

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian tentang Kajian eksperimental karakteristik aliran dua fasa udara-air 7% butanol pada pipa kecil posisi miring 30° dilaksanakan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin (FDM), Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.2. Bahan Penelitian

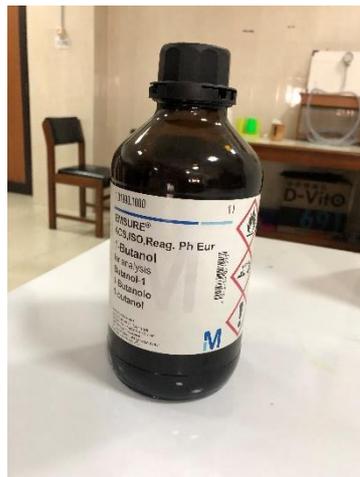
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Fluida gas.

Fluida gas yang digunakan yaitu udara dengan kelembapan yang rendah. Udara didapatkan dari kompresor berkapasitas kecil dan dilengkapi dengan *water trap*.

2. Fluida cair

Fluida cair yang digunakan yaitu campuran akuades dan butanol dengan konsentrasi 7% yang kemudian dipompa ke bejana tekan. Campuran cairan butanol dan akuades yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



(a)



(b)

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

Tabel 3.1 Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Thermal UGM)

Fluida %	SurfaceTension [mN/m]	Index
Aquades	71.00	A
Aquades + 1% Butanol	55.07	B1
Aquades + 2% Butanol	46.03	B2
Aquades + 3% Butanol	42.9	B3
Aquades + 4% Butanol	36.50	B4
Aquades + 5% Butanol	33.10	B5
Aquades + 6% Butanol	30.85	B6
Aquades + 7% Butanol	30.4	B7
Aquades + 8% Butanol	26.57	B8
Aquades + 10% Butanol	25.03	B10
Aquades + 100% Butanol	24.37	B100

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 diletakkan 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.

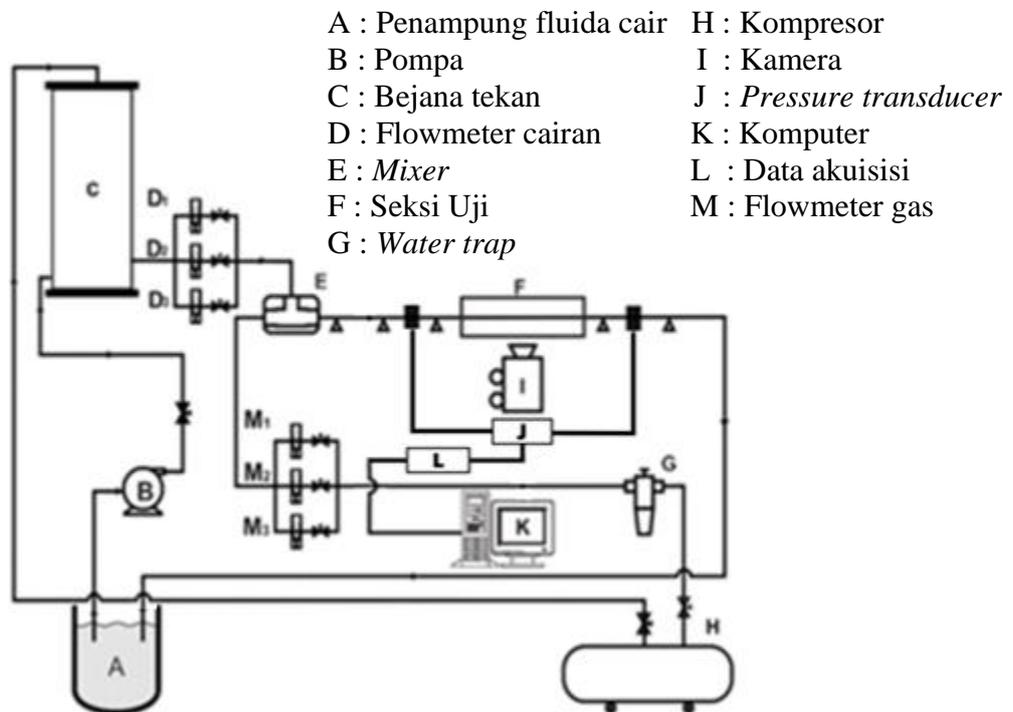
Kompresor udara berfungsi untuk menyediakan udara bertekanan ke bejana tekan dan seksi uji. Kompresor udara dilengkapi dengan *water trap* dan *air dryer* untuk memastikan bahwa yang masuk ke dalam sistem adalah udara kering bertekanan tanpa kandungan air. Bejana tekan (tangki bertekanan) dibuat dari 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.

