

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Fluida gas

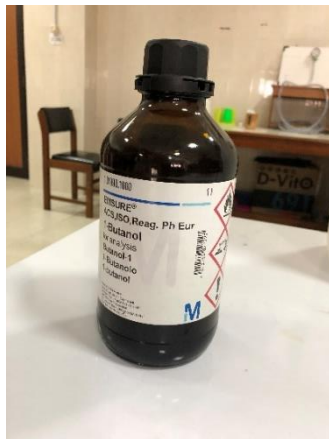
Pada penelitian ini fluida gas yang digunakan adalah fluida gas yang mempunyai kelembaban rendah yang dihasilkan dari kompressor udara berkapasitas kecil yang dilengkapi dengan *watertrap*. Sifat fisik udara yang ditunjukkan pada tabel 3.1. yang digunakan pada kondisi temperature ruangan, yaitu 25^0 , dan tekanan 1 atmosfer adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Sifat fisik fluida gas

NO	Spesifikasi	Keterangan
1	Massa jenis (ρ)	1,163 kg/m ³
2	Viskositas dinamik (μ)	$1,8573 \times 10^{-5}$ kg/(m.s)
3	Viskositas kinematik (ν)	$1,5797 \times 10^{-5}$ m ² /s

2. Fluida cair

Fluida cair yang digunakan pada penelitian ini merupakan campuran antara akuades dan butanol dengan konsentrasi 3% yang pompa ke dalam bejana tekan.



(a)



(b)

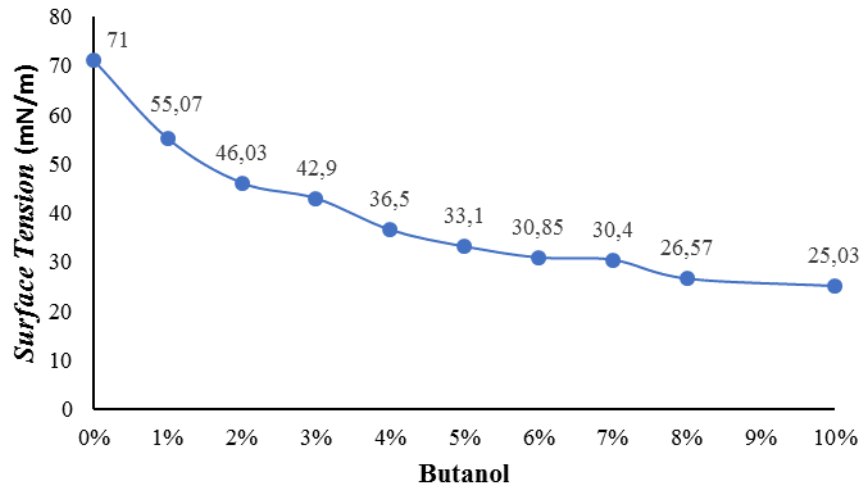
Gambar 3.1. Cairan (a) butanol dan (b) akuades

Cairan butanol dan akuades yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dan sifat fisik pada campuran fluida yang ditunjukkan pada tabel 3.1. sebagai berikut :

Tabel 3.2. Sifat fisik cairan (Hasil Uji Laboratorium Thermal UGM)

Fluida %	Surface Tension [mN/m]
Aquades	71.00
Akuades + 1% Butanol	55.07
Akuades + 2% Butanol	46.03
Akuades + 3% Butanol	42.9
Akuades + 4% Butanol	36.50
Akuades + 5% Butanol	33.10
Akuades + 6% Butanol	30.85
Akuades + 7% Butanol	30.4
Akuades + 8% Butanol	26.57
Akuades + 10% Butanol	25.03
Butanol	24.37

Pada penelitian ini menggunakan campuran akuades dan butanol 3% yang mengalami penurunan nilai *surface tension* sebesar 42,9 mN/m yang dapat dilihat pada gambar 3.2.

