

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian “Investigasi Aliran Dua Fase Udara-Air dan Gliserin (40-70%) pada pipa kapiler horizontal” dilakukan di laboratorium (FDM) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta .

#### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah fluida gas dan fluida cair. Untuk fluida gas menggunakan udara dengan kelembaban rendah yang dihasilkan dari kompresor udara berkapasitas kecil. Untuk fluida cair digunakan air (akuades) untuk penelitian tahap pertama, sedangkan untuk tahap selanjutnya digunakan campuran air dan gliserin dengan dengan variabel gliserin 40%, 50%, 60%, dan 70% dari 15 liter campuran fluida yang dimasukkan ke dalam sistem dengan bantuan bejana bertekanan dengan cara diinjeksikan. Sifat fisik dari fluida cair yang digunakan ditunjukkan pada tabel 3.1. Sifat fisik dari udara yang digunakan adalah sebagai berikut :

(pada kondisi suhu kamar, yaitu 27°C, dengan tekanan 1 atmosfer) :

Viskositas kinematik ( $\nu$ )	: $1,579 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Viskositas dinamik ( $\mu$ )	: $1,8573 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
Massa jenis ( $\rho$ )	: $1,163 \text{ kg}/\text{m}^3$

**Tabel 3. 1** Sifat fisik fluida cair

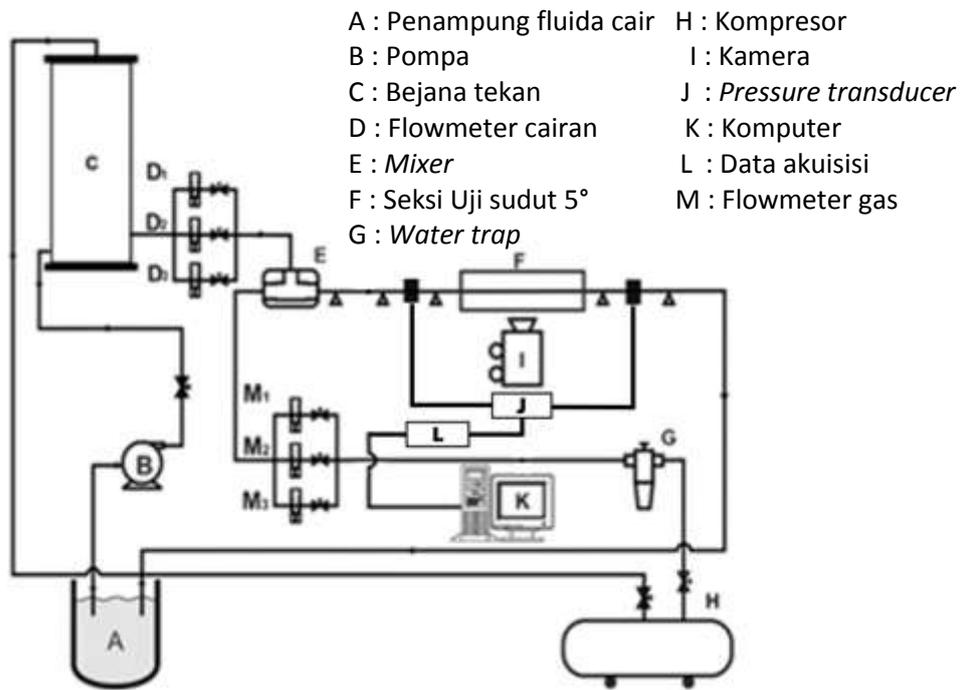
Fluida	Specific gravity	Kinematic viscosity [mm <sup>2</sup> /s]	Surface Tension [N/cm <sup>2</sup> ]	Index
<b>Air + 40% Gliserin</b>	1,1114	3,32	58,6	G40
<b>Air + 50% Gliserin</b>	1,1421	5,505	57,5	G50
<b>Air + 60% Gliserin</b>	1,1671	9,393	56,4	G60
<b>Air + 70% Gliserin</b>	1,1896	16,98	53,9	G70