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 (JG) dengan interval 0,025 – 66,3 m/s, dan kecepatan superfisial cairan (JL) dengan interval 0,033 – 4,935 m/s.

Instalasi peralatan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.2 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 3.2 Skema instalasi penelitian

3.3.2. Aliran Fluida Cair

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

1. Sebuah bak penampung akuades dan butanol yang digunakan untuk menampung fluida cair lalu dipompakan ke bejana bertekanan dan digunakan lagi sebagai penampung setelah melewati seksi uji.



Gambar 3.3 Penampung Fluida Cair

Tabel 3.2 Spesifikasi Penampung Akuades dan Butanol

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

1. Pompa air jenis celup berbahan dasar plastik yang cocok untuk menghindari adanya reaksi kimia dengan fluida cair. Seperti yang ditunjukkan Gambar 3.4 dan spesifikasi pompa yang ditunjukkan pada tabel 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.4 Pompa Air

Tabel 3.3 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

2. Bejana bertekanan yang dibuat dari *stainless steel* dan digunakan sebagai pompa pneumatik untuk mengalirkan cairan ke dalam *mixer* seperti yang dilihat pada Gambar 3.5 dan spesifikasi bejana pada tabel 3.4.



Gambar 3.5 Bejana Tekan

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

3. Selang pompa berfungsi untuk mengalirkan Fluida cair dari penampung fluida menuju bejana bertekanan.
4. *Flowmeter* cairan yang digunakan berjumlah 3 buah masing-masing memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu 0,001-0,1 mL/menit; 0,1-0,5 mL/menit dan 0,3785-3,785 mL/menit. Gambar 3.6 menunjukkan *flowmeter* yang digunakan.



(a)

(b)

(c)

Gambar 3.6 *Flowmeter* cair (a) 0,001-0,1 mL/menit (b) 0,1-0,5 mL/menit
(c) 0,3785-3,785 mL/menit

5. *Gate valve* yang digunakan untuk mengatur laju aliran fluida sebelum mengalir ke *flowmeter*. Seperti dibawah ini Gambar 3.7 adalah jenis *gate valve* yang digunakan.



Gambar 3.7 *Gate Valve*

6. *Check valve* pada umumnya mencegah laju aliran fluida berbalik arah. Pada prinsipnya ketika suatu fluida bertekanan rendah menggunakan *check valve* maka saat bertemu fluida dengan tekanan yang lebih besar fluida ini tak akan berbalik arah karena beda tekanan. Gambar 3.8 menunjukkan *check valve* yang digunakan.



Gambar 3.8 *Check Valve*

3.3.3. Aliran Fluida Gas

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

1. Kompresor yang berfungsi untuk mengisi udara bersih bertekanan tinggi untuk mengisi bejana bertekanan. Gambar 3.9 menunjukkan kompresor dan tabel 3.5 menunjukkan spesifikasi kompresor sebagai berikut :