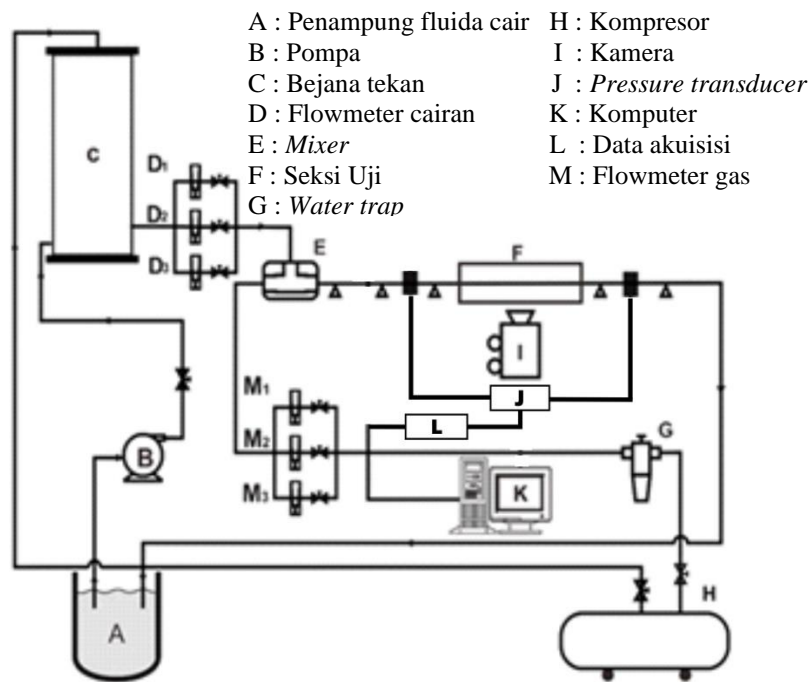


Gambar 3.2. Grafik perbandingan *surface tension* terhadap persentase butanol

3.2. Alat Penelitian

3.2.1. Skema Alat yang Digunakan

Instalasi peralatan yang ditunjukkan pada gambar 3.3. digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu tangki air, pompa air, kompresor udara, bejana bertekanan, *mixer*, *test section*, konektor dan *separator*. Peralatan yang mendukung dalam penelitian ini antara lain: kamera, *amplifier*, komputer, *optical correction box*, *acquisition system*, dan *video processing system*. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : Mpx, *Arduino UNO*, *temperature indicator*, *pressure indicator*, flowmeter udara, flowmeter air, dan *thermocouple*.



Gambar 3.3. Skema Instalasi Penelitian

3.2.2. Aliran Fluida Udara

Peralatan yang digunakan untuk mengalirkan udara selama proses pengujian adalah sebagai berikut :

1. Kompresor



Gambar 3.4. Kompresor

Ditunjukkan pada gambar 3.4. adalah kompresor yang berfungsi untuk mengisi udara bersih bertekanan tinggi untuk mengisi bejana bertekanan. Spesifikasi kompresor yang ditunjukkan pada tabel 3.3. sebagai berikut :

Tabel 3.3. Spesifikasi kompresor

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tekanan udara	7 kg/cm ²
2	Daya / Power	0,37 kW
3	Tipe	LVU-012
4	Kecepatan putaran mesin	520 rpm
5	Kapasitas tangki	8 Liter

2. Selang

Selang berfungsi untuk mengalirkan fluida gas dari kompresor ke regulator dan *flowmeter* gas hingga ke saluran pipa.

3. Watertrap

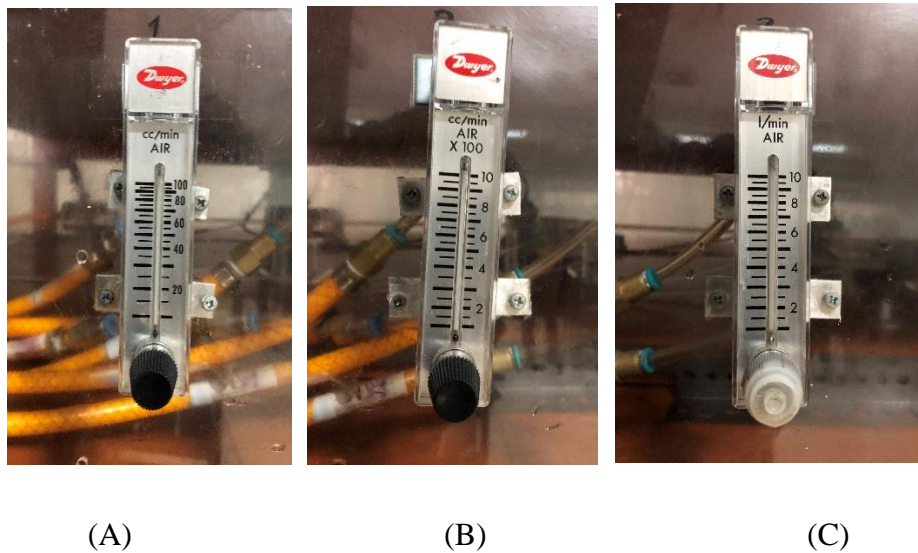


Gambar 3.5. Watertrap

Watertrap yang ditunjukkan pada gambar 3.5. digunakan untuk mengatur tekanan udara yang diinginkan dan memisahkan udara dan air sehingga udara dan air yang masuk dari kompresor ke *pressure tank* menjadi steril dan konsentrasi butanol tidak terganggu karena adanya cairan yang dibawa oleh udara. *Watertrap* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.4. Spesifikasi *watertrap*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Regulator Inlet and outlet Port Size</i>	1/4
2	<i>Max. Pressure of the Regulator</i>	1455 PSI
3	<i>Range</i>	0 - 145 PSI
4	<i>Max. Temp</i>	1.0 Mpa

