

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian tentang “Kajian eksperimental karakteristik aliran dua fase udara-air 3% butanol pada pipa kecil posisi miring 10°” dilaksanakan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin (FDM), Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

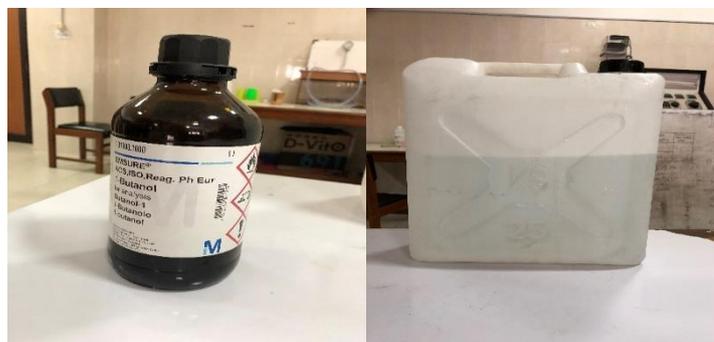
3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah fluida gas dan cair. Fluida gas yang digunakan yaitu udara dengan kelembapan yang rendah. Udara didapatkan dari kompresor berkapasitas kecil dan dilengkapi dengan *water trap*. Berikut ini adalah Tabel 3.1 yang menunjukkan sifat fisik fluida gas pada temperatur ruangan 25° C dan tekanan 1 atmosfer.

Fluida	Massa jenis (kg/m ³)	Viskositas dinamik (kg/m.s)	Viskositas kinematik (m ² /s)
Udara	1,163	1,857 x 10 ⁻⁵	1,58 x 10 ⁻⁵

Tabel 3.1 Sifat fisik udara

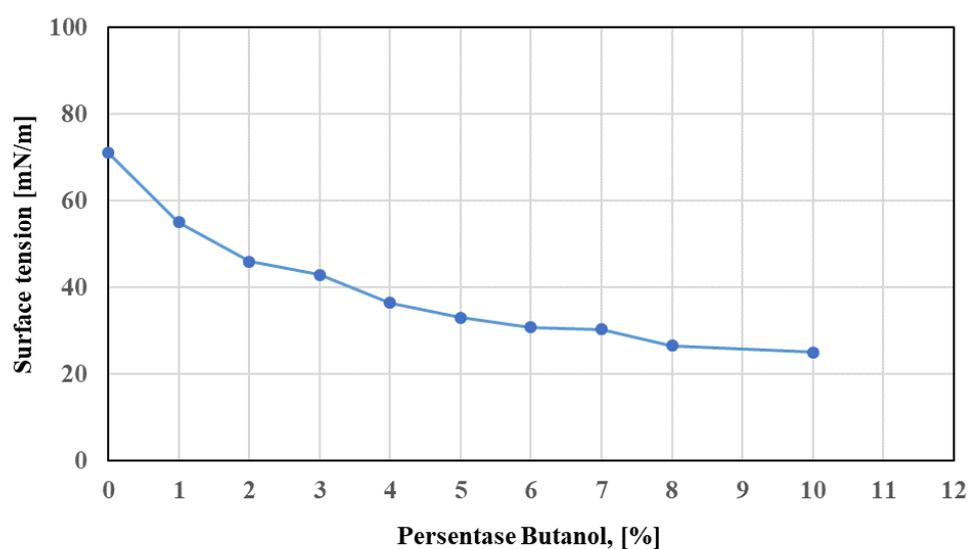
Sedangkan fluida cair yang digunakan yaitu campuran akuades dan butanol dengan konsentrasi 3% yang kemudian dipompa ke bejana tekan. Berikut Tabel 3.1 menunjukkan sifat fisik fluida cairan yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Butanol dan akuades

Fluida	Surface tension [mN/m]	Index
Akuades	71,00	A
Air + 1% Butanol	55,07	B1
Air + 2% Butanol	46,03	B2
Air + 3% Butanol	42,90	B3
Air + 4% Butanol	36,50	B4
Air + 5% Butanol	33,10	B5
Air + 6% Butanol	30,85	B6
Air + 7% Butanol	30,40	B7
Air + 8% Butanol	26,57	B8
Air + 10% Butanol	25,03	B10
Butanol	24,37	B