Gambar 3.9 Kompresor

Tabel 3.5 Spesifikasi kompresor

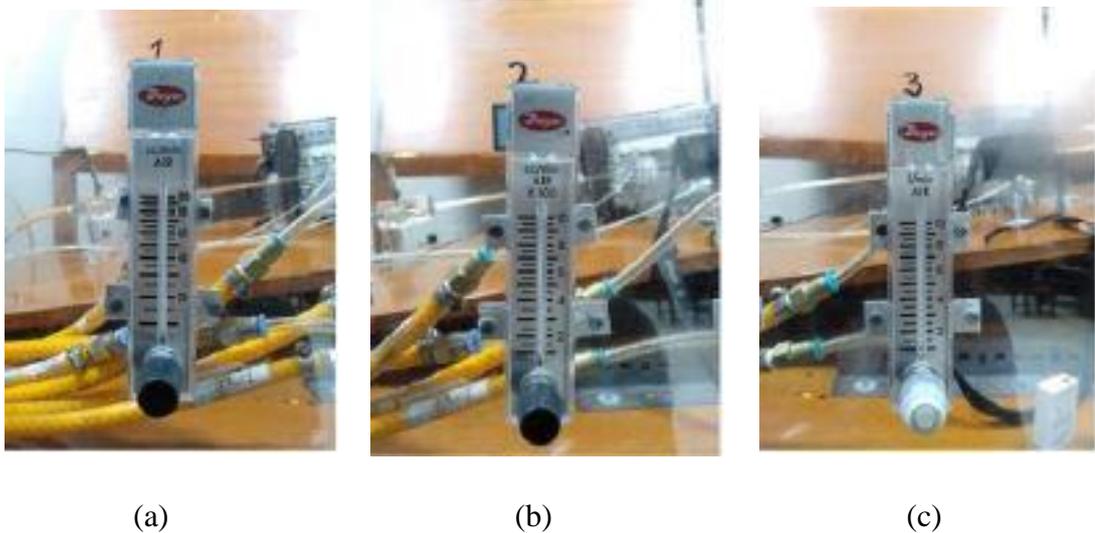
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tekanan udara	7 kg/cm ²
2	Daya / Power	0,37 kW
3	Tipe	LVU-012
4	Kecepatan putaran mesin	520 rpm
5	Kapasitas tangki	8 Liter

2. *Watertrap* yang 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.

Gambar 3.10 *Watertrap*

3. Selang digunakan untuk mengalirkan udara dari kompresor menuju bejana tekan dan *flowmeter* gas.

4. Pada penelitian ini menggunakan 3 *flowmeter* udara dengan kapasitas (0,01-0,1 L/menit, 0,1-1 L/menit, dan 1-10 L/menit). Digunakan untuk mengukur debit aliran fluida udara yang masuk ke *mixer*, dan mengukur kecepatan *superfisial* udara atau gas.



Gambar 3.11 *Flowmeter* Udara (a) 0,01-0,1 L/menit (b) 0,1-1 L/menit
(c) 1-10 L/menit

3.3.4. Peralatan Seksi uji

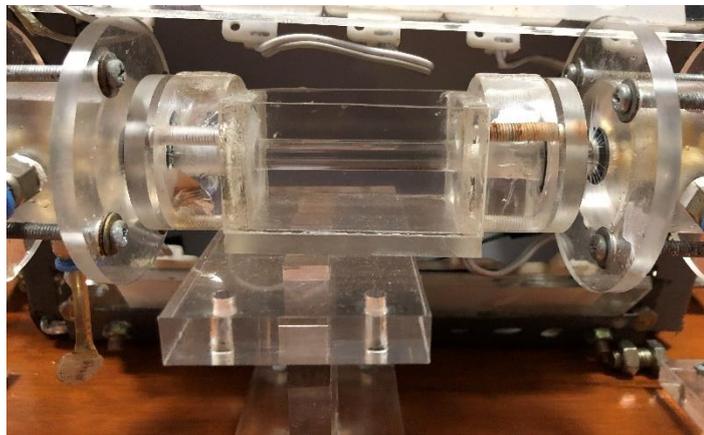
Seksi uji menggunakan pipa transparan yang dilengkapi dengan *correction box*. Seksi uji diletakkan diatas meja kayu secara horizontal dan pada ujung-ujungnya dipasang konektor yang dihubungkan ke *pressure transducer*. Peralatan yang digunakan pada seksi uji adalah sebagai berikut:

1. Seksi uji (*test section*) berupa pipa transparan yang terbuat dari kaca dengan diameter 1,6 mm dan panjang 400 mm.
2. Mixer digunakan untuk mencampur fluida gas dan cair sebelum memasuki seksi uji. Terlihat pada gambar 3.12 pemasangan selang untuk fluida cair dipasang secara vertikal, sedangkan untuk fluida gas dipasang secara horizontal.