4. *Flowmeter* udaraGambar 3.6. *Flowmeter* Udara

Gambar 3.6. menunjukkan *Flowmeter* udara digunakan untuk mengukur debit aliran fluida udara yang masuk ke *mixer*, dan mengukur kecepatan *superfisial* udara atau gas. Berikut spesifikasi *flowmeter* udara yang ditunjukkan pada tabel 3.5. sebagai berikut:

Tabel 3.5. Spesifikasi *flowmeter* udara

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

3.2.3. Aliran Fluida Air

Peralatan yang digunakan untuk mengalirkan fluida cair selama proses pengujian adalah sebagian berikut :

1. Penampung Fluida cair



Gambar 3.7. Penampung fluida cair

Gambar 3.7. menunjukkan penampung fluida cair digunakan untuk menampung fluida cair lalu dipompakan ke bejana bertekanan dan digunakan lagi sebagai penampung setelah melewati seksi uji. Ditunjukkan pada tabel 3.6. yaitu spesifikasi penampung fluida cair sebagai berikut :

Tabel 3.6. Spesifikasi penampung fluida cair

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Panjang	48 cm
2	Lebar	25 cm
3	Tinggi	30 cm
4	Volume	27 liter

2. Pompa Air



Gambar 3.8. Pompa air

Pompa air yang ditunjukkan pada gambar 3.8. digunakan untuk memompa fluida menuju bejana bertekanan. Berikut spesifikasi pompa air yang ditunjukkan pada tabel 3.7. sebagai berikut :

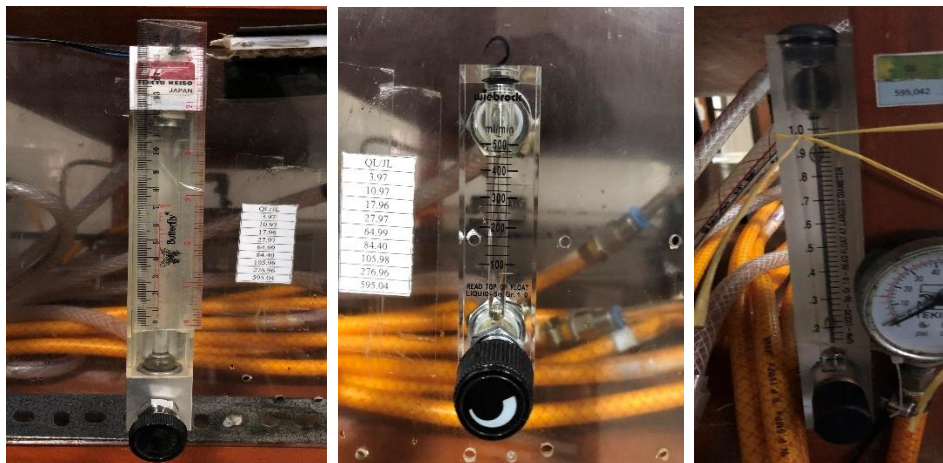
Tabel 3.7. Spesifikasi pompa air

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Daya	120 W
2	Kapasitas Max	5500 L/H
3	Berat pompa	2 kg
4	<i>Voltage</i>	220V/240V-50Hz

3. Selang pompa

Selang pompa berfungsi untuk mengalirkan Fluida cair dari penampung fluida menuju bejana bertekanan.

4. *Flowmeter* air



(A)

(B)

(C)

Gambar 3.9. *Flowmeter* air

Gambar 3.9. menunjukkan *flowmeter* air alat digunakan untuk mengukur debit campuran fluida air dan butanol yang masuk ke *mixer*, dan dapat mengukur

kecepatan *superfisial* air. Spesifikasi *flowmeter* air yang ditunjukkan pada tabel 3.8. sebagai berikut :

Tabel 3.8. Spesifikasi *flowmeter* air

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>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 3.10. Bejana Tekan

Bejana tekan ditunjukkan pada gambar 3.10. digunakan untuk menampung campuran air dan butanol kemudian mendapatkan tekanan oleh udara sehingga

