sumber fluida gas dalam instalasi penelitian.
9. Mengatur *flowmeter* cair dan udara sesuai dengan kecepatan superfisal gas (J_G) dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L) yang sudah ditentukan.
10. Menunggu hingga aliran dua fase pada kondisi *steady*.
11. Menjalankan aplikasi MPX untuk merekam data.
12. Langkah 1 sampai 11 diulang dengan persentase campuran akuades dan gliserin 0%. 10%, 20% dan 30%.

3.8. Analisis Visual

Dalam penelitian ini memerlukan pengamatan secara langsung. Untuk mendapatkan *pressure drop*. Selang yang terpasang pada *flens* dan terhubung dengan *pressure transducer* akan menghasilkan signal voltase. Voltase akan diolah oleh akuisisi data dan ditampilkan pada komputer. Untuk pengambilan data dilakukan selama 1 menit dengan *sampling frequency* 3000 data/menit.