Gambar 3.12 *Mixer*

3. *Flens* merupakan sambungan yang menyambung saluran pipa berbahan dasar *acrylic* dengan tujuan agar sambungan tidak mengalami kebocoran.
4. *Test section* digunakan dalam seksi uji berupa pipa yang terbuat dari kaca berdiameter 1,6 mm dan Panjang seksi uji 130 mm.



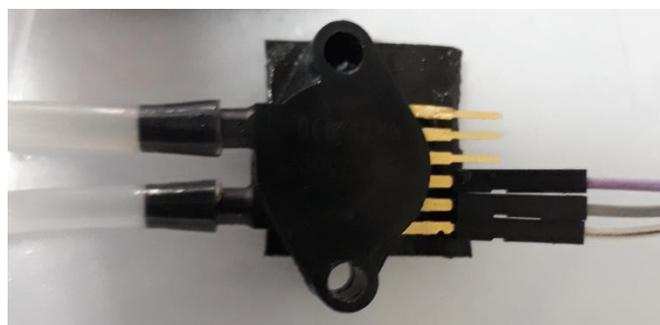
Gambar 3.13 *Test Section*

5. *Correction box* digunakan untuk menghindari pembiasan cahaya pada saat pengambilan gambar.
6. Lampu LED yang digunakan berdaya 500 Watt dan berfungsi untuk meningkatkan intensitas cahaya pada saat pengambilan data agar gambar yang dihasilkan jelas.



Gambar 3.14 Lampu LED

7. *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 3.15 dan spesifikasi *pressure transducer* yang ditunjukkan pada tabel 3.6.



Gambar 3.15 MPX

Tabel 3.6 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>

8. *Arduino UNO* 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*. Gambar *arduino UNO* yang ditunjukkan pada gambar 3.16 dan spesifikasinya ditunjukkan pada tabel 3.7



Gambar 3.16 *Arduino UNO*

Tabel 3.7 Spesifikasi Akuisisi Data

No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Operating Voltage</i>	5 V
2	<i>Input Voltage</i>	7 - 12 V
3	<i>Analog Input Pins</i>	6

9. Komputer digunakan untuk membaca beda tekanan atau *pressure drop* yang didapatkan dari *pressure transducer* dan data akuisisi.



Gambar 3.17 Komputer

3.3.5. Peralatan Pengambilan gambar

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

1. Kamera video Nikon J4, digunakan dalam penelitian ini untuk mengambil *slow motion video* dengan pengaturan kamera sebagai berikut :



Gambar 3.18 Kamera Nikon J4

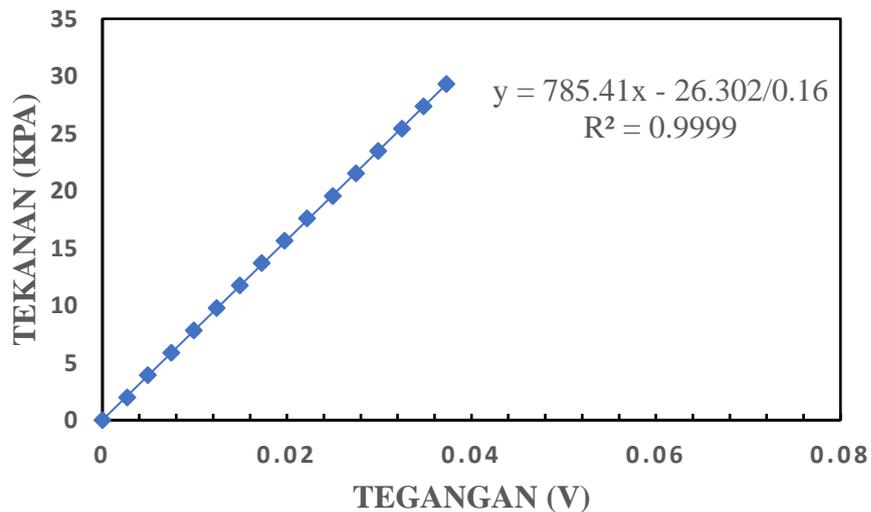
Tabel 3.8 Spesifikasi kamera

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)