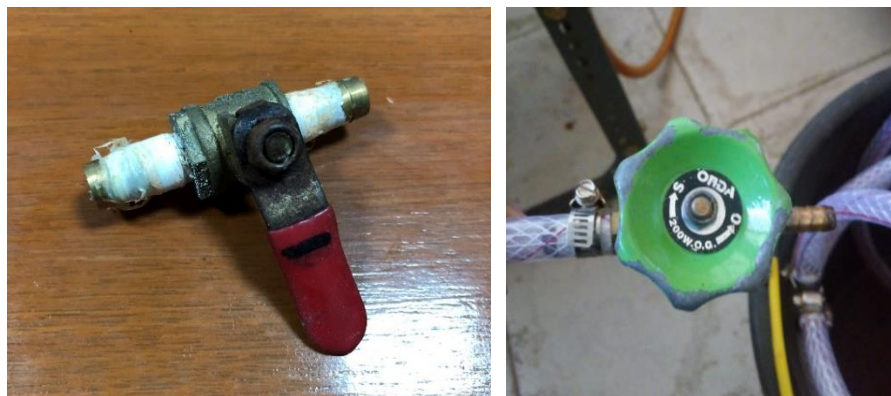
campuran air dan butanol mengalir ke *flowmeter* air lalu di alirkan ke seksi uji. Alat ini terbuat dari *stainless steel* yang anti karat. Spesifikasi bejana tekan yang ditunjukkan pada tabel 3.9. sebagai berikut

Tabel 3.9. Spesifikasi bejana tekan

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Diameter	22 cm
2	Tinggi	100 cm
3	Teabal Plat	0,4 cm
4	Volume	38 Liter

6. Gate valve

Pada gambar 3.11. *gate valve* berfungsi untuk mengatur laju aliran fluida cair ataupun fluida gas lalu fluida tersebut masuk kedalam *liquid flowmeter*.



Gambar 3.11. Gate Valve

7. Check valve

Ditunjukkan gambar 3.12. *check valve* mempunyai fungsi untuk mengukur laju aliran fluida yang hanya mengalir ke satu arah dan mencegah berbalik arah, prinsip kerjanya yaitu ketika fluida mengalir melewati *check valve* fluida tersebut tidak dapat kembali ke saluran sebelumnya.

Gambar 3.12. *Check Valve*

3.2.4. Peralatan Pengambilan Gambar

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan gambar dan video adalah sebagai berikut :

1. Kamera



Gambar 3.13. Kamera

Gambar 3.13. menunjukkan kamera yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengambil *slow motion video* dengan pengaturan kamera yang ditunjukkan pada tabel 3.10. sebagai berikut :

Tabel 3.10. Spesifikasi kamera

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Kecepatan perekaman	<i>Min = 30 second Max = 1/16000 second</i>
2	<i>Shutter speed</i>	1250-6400
3	<i>ISO sensivity</i>	Auto, ISO 160-12800
4	<i>Resolution</i>	1920 x 10880 (60p, 30p)
5	Tipe	Nikon 1 J4

2. Tripod

Tripod digunakan untuk meletakkan kamera agar gambar yang di dapat stabil atau fokus.

3.2.5. Seksi Uji

Seksi uji pipa transparan berpenampang lingkaran terbuat dari bahan kaca (*glass*). Pipa yang digunakan berdiameter 1,6 mm dengan panjang 400 mm (jarak antara *inlet* dan *outlet*) seksi uji dipasang horizontal dan pada ujung-ujungnya dihubungkan dengan konektor. Peralatan yang digunakan dalam seksi uji ini adalah sebagai berikut:

1. *Mixer*

Mixer ditunjukkan gambar 3.14. digunakan untuk mencampur fluida cair dan fluida gas. Pemasangan selang untuk mengalirkan fluida cair dilakukan pada arah radial sedangkan aliran fluida gas pada arah aksial.



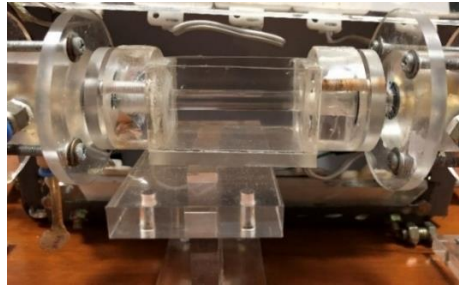
Gambar 3.14. *Mixer*

2. *Flens*

Flens adalah sambungan pipa kaca yang berfungsi sebagai penyambung pipa satu dengan yang lain agar sambungan pipa tidak mengalami kebocoran.

3. *Test section*

Gambar 3.15. menunjukkan *test section* digunakan dalam seksi uji berupa pipa yang terbuat dari kaca berdiameter 1,6 mm dan panjang seksi uji 130 mm.