Tabel 3.2 Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Termal UGM)



Gambar 3.2 Grafik perbandingan persentase butanol dan nilai *surface tension*

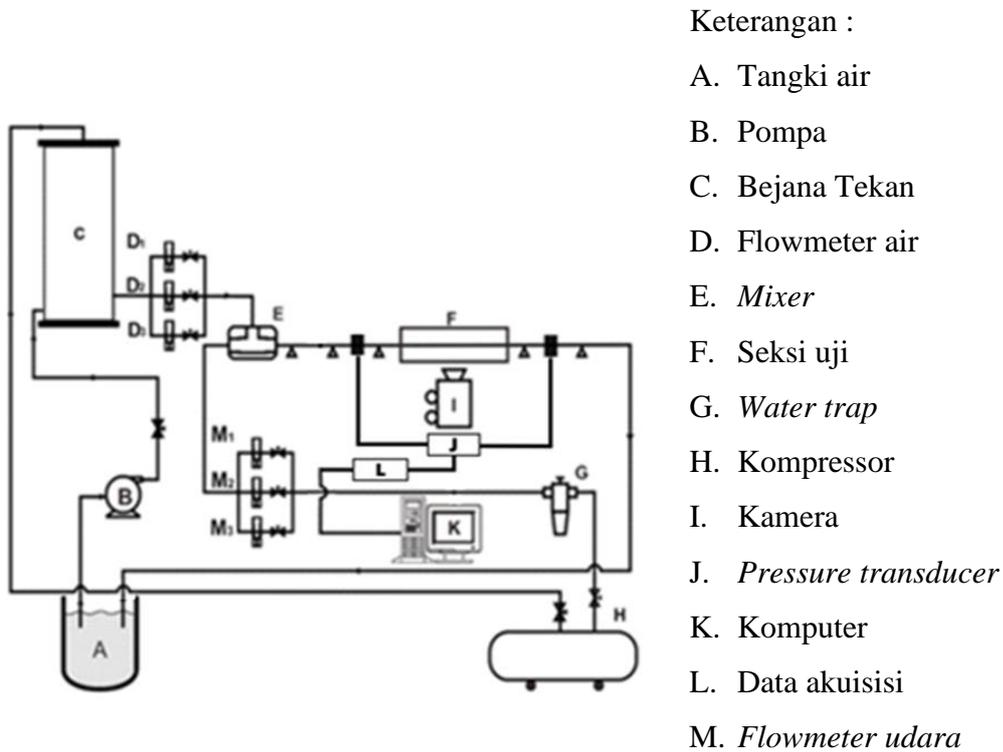
3.3 Skema Penelitian

Penelitian ini dioperasikan menggunakan beberapa komponen utama seperti seksi uji, *mixer*, *water trap*, *flens*, bejana bertekanan, kompresor, tangki air dan pompa air. Selain itu, ada juga komponen pendukung dan alat ukur yang digunakan pada penelitian ini seperti *optical correction box*, kamera, komputer, data akuisisi, *flowmeter* udara, *flowmeter* cairan, *thermocouple*, indikator tekanan, dan *pressure transducer*.

Seksi uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa kaca transparan dengan penampang akrilik 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 kemudian melewati *flowmeter* air sebelum mencapai seksi uji. Sedangkan 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. Kecepatan superfisial gas dan cairan diatur menggunakan flowmeter yang tepat berada sebelum seksi uji. Setelah melewati flowmeter, fluida gas dan cair lalu memasuki *mixing chamber* dengan dua saluran *input* dan satu saluran *output*.

Kompresor berfungsi untuk menyediakan udara bertekanan ke bejana tekan dan seksi uji. Kompresor dilengkapi dengan *water trap* untuk memastikan bahwa tidak ada air dan yang masuk ke dalam sistem adalah udara kering. Bejana tekan dibuat dari bahan baja anti karat dan digunakan sebagai pompa pneumatik untuk mengalirkan cairan ke dalam *mixer*.