### 3.3 Alat Penelitian

Penelitian dilakukan di atas meja kayu, seksi uji berupa pipa transparan terbuat dari kaca (gelas) dengan diameter dalam 1,6 mm dengan panjang 1000 mm yang digunakan untuk aliran fluida cair (akuades+gliserin). Fluida tersebut diinjeksikan kedalam tanki bertekanan, lalu dialirkan melewati *flowmeter* air. Fluida gas yang dihasilkan oleh kompresor dialirkan melewati *flowmeter* udara. Pada seksi uji dilengkapi dengan *optical corecction box* supaya menghilangkan efek cembung dari permukaan pipa agar gambar pola yang diambil bisa maksimal. Pengambilan gambar pola ini berdasarkan variasi nilai kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial cair ( $J_L$ ).

Kompresor udara yang menjadi sumber udara bertekanan sudah dilengkapi dengan *water trap* dan *air dryer* agar udara yang masuk kedalam sistem adalah udara kering bertekanan tanpa kandungan air. Bejana tekan (tanki bertekanan) terbuat dari bahan baja anti karat, digunakan untuk mengalirkan udara ke *mixer*, hal ini bertujuan untuk menghindari getaran.

Instalasi peralatan yang digunakan untuk penelitian di tunjukan pada gambar 3.1 terdiri dari kompresor udara, penampung fluida cair, pompa air, bejana bertekanan, *water trap*, *test secstion*, *mixer*, dan konektor. Untuk peralatan pendukung antara lain, kamera, komputer, *optical corecction box*, dan *acquisition system*. Alat ukur yang digunakan antara lain ; *flowmeter* cair, *flowmeter* udara, *pressure tranducer*, dan *pressure indicator*.



**Gambar 3. 1** Skema instalasi penelitian

### 3.3.1 Aliran Fluida Cair

Ada beberapa peralatan yang digunakan untuk mengalirkan campuran akuades dan gliserin yaitu :

1. Pompa pada gambar 3.2 dengan spesifikasi sebagai berikut :
  - a. Merek : Lion Water Pump (L-107)
  - b. Daya : 120 Watt
  - c. Tipe : L-107
  - d. Kapasitas Maksimum : 5500 L/H
  - e. Voltase : 220-240 V



**Gambar 3. 2** Water Pump

2. Selang untuk mengalirkan campuran fluida cair ke tangki bejana bertekanan hingga pipa saluran
3. Wadah ditunjukkan pada gambar 3.3 untuk menampung fluida cair yang dipompa ke bejana bertekanan dan menampung setelah melewati seksi uji



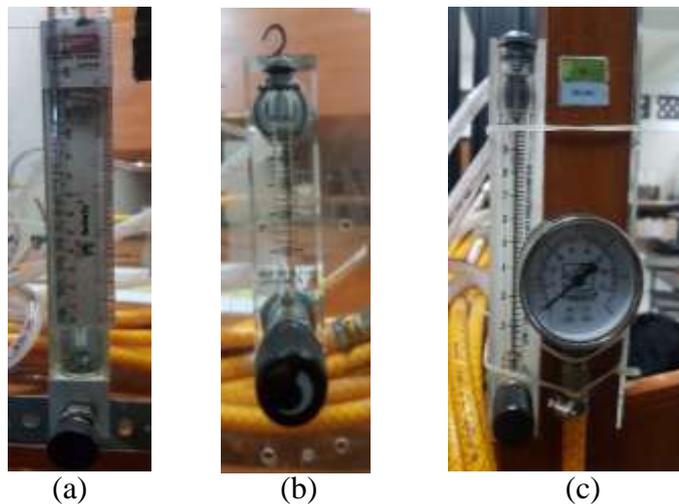
**Gambar 3. 3** Wadah Fluida Cair

4. Tangki bertekanan yang terbuat dari bahan *stainless steel* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4.
  - a. Volume : 38 Liter
  - b. Tinggi : 100 cm
  - c. Diameter : 22 cm
  - d. Tebal plat : 0,4 cm