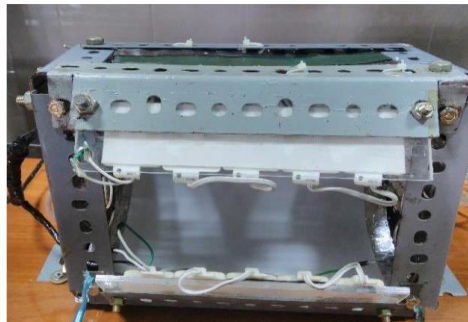
Gambar 3.15. Test Section

4. *Correction box*

Correction box digunakan sebagai tempat pengambilan gambar agar tidak terjadi pembiasan pada hasil yang diambil.

5. Lampu LED

Lampu LED berfungsi untuk menambah penerangan agar gambar video pola aliran yang di ambil terlihat lebih jelas.



Gambar 3.16. Lampu LED

Pada gambar 3.16. digunakan lampu LED dengan arus AC supaya tidak menimbulkan panas sehingga perubahan suhu pada seksi uji tidak terjadi.

6. *Pressure Transducer*



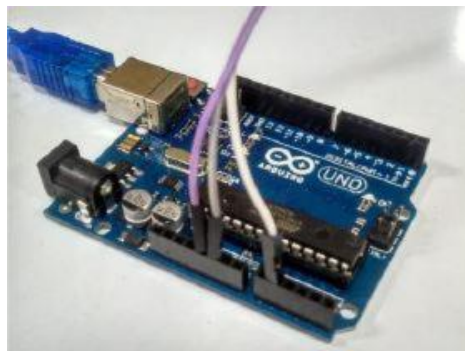
Gambar 3.17. *Pressure Transducer*

Pressure Transducer ditunjukkan pada gambar 3.17. berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur beda tekanan atau penurunan tekanan antara input dengan output yang disebut dengan *pressure drop* jika ada aliran fluida yang masuk maka *pressure transducer* akan tertekan kemudian diteruskan ke akuisisi data. Spesifikasi *pressure Transducer* yang ditunjukkan pada tabel 3.11. sebagai berikut:

Tabel 3.11. Spesifikasi *pressure transducer*

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

7. Akuisisi Data



Gambar 3.18. Arduino UNO

Gambar 3.18. menunjukkan akuisisi Data merupakan pengendali *mikro single-board* yang bersifat sumber terbuka untuk mengubah data analog menjadi data digital agar data bisa diolah dan direkam kedalam perangkat komputer melalui *software* yang sudah terinstal di komputer. Pada saat melakukan penelitian arduino akan tetap terhubung karena sebagai penghubung antara sensor tekanan fluida *pressure Transducer* ke perangkat komputer. Sedangkan untuk menampilkan grafiknya data yang sudah terbaca oleh *software* akan diolah dengan microsoft excel. Spesifikasi akuisisi data yang ditunjukkan pada tabel 3.12. sebagai berikut :

Tabel 3.12. Spesifikasi akuisisi data

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

8. Komputer

Komputer yang ditunjukkan gambar 3.19. digunakan untuk membaca data *pressure drop* yang direkam oleh mpx kemudian masuk ke arduino uno dan selanjutnya dihubungkan ke komputer. Disitu data akan terbaca pada *software* yang dinamakan data loger.



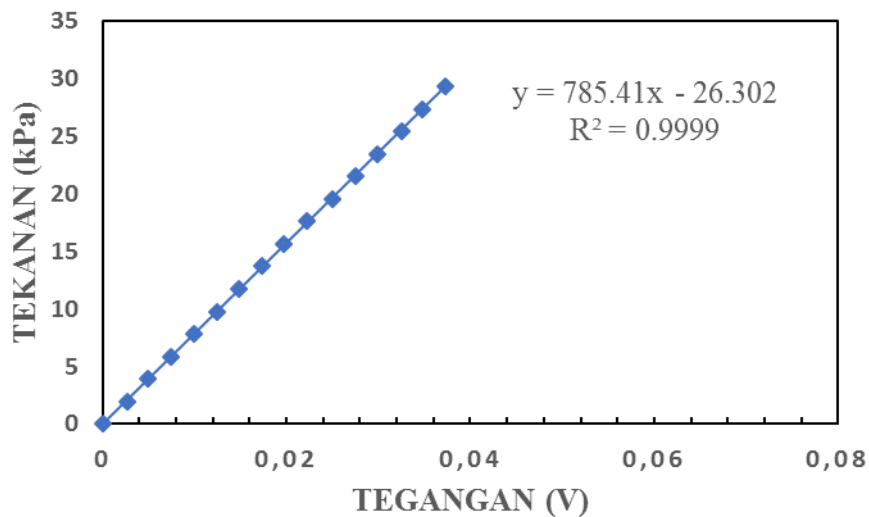
Gambar 3.19. Komputer

3.3. Tempat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran Dua Fase Udara-Akuades Dan Butanol 3% Pada Saluran Kecil Posisi Kemiringan 30⁰” dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin (FDM) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