Pengambilan gambar pola aliran dilakukan dengan merekam video menggunakan kamera berkecepatan tinggi merek Nikon tipe J4. *Differential pressure transducer* digunakan untuk mengukur beda tekanan antara sisi masuk (*inlet*) dan sisi keluar (*outlet*) dari seksi uji. *Differensial pressure transducer* yang digunakan pada penelitian dihubungkan ke data akuisisi dengan merek Arduino yang selanjutnya dihubungkan ke komputer. Gambar 3.3 menunjukkan instalasi peralatan yang digunakan.



Gambar 3.3 Skema instalasi penelitian

3.3.1 Aliran fluida cair

Peralatan yang digunakan selama proses pengujian untuk mengalirkan campuran akuades dan butanol adalah sebagai berikut:

1. Tangki air yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 digunakan untuk menampung campuran akuades dan butanol yang akan dipompakan ke bejana tekan sekaligus untuk menampung campuran setelah melewati seksi uji.



Gambar 3.4 Tangki campuran butanol

2. Pompa air jenis celup berbahan dasar plastik yang cocok untuk menghindari adanya reaksi kimia dengan fluida cair. Seperti yang ditunjukkan Gambar 3.5 Pompa yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Merek : Lion Water Pump
 - b. Tipe : L-107
 - c. Daya : 120 Watt
 - d. Voltase : 220-240 V
 - e. Kapasitas Maksimum : 5500 L/H
 - f. Ketinggian Maksimum : 5 m



Gambar 3.5 Pompa

3. Selang digunakan untuk mengalirkan campuran ke bejana tekan dan mengalirkannya menuju *mixer*.
4. Bejana bertekanan yang dibuat dari *stainless steel* dan digunakan sebagai pompa *pneumatik* untuk mengalirkan cairan ke dalam *mixer* seperti yang dilihat pada Gambar 3.6. Berikut ini adalah spesifikasi dari bejana tekan.
 - a. Diameter : 22 cm
 - b. Volume : 38 liter
 - c. Tinggi : 100 cm
 - d. Tebal plat : 4 mm



Gambar 3.6 Bejana bertekanan

5. *Flowmeter* cairan yang digunakan berjumlah 3 buah masing-masing memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu 0-100 mL/menit; 100-500 mL/menit dan 0,1-1 GPM. Gambar 3.7 menunjukkan *flowmeter* yang digunakan.



Gambar 3.7 *Flowmeter* cairan

6. *Gate valve* yang digunakan untuk mengatur laju aliran fluida sebelum mengalir ke *flowmeter*. Seperti dibawah ini Gambar 3.8 adalah jenis *gate valve* yang digunakan.



Gambar 3.8 *Gate valve*

7. 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 3.9 menunjukkan *check valve* yang digunakan.



Gambar 3.9 *Check valve*

3.3.2 Aliran fluida gas

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

1. Spesifikasi Kompresor yang digunakan sebagai berikut:
 - a. Merek : Shark

- b. Tipe : LVU-012
- c. Kapasitas : 58 liter
- d. *Pressure range* : 7 kg/cm²
- e. Motor : 0,5 HP
- f. Putaran mesin : 520 rpm



Gambar 3.10 Kompresor

2. Selang digunakan untuk mengalirkan udara dari kompresor menuju bejana tekan dan *flowmeter* udara.
3. *Water trap* digunakan untuk mengatur tekanan udara serta memisahkan udara dan air yang masuk dari kompresor.



Gambar 3.11 *Water trap*

4. *Flowmeter* udara yang digunakan pada penelitian ini berjumlah tiga buah dengan kapasitas masing-masing yaitu 0,01-0,1 L/menit; 0,1-1 L/menit dan 1-10 L/menit.



Gambar 3.12 *Flowmeter* udara

3.3.3 Peralatan uji

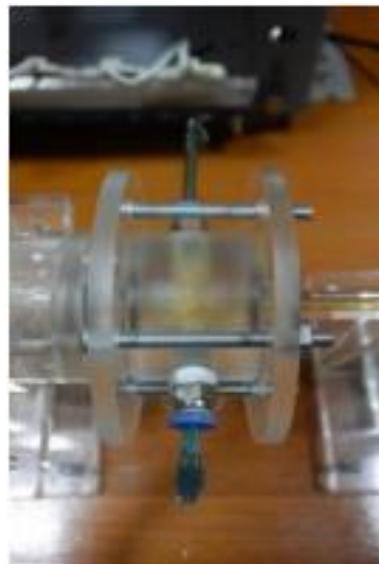
Seksi uji menggunakan pipa transparan yang dilengkapi dengan *correction box*. Seksi uji diletakkan di atas meja kayu secara horizontal dan pada ujung-ujungnya dipasang konektor yang dihubungkan ke *pressure transducer*. Peralatan yang digunakan pada seksi uji adalah sebagai berikut:

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 3.13 pemasangan selang untuk fluida cair dipasang secara vertikal, sedangkan untuk fluida gas dipasang secara horizontal.



Gambar 3.13 *Mixer*

3. *Flens* merupakan sambungan yang menyambung saluran pipa berbahan dasar akrilik dengan tujuan agar sambungan tidak mengalami kebocoran.



Gambar 3.14 *Flens*

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



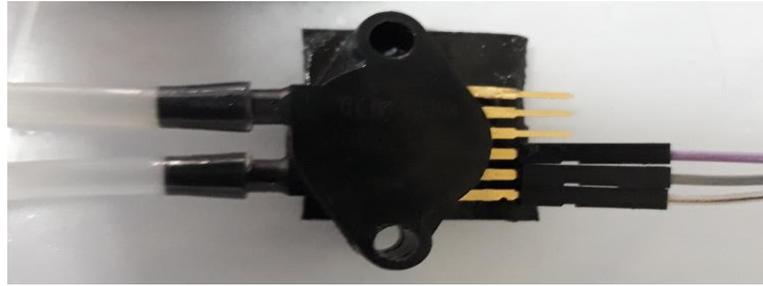
Gambar 3.15 *Correction box*

5. Lampu LED yang digunakan berdaya 500 Watt dan berfungsi untuk meningkatkan intensitas cahaya pada saat pengambilan data agar gambar yang dihasilkan jelas.



Gambar 3.16 Lampu LED

6. *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 3.17 *Pressure transducer* merek MPX

7. Data akuisisi merupakan alat yang mengubah data analog menjadi data digital.



Gambar 3.18 Data akuisisi merek Arduino

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



Gambar 3.19 Komputer

3.3.4 Peralatan pengambilan gambar

Pengambilan gambar dan video dilakukan dengan peralatan sebagai berikut:

1. Kamera dengan merek Nikon J4 berkecepatan tinggi seperti yang dilihat pada Gambar 3.19 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. *Shutter speed* : Min = 30 detik dan Max = 1/16000 detik
 - b. Resolusi : 1920 x 1080 (60 fps), 1280 x 720 (120 fps), 768 x 288 (400 fps) dan 416 x 144 (1200 fps)
 - c. ISO : 160-12800
2. Tripod sebagai tempat meletakkan kamera dengan tujuan mengurangi pergeseran pengambilan video.

