

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1 Bahan Penelitian

1.1.1 Fluida Gas

Fluida gas yang digunakan adalah udara dengan kelembaban rendah yang bertekanan dan didapatkan dari kompresor. Properti dari udara pada tekanan 1 atmosfer dan suhu 27°C adalah sebagai berikut:

$$\rho_{\text{udara}} = 1,163 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{air}} = 1,8573 \times 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$$

$$\nu_{\text{udara}} = 1,579 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

1.1.2 Fluida Cair

Fluida cair yang digunakan adalah campuran antara gliserin dan akuades. Variasi viskositas campuran gliserin dan akuades yang digunakan pada penelitian ini, yaitu (40%, 50%, 60%, dan 70%). Properti dari gliserin dan akuades pada tekanan 1 atmosfer dan suhu 27°C adalah sebagai berikut:

Table 3.1. Sifat fisik cairan

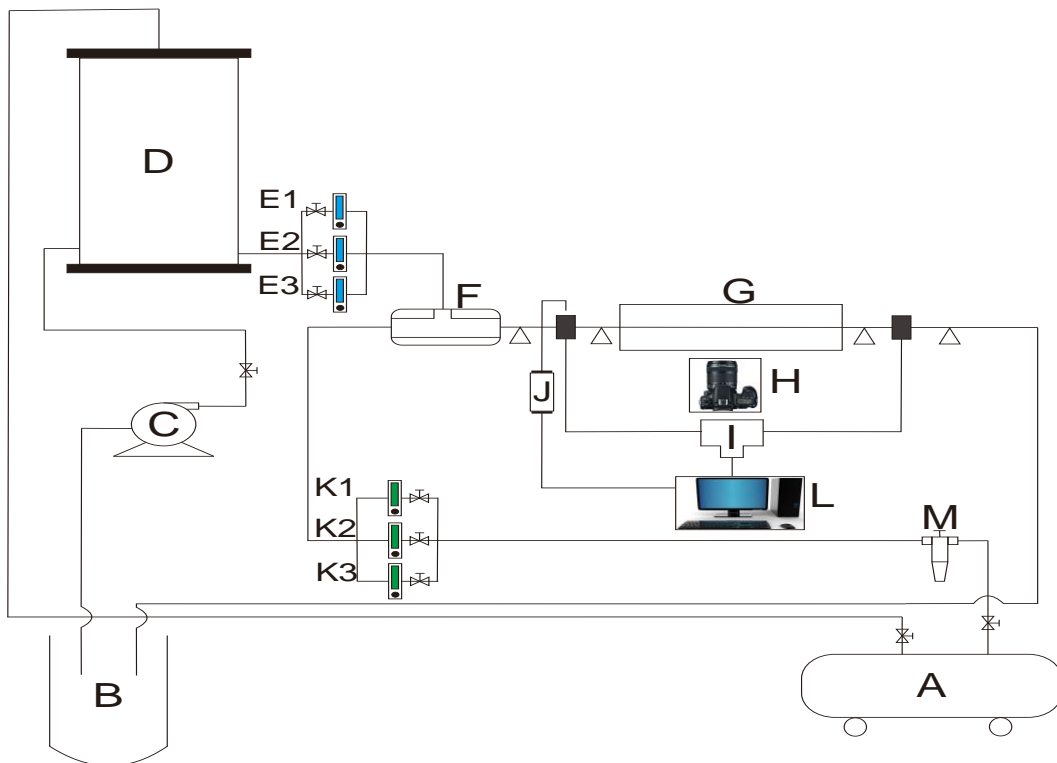
Fluida	Specific gravity	Kinematic viscosity [Mm^2/m]	Surface Tension [$m.N/m$]	Index
Akuades + 40% gliserin	1,114	3,320	58,6	GL40
Akuades + 50% gliserin	1,1421	5,505	57,5	GL50
Akuades + 60%gliserin	1,1671	9,393	56,4	GL60
Akuades + 70% gliserin	1,1896	16,98	53,9	GL70

1.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.2.1 Skema Alat

Pipa kaca dengan diameter 1,6 mm diletakkan diatas meja secara horisontal. Setelah itu Fluida air yang ada dalam bak penampungan dipompa masuk menuju flowmeter air. Sedangkan Fluida udara yang dialirkan dengan menggunakan mesin komresor menuju flowmeter udara. Kedua aliran udara dan air akan bercampur di dalam *mixer*, kemudian kedua fluida tersebut mengalir secara bersamaan sepanjang pipa dan direkam dengan menggunakan kamera berkecepatan tinggi. Selanjutnya kedua campuran fluida tersebut akan terpisah, fluida air akan dikembalikan ke bak penampungan air dan fluida udara akan dibuang ke lingkungan. Skema alat yang digunakan dalam penelitian tersebut, dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema instalasi Penelitian