**Gambar 3. 4** Tangki bertekanan

5. Tiga buah *flowmeter* cairan yang berfungsi untuk mengukur debit cairan yang masuk ke seksi uji. *Flowmeter* yang digunakan adalah model E tranparan dan mempunyai ukuran masing masing, 500 ml/menit, 1000ml/menit, 1 GPM seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5.



**Gambar 3. 5.** flowmeter cairan (a) kapasitas 0-500 ml/menit, (b) kapasitas 100-50 ml/menit, dan (c) kapasitas 0.1-1 GPM

6. *Stopvalve* berjenis *ball valve* yang berfungsi untuk mengatur buka/tutup fluida ke dalam *flowmeter* cair.

### 3.3.2 Aliran Fluida Gas

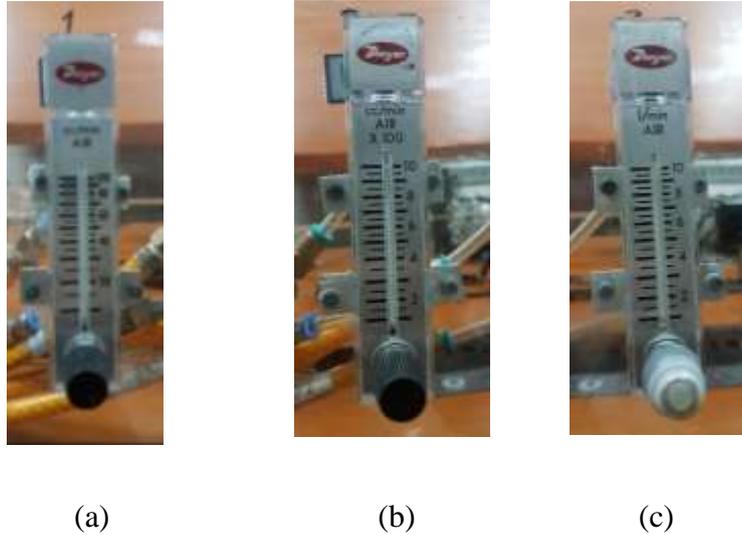
Peralatan yang digunakan untuk mengalirkan fluida gas selama proses pengujian adalah sebagai berikut :

1. Kompresor seperti pada gambar 3.6 yang berfungsi untuk menghasilkan dan mengalirkan gas bertekanan masuk kedalam sistem. Spesifikasi kompresor adalah sebagai berikut :
  - a. Merek : shark
  - b. Motor :  $\frac{1}{2}$  HP
  - c. Pressure Range :  $7 \text{ kg/cm}^2$
  - d. Type : LVU-012
  - e. Pabrikan : PT. SHARPINDO DINAMIKA PRIMA



**Gambar 3. 6** Kompresor

2. Selang untuk mengisi gas bertekanan pada tangki tekanan dan mengalirkan fluida gas dari kompresor ke *flowmeter* gas hingga ke saluran pipa.
3. Tiga buah *flowmeter* gas untuk mengukur debit udara yang masuk ke seksi uji. *Flowmeter* yang digunakan adalah merek dwyer dengan range masing-masing 100 ml/menit, 1000 ml/menit, dan 10000 ml/menit dapat dilihat pada gambar 3.7.



**Gambar 3. 7** flowmeter udara (a) range 100ml/menit, (b) range 1000 ml/menit, dan 10000 ml/menit

4. Katup udara yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran udara yang akan masuk ke dalam *flowmeter* gas.

### 3.3.3 Peralatan Uji

Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Mixer

Alat ini berfungsi untuk mencampurkan fluida gas dan fluida cair. Arah masuknya campuran fluida adalah tegak lurus dengan fluida cair masuk dari atas secara vertikal dan fluida udara masuk secara horizontal seperti pada gambar 3.8.