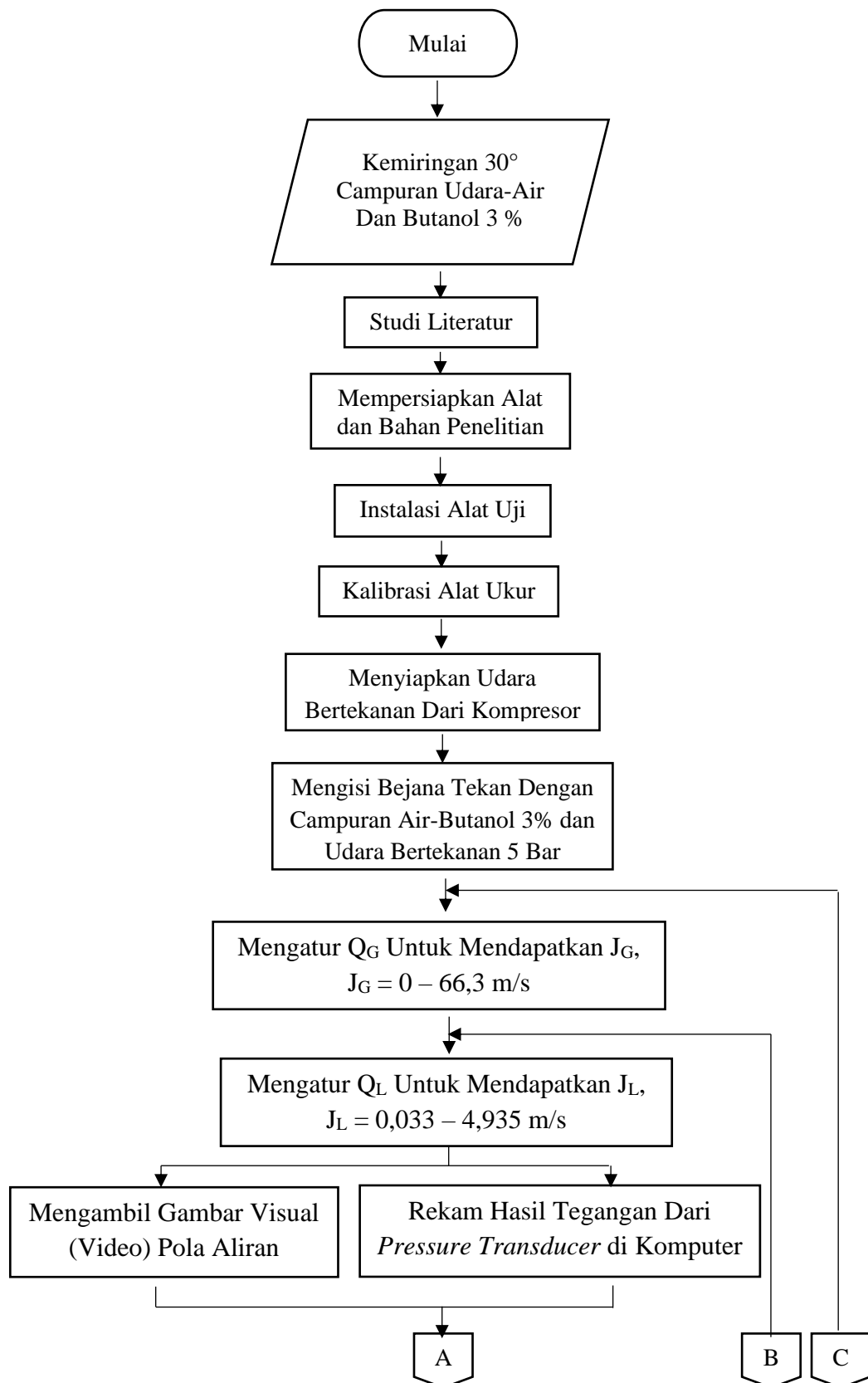
3.4. Kalibrasi Alat Ukur

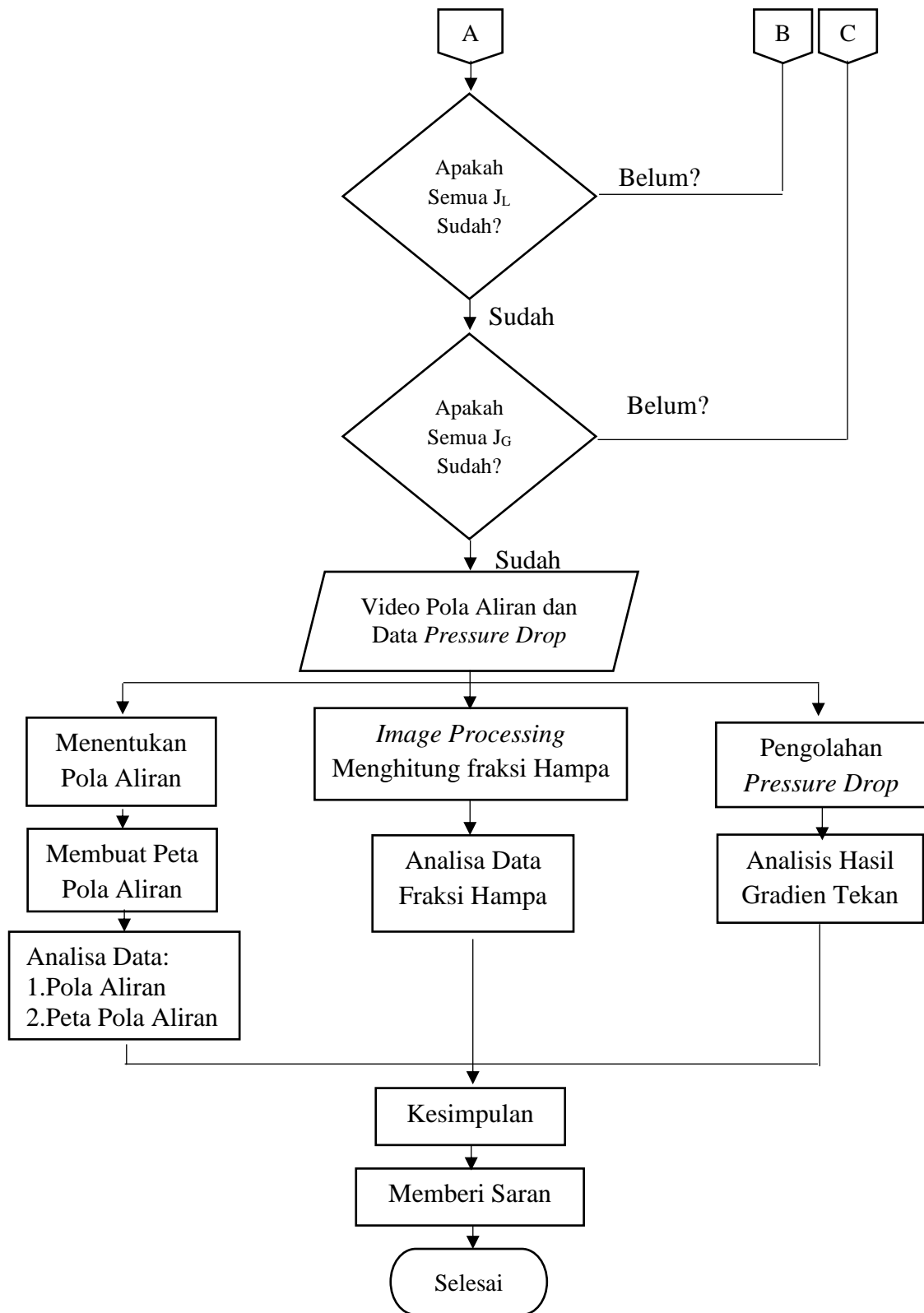
Kalibrasi pada alat ukur diperlukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang akan dilakukan akurat dan konsisten maka sebelum penelitian dilakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap alat ukur. Adapun alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah *flowmeter* dan *pressure transducer*. Kalibrasi *flowmeter* dilakukan dengan mengalirkan fluida cair dengan rentang waktu 1 menit dan dibandingkan dengan *flowmeter* terukur dengan volume air yang berada pada gelas ukur sedangkan kalibrasi *pressure transducer* dilakukan dengan menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi yang stastis. Tegangan keluaran yang dihasilkan dari *pressure transducer* di konversi dalam bentuk tekanan terukur pada manometer vertikal kemudian tegangan di konversi menjadi tekanan setelah itu dibuat grafik yang berguna sebagai acuan dalam mencari *pressure drop* yang ditunjukkan pada gambar 3.20.



Gambar 3.20. Grafik Kalibrasi *Pressure Transducer*

3.5. Metoda Pengujian





Gambar 3.21. Diagram Alir Penelitian

3.6. Jalannya Penelitian

Sebelum dilakukannya pengambilan data alat ukur harus di kalibrasi terlebih dahulu. Alat ukur yang perlu dikalibrasi yaitu *MPX* alat ini dikalibrasi menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi statis. Dari hasil kalibrasi akan didapatkan persamaan kalibrasi yang digunakan dalam pengolahan data *pressure gradient*. *Flowmeter* cair juga dikalibrasi walaupun sudah ada kalibrasi dari pabrik pembuatannya berupa tabel kalibrasi, *flowmeter* dikalibrasi dengan cara mengalirkan fluida cair dengan waktu 1 menit dan dibandingkan dengan *flowmeter* terukur dengan volume air berada pada gelas ukur.