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

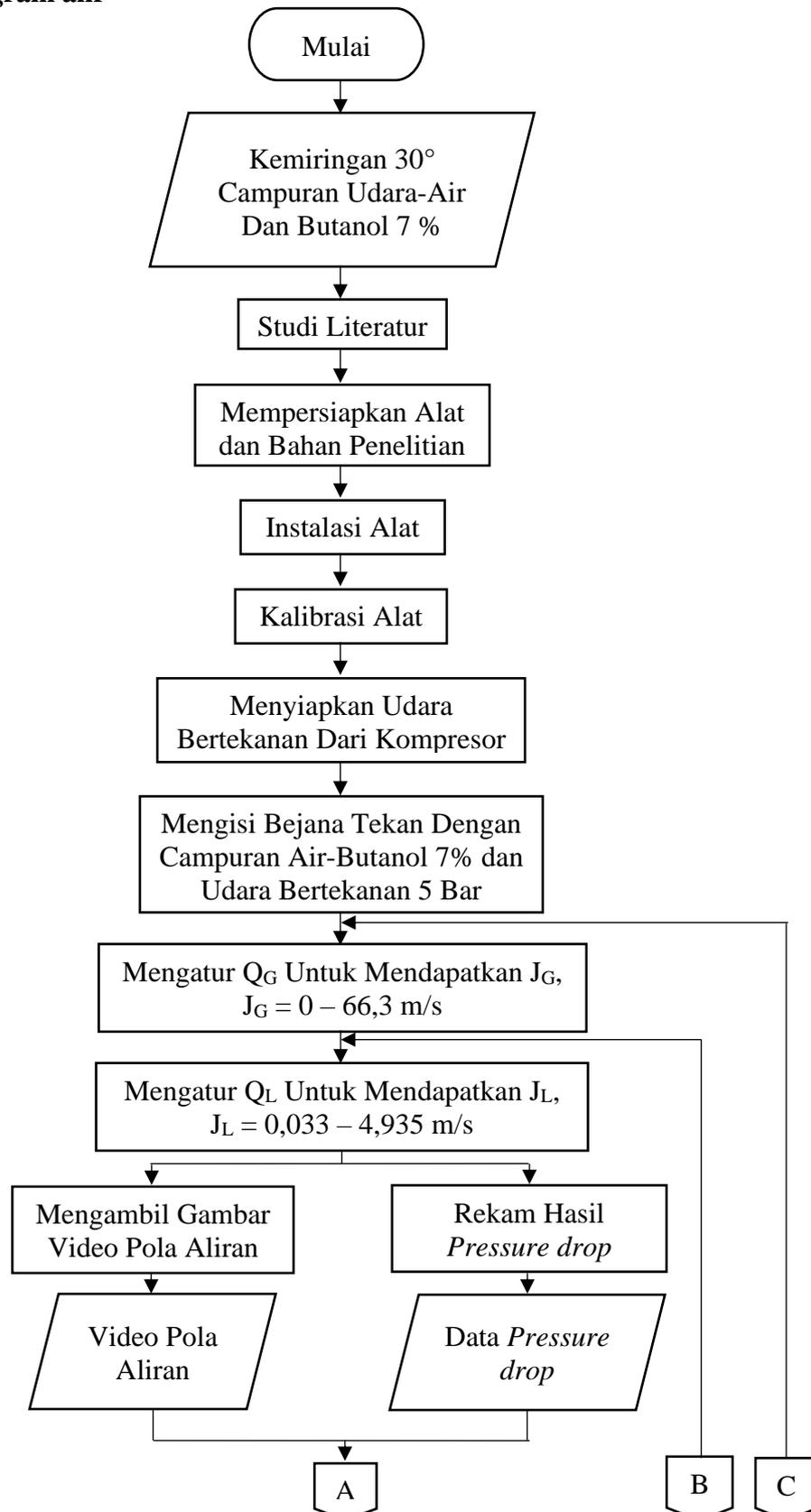
3.4. Kalibrasi alat ukur

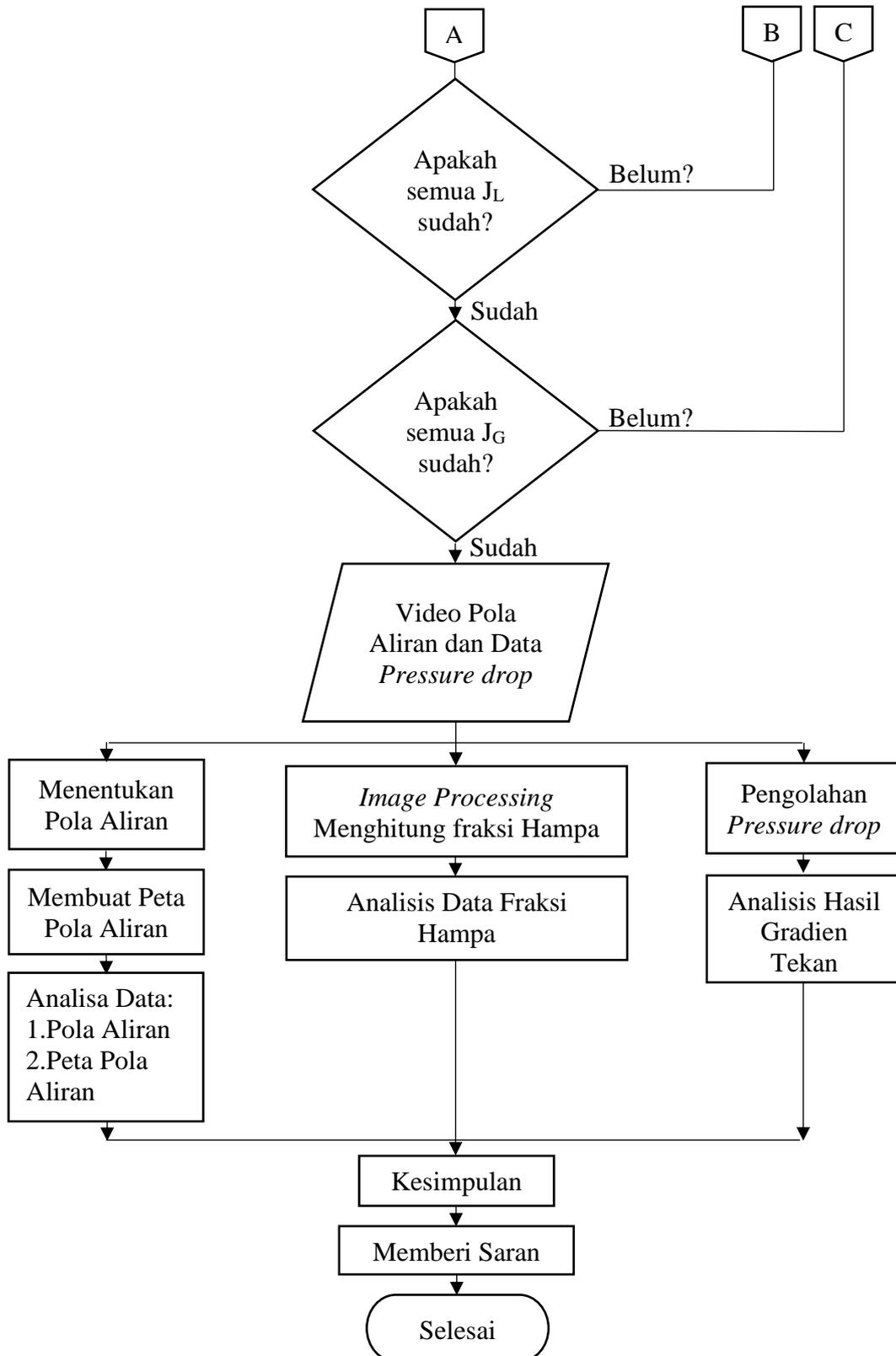
Kalibrasi pada alat ukur diperlukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang akan dilakukan akurat dan konsisten maka sebelum penelitian dilakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap alat ukur. Adapun alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah *flowmeter* dan *pressure transducer*. Kalibrasi *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 3.19.