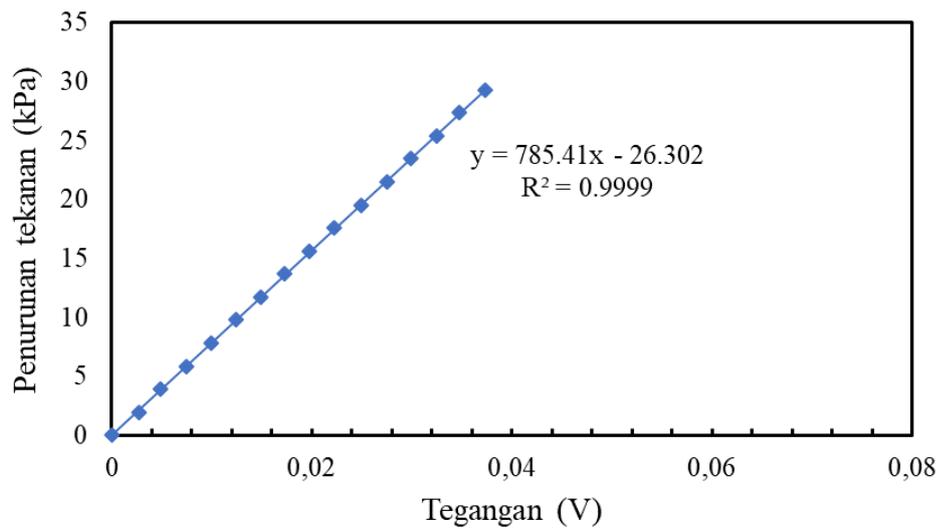


Gambar 3.20 Kamera Nikon J4

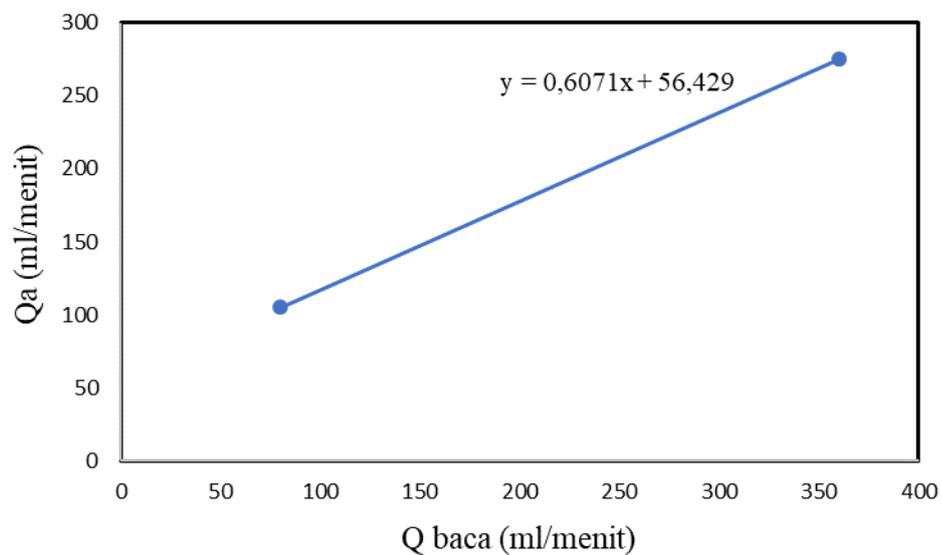
3.4 Kalibrasi alat ukur

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

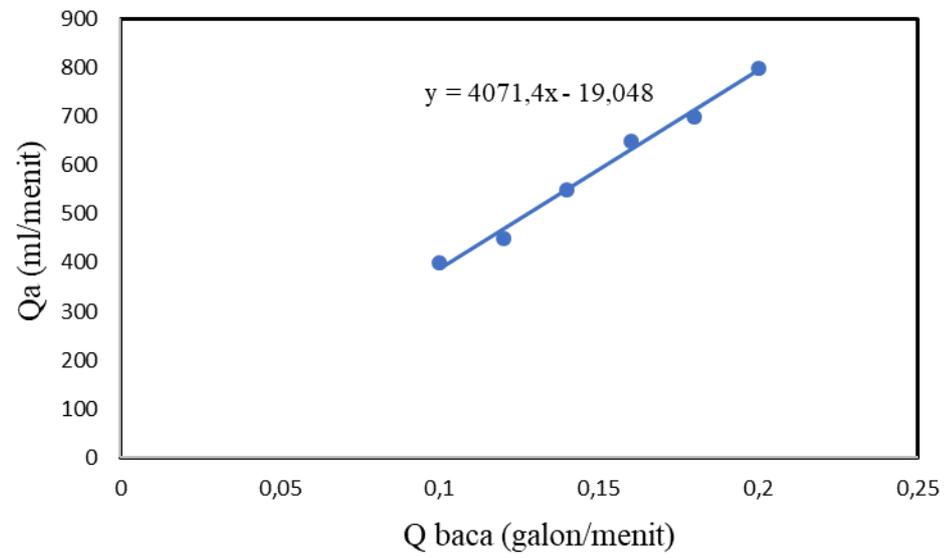
menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi yang statis. Tegangan keluaran yang dihasilkan dari *pressure transducer* di konversi dalam bentuk tekanan terukur pada manometer vertikal kemudian tegangan di konversi menjadi tekanan setelah itu dibuat grafik yang berguna sebagai acuan dalam mencari *pressure drop* yang ditunjukkan pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Grafik kalibrasi MPX