3.7. Penggunaan Akuades dan Butanol

Pada penelitian ini menggunakan campuran akuades dan butanol 3% sebanyak 15 liter yang ditampung pada bejana tekan. Perhitungan penggunaan butanol dan akuades pada penelitian ini sebagai berikut :

$$\text{Akuades} = \frac{97}{100} \cdot 15 = 14,55 \text{ Litter}$$

$$\text{Butanol} = \frac{3}{100} \cdot 15 = 0,45 \text{ Litter}$$

Dari hasil pencampuran akuades sebanyak 14,55 liter dan butanol sebanyak 0,45 liter maka total hasil pencampuran akuades dan butanol sebanyak 15 liter yang akan ditampung di bejana tekan.

3.8. Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan beberapa tahapan seperti instalasi alat dan bahan sudah siap digunakan, alat ukuran yang akan digunakan telah dikalibrasi maka penelitian dapat dilakukan. Proses penelitian memiliki beberapa prosedur untuk pengambilan data sebagai berikut :

1. Pipa uji dipasang dengan kemiringan 30^0 secara horizontal pada instalasi *test section*.

2. Pastikan katup keluaran gas maupun liquid dalam kondisi tertutup sedangkan katup masuk gas dan liquid di bejana tekan terbuka.
3. Tangki air diisi dengan campuran aquades dan butanol dengan konsentrasi 3 %. Sebelum proses pengisian sebaiknya dilakukan penyaringan agar fluida tidak tercampur dengan partikel padat.
4. Kemudian air yang di dalam tangki air dipompa ke bejana tekan. Volume fluida dalam bejana tekan sekitar 15 liter.
5. Alirkan udara bertekanan dari kompresor yang sebelumnya telah diisi ke dalam bejana tekan sekitar 5 bar.
6. Katup udara menuju *mixer* ditutup.
7. Membuka perlahan-lahan katup pada cairan keluar di bejana tekan sehingga cairan mengalir melewati flowmeter dengan kalibrasi tertentu kemudia cairan mengalir melewati pipa seksi uji dengan debit (Q_L) sehingga didapat kecepatan superfisial cairan (J_L) 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_G) dan kecepatan superfisial cairan (J_L).
10. Merekam semua data yang telah didapatkan.
11. Langkah 9 dan 10 dilakukan secara berulang-ulang dengan mempertahankan J_L dan J_G dinaikan.
12. Langkah 9, 10 dan 11 dilakukan secara berulang-ulang untuk harga J_L yang lain (berangsur-angsur naik) sampai selesai (sesuai matriks penelitian).

Pada proses pengambilan data sebaiknya area yang digunakan untuk melaksanakan penelitian harus dikondisikan supaya tidak timbul “*noise*” pada saat pengambilan data. Hal yang dilakukan adalah :

1. Tidak ada gangguan berupa getaran maupun suara yang ditimbulkan oleh alat lain atau kegiatan lain, misalnya : kipas angin, kompresor, dan pendingin ruangan.
2. Tidak menggunakan catu daya AC.

3.9. Pengolahan Data dan Analisis Hasil

3.9.1. Pola Aliran

Data yang diperoleh dari pengujian berupa video yang didapat dari kamera berkecepatan tinggi. Dari hasil video yang berhasil terekam pada kamera kemudian hasil video diamati sehingga dapat ditentukan jenis pola alirannya. Kemudian pola aliran yang berhasil diamati didistribusikan ke dalam peta pola aliran sesuai dengan nilai kecepatan superfisialnya.

3.9.2. Fraksi Hampa

Video yang telah direkam dengan menggunakan kamera dengan kecepatan 1200 fps dipindah ke komputer. Masing-masing video tersebut kemudian diberi garis hitam pada sisi kanan dan sisi kiri *software* AVS video editor untuk memudahkan MATLAB dalam membaca nilai fraksi hampa. Setelah semua video diberi garis hitam di sisi kanan dan sisi kiri, video tersebut dipecah menjadi gambar-gambar menggunakan *software* Virtual Dub. Gambar-gambar tersebut kemudian diolah menggunakan *software* MATLAB.

3.9.3. Gradien Tekanan

Untuk mengukur pressure drop, digunakan sensor beda tekanan berupa pressure transducer dari MPX sytem yang dihubungkan dengan sisi masuk dan sisi keluar seksi uji. Data yang didapatkan dari sensor tersebut masih berupa data analog. Untuk mengubah data analog menjadi data digital digunakan akuisisi data dari arduino UNO. Sebelum digunakan sensor beda tekanan dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan manometer vertikal pada kondisi statis.