**Gambar 3. 8** Mixer

2. Pipa kaca

Pada penelitian ini menggunakan sebagai saluran campuran fluida. Pipa kaca memiliki diameter luar 8 mm dan diameter dalam 1,6 mm

3. *Flens*

*Flens* berfungsi untuk menyambung pipa kaca dan terbuat dari bahan *acrylic*. Pada *flens* ini terdapat 3 saluran kecil yang kemudian dihubungkan ke *pressure transducer* dapat dilihat pada gambar 3.9.



**Gambar 3. 9** *Flens*

4. Optical Correction box

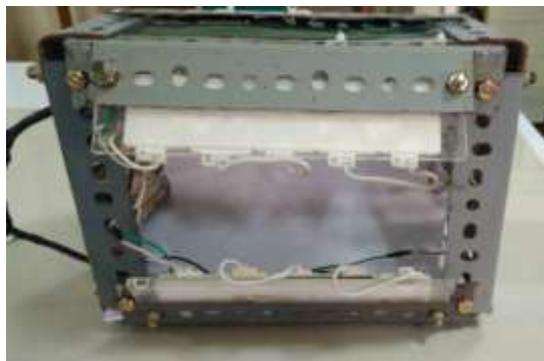
Seksi uji ini berfungsi untuk menghilangkan efek dari pembiasan yang disebabkan oleh permukaan pipa saat proses pengambilan gambar. *Optical correction box* terbuat dari bahan *acrylic* seperti pada gambar 3.10.



**Gambar 3. 10** *Optical correction box*

### 5. Lampu penerangan

Lampu penerangan berfungsi untuk menambah intensitas cahaya agar saat perekaman data secara visual menjadi lebih maksimal. Sistem penerangan pada eksperimen ini menggunakan lampu LED (Light Emmiting Diode). Lampu LED memberikan transfer panas yang minim sehingga perubahan suhu dalam sistem dapat diabaikan menjadi salah satu alasan penggunaan lampu LED untuk eksperimen ini.



**Gambar 3. 11** Lampu penerangan

#### 3.3.4 Peralatan Pengambilan Gambar

Peralatan yang digunakan untuk proses pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Kamera dengan kecepatan tinggi seperti gambar 3.14 merek Nikon J4 dengan spesifikasi sebagai berikut :

**Tabel 3.2** 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	Storage types	MicroSD/SDHC/SDXC

6	Resolution	1920X1080 (60p,30p),1472 x 984 (60p. 30p)
7	Battery description	EN-EL22 lithium-ion battery and charger
8	Weight (inc.battery)	232 g (0.51 lb/8.18 oz)
9	Dimension	100 x 60 x 29 mm (3,92 x 2,36 x 1,12")