Gambar 3.19 Grafik kalibrasi

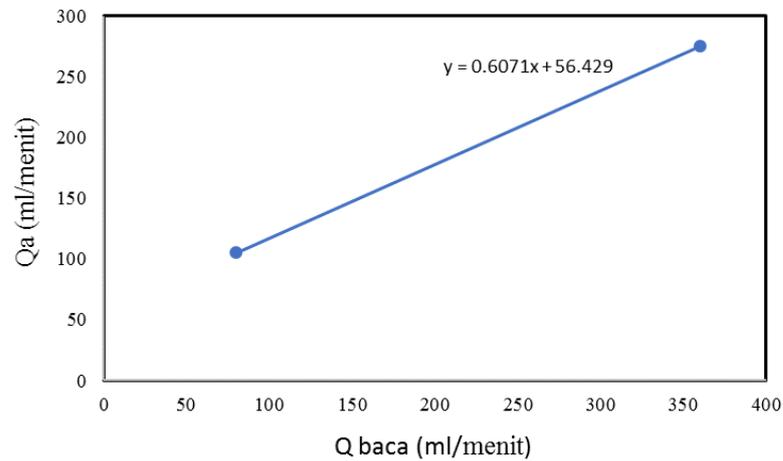
3.5. Diagram alir



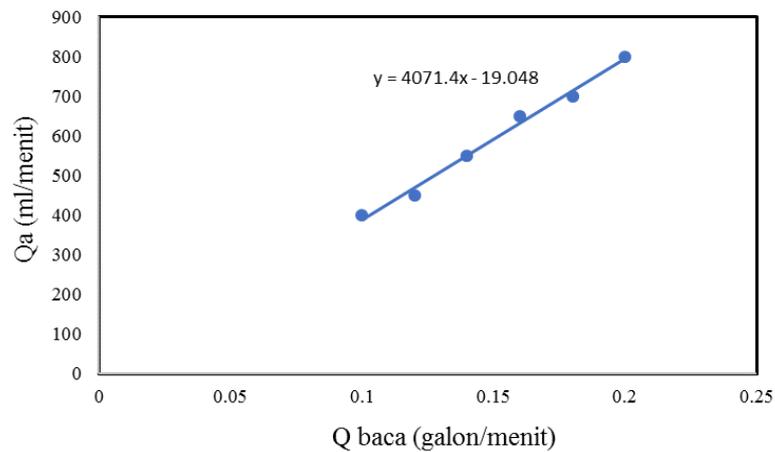
Gambar 3.20 Diagram *Flowchart*

3.6. Jalannya Penelitian

Sebelum dilakukannya pengambilan data alat ukur harus di kalibrasi terlebih dahulu. Alat ukur yang perlu dikalibrasi yaitu *Pressure transducer MPX* alat ini dikalibrasi menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi stastis. 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.



(a)



(b)

Gamba 3.21 Kalibrasi *Flowmeter* cairan 1 dan cairan 2

3.7. Penggunaan Akuades dan Butanol

Pada penelitian ini menggunakan campuran akuades dan butanol 7% sebanyak 15 liter yang ditampung pada bejana tekan. Perhitungan penggunaan butanol dan akuades pada penelitian ini sebagai berikut :

$$\text{Akuades} = \frac{93}{100} \cdot 15 = 13,95 \text{ Litter}$$

$$\text{Butanol} = \frac{7}{100} \cdot 15 = 1,05 \text{ Litter}$$

Dari hasil pencampuran akuades sebanyak 13,95 liter dan butanol sebanyak 1,05 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° 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 7%. 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 Analisa 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. Untuk pengamatan pengaruh tegangan permukaan, perlu dilakukan pemecahan video menjadi beberapa foto untuk diamati hasilnya.

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* videopad 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

Setelah proses pengambilan data selesai, kemudian didapatkan dua macam data, yaitu data yang berasal dari *Pressure transducer MPX System* dan data yang berasal dari kamera yang mampu merekam dengan kecepatan tinggi berupa video. *MPX System* berfungsi untuk mendeteksi beda tekanan atau penurunan tekanan antar sisi masuk dan sisi keluar. Kemudian *Arduino UNO* menghubungkan sensor tekanan *fluida MPX System* ke perangkat komputer agar data bisa diolah dan direkam kedalam perangkat komputer melalui *software* yang sudah terinstal. 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 cair.