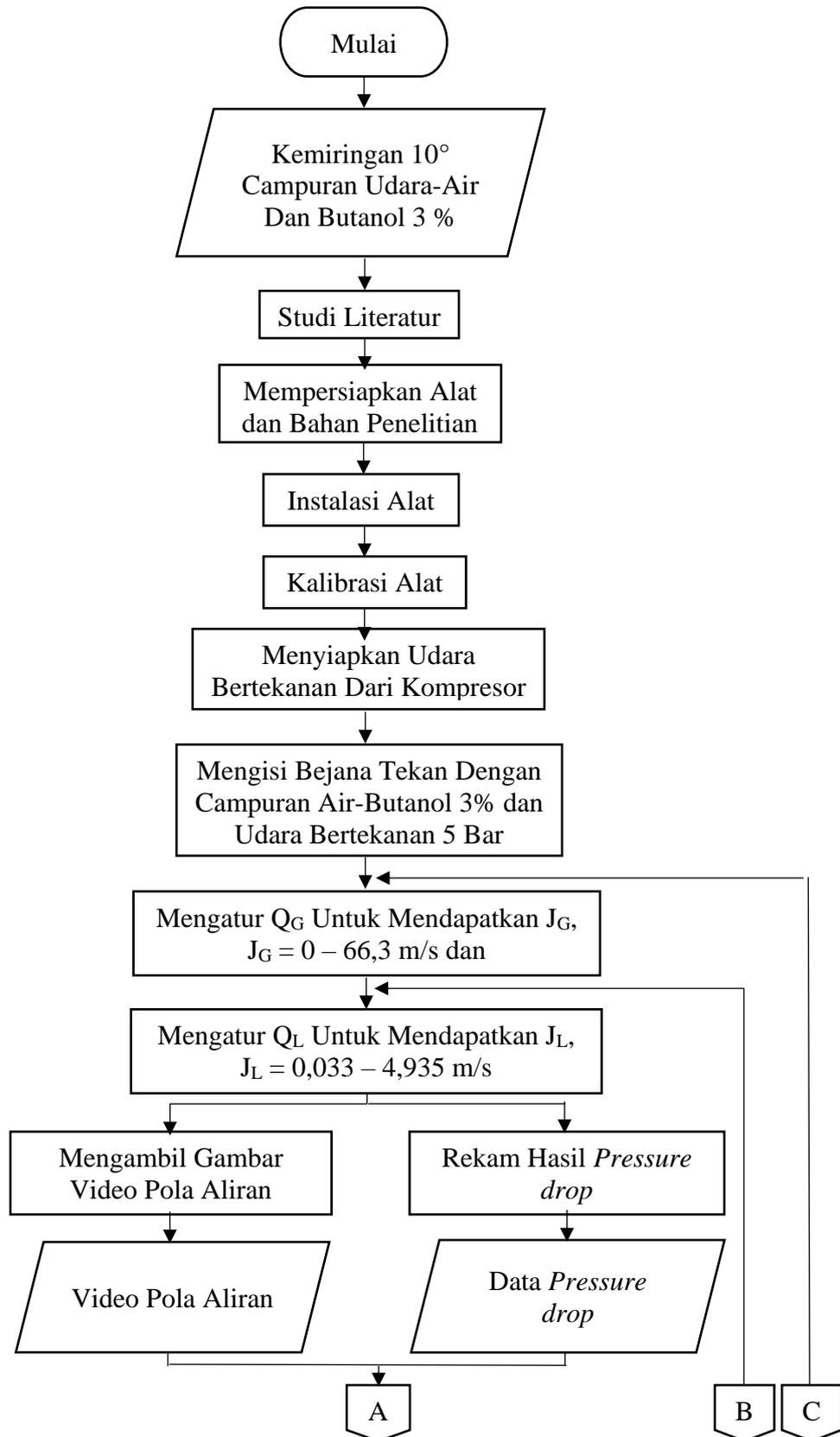


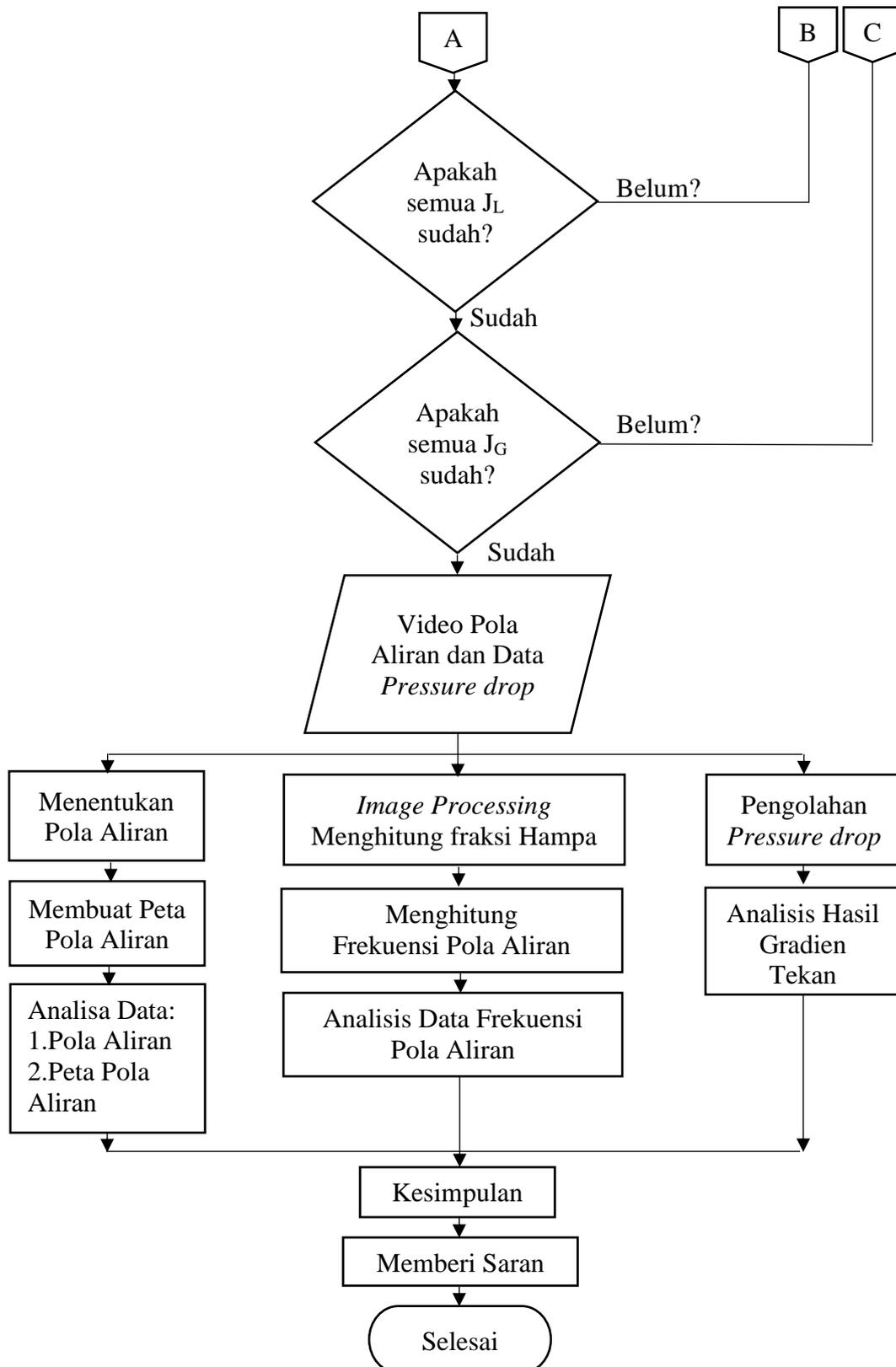
Tabel 3.22 Kalibrasi *flowmeter* cairan kapasitas 100-500 mL/menit



Gambar 3.23 Kalibrasi *flowmeter* cairan kapasitas 0,1-1 GPM

3.5 Diagram alir





Gambar 3.24 Flowchart

3.6 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 10^0 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 *flow meter* dengan kalibrasi tertentu kemudian 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 dinaikkan.
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

3.7 Pengolahan data dan analisa hasil

3.7.1 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 viskositas, perlu dilakukan pemecahan video menjadi beberapa foto untuk diamati hasilnya.