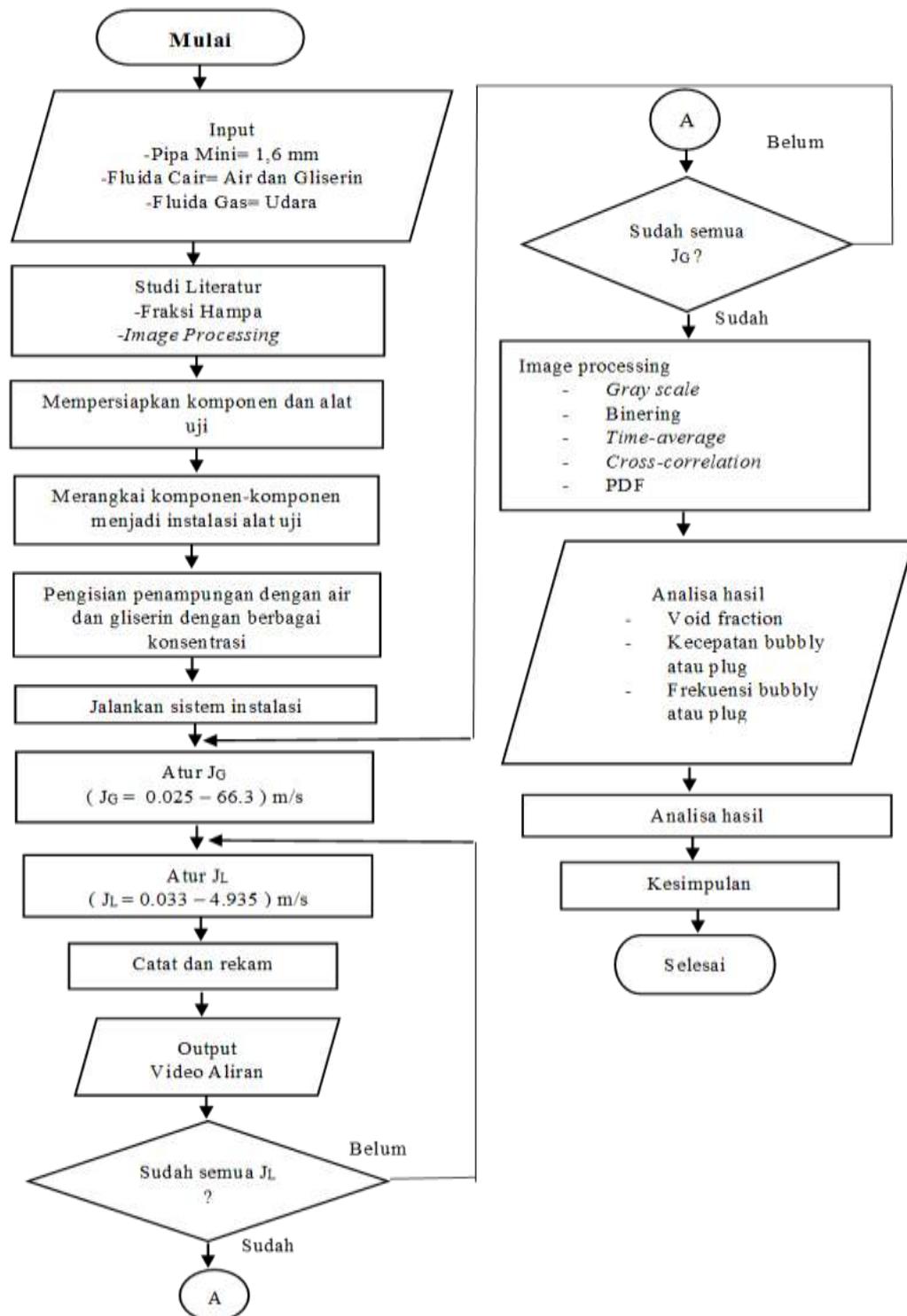
**Gambar 3. 12** Kamera kecepatan tinggi

2. Sumber tegangan arus tetap DC sampai dengan tegangan 1500 V dan arus 50  $\mu$ A
3. Tripod untuk meletakkan kamera agar pengambilan gambar lebih maksimal
4. Komputer untuk menyimpan dan mengolah rekaman hasil eksperimen

### 3.4 Kalibrasi Alat Ukur

Kalibrasi alat ukur dilakukan sebelum melakukan penelitian. Alat yang dikalibrasi adalah *pressure transducer* dan *flowmeter*. Kalibrasi ini dilakukan untuk memastikan keakuratan pengukuran oleh alat ukur. Untuk melakukan kalibrasi pada *flowmeter* cair adalah dengan cara mengalirkan air selama 60 detik kemudian ditampung dengan gelas ukur untuk mengukur volume dan memastikan selaras dengan apa yang divisualisasikan oleh *flowmeter* cair. Proses kalibrasi pada *pressure transducer* menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi statis. Tegangan yang dihasilkan dari *pressure transducer* di konversi kedalam bentuk tekanan yang terukur pada manometer vertikal.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 13 Diagram alir penelitian