Keterangan:

- | | |
|--------------------------|--|
| A. Kompresor | H. Kamera |
| B. Penampung fluida cair | I. <i>Pressure transducer</i> (valydine) |
| C. Pompa air | J. <i>Pressure transducer</i> (copal) |
| D. Tangki bertekanan | K. <i>Flowmeter</i> udara |
| E. <i>Flowmeter</i> cair | L. Data akuisisi (komputer) |
| F. Mixer | M. Water tap |
| G. Seksi Uji (optical) | |

1.2.2 Aliran Fluida Cair

Peralatan yang digunakan dalam proses mengalirkan fluida air ke seksi uji sebagai berikut:

1. Pompa air yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a) Merk : Lion Water Pump (L-107)
 - b) Daya : 120 Watt
 - c) Head : 9 m
 - d) Voltase : 220-240 V
 - e) Kapasitas maksimum : 5500 L/H



Gambar 3.2. *Water pump*

2. Selang digunakan untuk mengalirkan air dari tangki penampungan hingga menuju pipa saluran.
3. *Flowmeter* air berfungsi menunjukkan nilai debit aliran air. Alat uji ini digunakan tiga buah *flowmeter* air dengan kapasitas 0 - 50 mL/m, 0 - 500 mL/m, dan 0 - 1000 mL/m.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.3 (a) *Flowmeter* air dengan kapasitas maksimal 50 mL/menit, (b) 500 mL/menit dan (c) 0,1 – 1 GPM.

4. Pressure vessel (bejana tekan) yang terbuat dari *stainless steel*.
 - a. Diameter : 22cm
 - b. Tinggi : 100cm
 - c. Tebal Plat : 0,4 cm
 - d. Volume :38 Liter



Gambar 3.4. *Pressure Vessel*

5. Katup aliran berjenis *ball valve* digunakan untuk membuka dan menutup saluran air sebelum memasuki *flowmeter*.
6. Selang untuk mengalirkan air dari tangka penyimpanan bertekanan hingga menuju pipa saluran'

1.2.3 Aliran Fluida Gas

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

1. Kompresor memiliki spesifikasi sebagai berikut:
 - a) Merk : Shark
 - b) *Type* : LVU-012
 - c) Motor : $\frac{1}{2}$ HP

d) *Pressure* : 7 kg/cm²

e) Pabrikan : PT. SHARPINDO DINAMIKA PRIMA



Gambar 3.5. Kompresor

2. Selang udara digunakan untuk mengalirkan udara dari kompresor ke flowmeter udara hingga ke saluran pipa.
3. *Flowmeter* udara berfungsi untuk menunjukkan nilai debit udara yang memiliki nilai kisaran maksimal. Alat uji ini digunakan tiga buah *flowmeter* udara dengan kisaran debit maksimal 0,8 L/menit, 3 L/menit dan 10 L/menit.



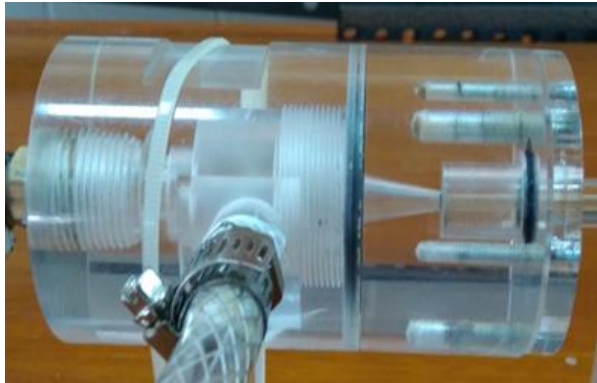
Gambar 3.6 *Flowmeter* udara dengan kisaran debit maksimal 0 - 0,8 L/m, 0 - 3 L/m dan 0 - 10 L/m.

4. Katup udara yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran udara yang akan memasuki *flowmeter*.

1.2.4 Peralatan Uji

1. *Mixer*

Mixer berfungsi sebagai media tempat bercampurnya fluida cair dan gas.