3.7.2 Gradien tekanan

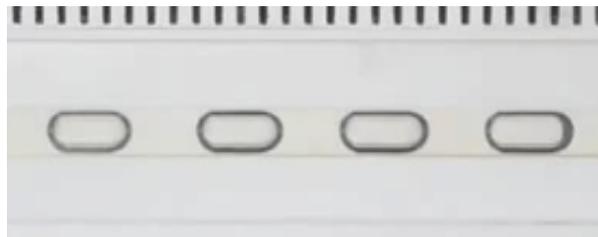
Setelah proses pengambilan data selesai, kemudian didapatkan dua macam data, yaitu data yang berasal dari *MPX System* dan data yang berasal dari kamera yang mampu merekam dengan kecepatan tinggi berupa video. *MPX System* berfungsi untuk mendeteksi beda tekanan atau penurunan tekanan antar sisi masuk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

3.7.3 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* video pada 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. Langkah-langkah algoritma MATLAB yang dilakukan sebelum nilai fraksi hampa ditentukan.

1. Pembacaan Gambar

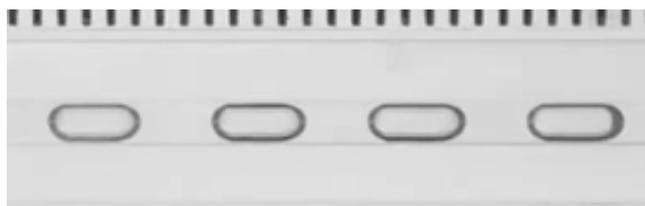
Setiap gambar yang telah dipecah dengan menggunakan *software* Virtual Dub akan dibaca oleh MATLAB dengan menggunakan fungsi *imread*. Sampel gambar RGB dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.25 Sampel gambar RGB

2. Pengubahan Gambar

Setelah setiap gambar yang telah terbaca dengan MATLAB, lalu gambar RGB diubah menjadi gambar *grayscale* dengan cara menggunakan parameter yang diambil dari nilai warna R pada gambar RGB. Sampel gambar *grayscale* dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 3.26 Sampel gambar *grayscale*

3. Penyesuaian Gambar

Setiap gambar yang telah diubah menjadi gambar *grayscale*, lalu di *crop* sesuai saluran guna mendapatkan data yang dibutuhkan. Gambar *crop* dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 3.27 Sampel gambar *Crop*

4. Pembalikan Warna Gambar

Setiap gambar yang telah di *crop* lalu mengubah warnanya, sebagai contohnya warna putih menjadi warna hitam yaitu dengan cara nilai 0 diubah menjadi nilai 255 sehingga warna hitam menjadi putih dan sebaliknya. Gambar pembalikan warna dapat dilihat pada gambar 3.28.



Gambar 3.28 Sampel gambar pembalikan warna

5. Filtering

Setelah proses *filtering* setiap gambar dibalik warnanya kemudian dilakukan *median filtering* untuk menghilangkan *noise* yang terdapat pada gambar. Fungsi dari *Median filtering* adalah menggantikan setiap nilai piksel dengan nilai tengah piksel tersebut. Gambar sampel *filtering* dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 3.29 *Filtering*

6. Segmentasi Gambar

Pada proses segmentasi gambar yang dilakukan dengan cara penambahan kontras bertujuan agar warna air dan udara semakin kontras. *Tresholding* dan binerisasi merupakan metode untuk mengubah gambar *grayscale* menjadi gambar biner. Gambar sampel biner dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 3.30 Biner

7. *Data Gathering*

Data *gathering* meliputi konversi ukuran, kalkulasi, dan menampilkan hasil *image processing*. Dari gambar biner dapat diketahui ukuran fase cair maupun fase gas, namun masih dalam satuan piksel. Untuk mengubah ukuran dari piksel ke mm, digunakan persamaan konversi. Dalam penelitian ini 30 piksel mewakili 1,6 mm atau 18,75 piksel/mm. Selanjutnya data fraksi hampa ditampilkan dalam data excel, yang dapat mengetahui data *time series*, *Probability Density Function* (PDF), dan sebagainya.