### 3.6 Jalan penelitian

Sebelum memulai eksperimen, alat ukur di kalibrasi terlebih dahulu, khususnya pada *defferensial pressure transducer*. Proses kalibrasi pada *pressure transducer* dilakukan pada kondisi statis menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air). Tegangan keluaran *pressure transducer* dihubungkan dengan tekanan yang terukur pada manometer vertikal. Proses ini menghasilkan persamaan kalibrasi yang nantinya akan digunakan untuk pengolahan data *pressure gradient*. Untuk kalibrasi pada flowmeter cair dilakukan dengan cara mengalirkan fluida cair dengan waktu 60 menit yang kemudian ditampung dengan gelas ukur. Ukuran pada gelas ukur dibandingkan dengan *flowmeter* cair, dan kalibrasi dari pabrik pembuat *flowmeter* yang berupa tabel kalibrasi.

Proses pengambilan data pada eksperimen ini dilakukan dalam 4 tahap (variasi fluidanya), yaitu udara-akuades + 40% gliserin, udara-akuades + 50% gliserin, udara-akuades + 60% gliserin, dan udara-akuades + 70% gliserin. Penelitian dilakukan sesuai dengan urutan pada diagram alir pada gambar 3.15. untuk fluida kerja udara-cair dengan variasi viskositas gliserin prosedur penelitiannya sama seperti gambar 3.1, tetapi fluida cair menggunakan campuran akuades dan gliserin (Tabel 3.1).

### 3.7 Prosedur pengambilan data

Setelah instalasi dan bahan bahan disiapkan serta alat ukur sudah dikalibrasi selanjutnya dilakukan proses pengambilan data. Pada proses pengambilan data terdapat beberapa prosedur yaitu :

1. Katup air dan udara masuk pada bejana tekan dibuka, sedangkan katup keluaran ditutup
2. Katup udara keluar dari kompresor ke mixer maupun bejana tekan dalam kondisi tertutup
3. Wadah air diisi dengan akuades. Pada saat pengisian dipastikan tidak ada partikel padat yang ikut dalam fluida kerja, karena dapat mengganggu aliran fluida.
4. Air dalam wadah dipompa ke dalam tangki bertekanan dengan volume 15 liter dengan pompa sentrifugal.

5. Bejana tekan diisi dengan udara dari kompresor sekitar 5 bar *gauge*
6. Katup keluaran fluida cair pada bejana tekan dibuka perlahan-lahan, aliran melewati *flowmeter* cair yang sesuai dengan debit  $Q_L$  sehingga didapat kecepatan superfisial cairan  $J_L$  tertentu yang cukup kecil.
7. Katup udara dari kompresor ke mixer dibuka perlahan-lahan dengan  $Q_G$  kecil sehingga didapat kecepatan superfisial gas yang kecil  $J_G$
8. Merekam data semua data dengan kamera sesuai dengan pasangan  $J_G$  dan  $J_L$ , yaitu gambar video pola aliran serta beda tekanan antara sisi masuk dan keluar.
9. Langkah 7 dan 8 dilakukan berulang kali dengan harga  $J_L$  berangsur-angsur naik sesuai dengan matriks penelitian
10. Langkah 7, 8, dan 9 dilakukan dengan fluida yang lain, yaitu dengan udara-campuran air dan gliserin dengan variasi yang berbeda yaitu 40%, 50%, 60%, dan 70%

Pada waktu proses pengambilan data, ruangan harus dikondisikan sedemikian rupa timbulnya “*noise*” dapat diminimalisir, hal ini dapat dilakukan dengan :

- a. Tidak ada getaran getaran yang ditimbulkan oleh peralatan lain atau kegiatan lain, misalnya : kipas angin, kompresor, pengerjaan bangunan dan sebagainya
- b. Diusahakan untuk tidak mengguana catu daya AC yang akan memberikan pengaruh pada proses pengambilan data

### **3.8 Pengolahan Data dan Analisa Hasil**

Dari proses pengambilan data, didapat dua jenis data, yaitu data *pressure drop* dan data visual yang didapat dari kamera berkecepatan tinggi. Data yang berupa visual selanjutnya diolah untuk mendapatkan pola aliran dan fraksi hampa.

#### **3.8.1 Data Visual untuk Fraksi Hampa**

Data visual yang didapat dari *video image* diolah dengan teknik pengolahan citra (*image processing technique*) menggunakan *software* MATHLAB R201a. Algoritma yang digunakan adalah mendeteksi bagian fase gas maupun cair dengan cara mengubah citra *Red Green Blue (RGB)* menjadi citra biner. Tahapan proses tersebut terdiri dari : membaca gambar *RGB, image*

*conversion, image cropping, image complement, image filtering*, konversi ke biner, dan data *gathering*.

1. Membaca gambar

Gambar yang dibaca oleh *software* MATHLAB sebagai gambar dengan citra RGB dengan menggunakan intruksi pada *software* MATHLAB “*imread*”

2. *Image Conversion*

Gambar yang mempunyai format RGB (*3 matrix layers*) dikonversi menjadi gambar *greyscale* (*1 matrix layer*). Caranya yaitu menentukan *red layer* dalam *RGB image* dan menggunakan sebagai *new matrix layer (R layer)*. Fungsi yang digunakan adalah “*rgb2grey*”. *Grayscale image* memiliki 256 *grayscale*, yaitu 0 (hitam) sampai 255 (putih).

3. *Image cropping*

*Image cropping* adalah proses memilih bagian yang diperlukan dari sebuah gambar, yang dalam hal ini untuk memilih bagian dalam pipa. Bagian yang tidak diperlukan seperti bagian dinding pipa ataupun yang berada diluar dibuang.

4. *Image complement*

Proses *image complement* adalah proses konversi dari *greyscale* ke nilai komplementnya, contohnya nilai 0 dikonversi ke nilai 255, atau sebaliknya.

**Tabel 3.3** Konversi gambar RGB ke biner

Proses	Aliran Plug
<b>Pembacaan gambar</b>	
<b><i>Image conversion</i></b>	
<b><i>Image cropping</i></b>	
<b><i>Image complement</i></b>	
<b><i>Filtering</i></b>	
<b><i>Biner</i></b>	

## 5. *image filtering*

*Filtering* adalah proses penghilangan derau (*noise*) dari suatu citra proses ini dilakukan untuk mendapatkan kualitas gambar yang lebih baik dan lebih representatif. Jenis-jenis *filtering* yang digunakan adalah : *Mean filtering* atau *average filtering*, *median filtering*, dan *Gaussian filtering*.

Prinsip dari *mean filtering* adalah mengganti setiap pixel menjadi pixel rata rata dari pixel-pixel sekitarnya. *Median filtering* menggunakan fungsi non linear dengan pengurutan statistika. Pixel dengan koordinat tertentu beserta pixel yang berada disekitarnya disusun menjadi sebuah deret untuk mengetahui nilai tengahnya untuk mengganti pixel sebelumnya. *Median filtering* mampu mempertahankan detail lebih baik dan kurang sensitif terhadap *noise* dengan nilai kontras. *Filter Gaussian* memiliki prinsip yang sama dengan *mean filtering* perbedaannya adalah nilai bobotnya tidak rata. Pada penelitian ini jenis *filtering* yang digunakan adalah *mean filtering*.

## 6. Konversi ke biner

Selanjutnya format citra diubah ke bentuk biner, yaitu 0 atau 1. Semua data dijustifikasi berdasarkan nilai *threshold* yang sesuai dengan range 0 atau 1.

## 7. Data gathering

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