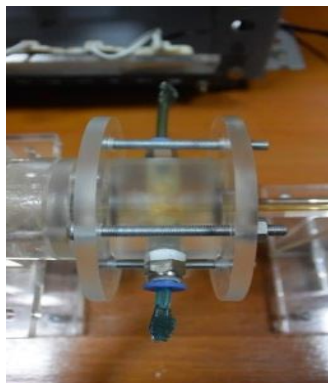


Gambar 3.7. *Mixer*

2. Pipa kaca yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter 1,6 mm.

3. Konektor

Alat yang berfungsi untuk menyambungkan pipa *acrylic* yang terbuat dari *acrylic*.



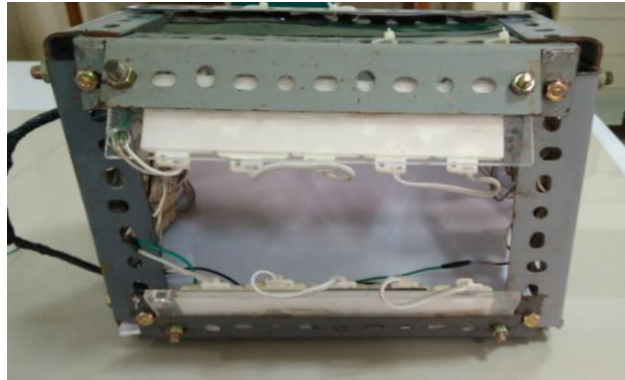
Gambar 3.8. Konektor

4. *Optical Correction Box*

Alat yang digunakan agar gambar tidak terkena efek pembiasan yang disebabkan oleh permukaan pipa.

5. Lampu penerangan

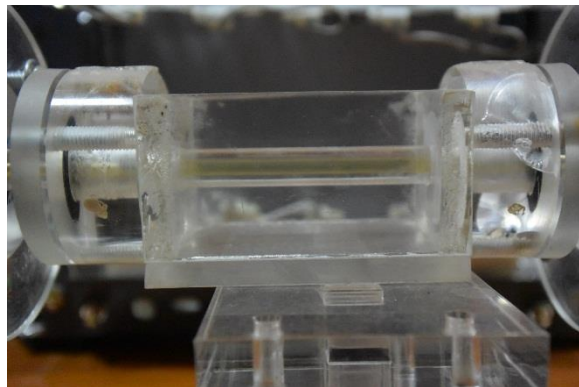
Alat yang digunakan untuk meningkatkan intensitas cahaya pada kamera dan untuk memperjelas pola aliran pada seksi uji. Lampu yang digunakan adalah lampu LED putih dengan daya 500 Watt.



Gambar 3.9. Lampu LED

6. *Test Section*

Alat yang digunakan dalam seksi uji berupa pipa yang terbuat dari kaca berdiameter 1,66 mm dan Panjang 160 mm yang bagian tengahnya dilindungi oleh *acrylic*.



Gambar 3.10 *Test Section*

1.2.5 Peralatan Pengambilan Data

Peralatan yang digunakan dalam proses pengambilan gambar berupa:

1. Kamera video Nikon J4 yang digunakan untuk pengamatan fraksi hampa dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a) Kecepatan rekam :1200 fps
 - b) Resolusi :416 x 144 pixel
 - c) ISO *sensivity* :3200 dan 6400



Gambar 3.11. Kamera

2. Laptop untuk mengolah data dan menyimpan video.
3. Sumber tegangan arus DC sampai dengan tegangan 1500 V dan arus 50 μA .
4. Tripod yang digunakan sebagai dudukan kamera.

1.3 Prosedur Penelitian

1. Pipa mini dipasang pada instansi sebagai test section dengan kemiringan 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , dan 90° .
2. Pengisian air (*akuades*) dalam tangki dengan campuran akuades dan gliserin dengan konsentrasi tertentu. Mula-mula dengan akuades tanpa campuran gliserin. Pada waktu pengisian akuades dilakukan penyaringan agar tidak ada partikel padat yang ikut dalam fluida kerja.
3. Pengisian air dalam tangki penampungan dilakukan sampai tangki terisi dari kapasitasnya sekitar 75%.
4. Tutup semua katup udara untuk mencegah udara masuk ke dalam *flowmeter* air.
5. Tutup semua katup air dan buka penuh katup *by pass* pompa.
6. Menghidupkan kompresor untuk menghasilkan aliran udara dan memberikan tekanan pada tangki penyimpanan.
7. Menghidupkan pompa air
8. Secara perlahan membuka katup pada *flowmeter* udara pada tangki penyimpanan bertekanan sampai didapatkan debit tertentu.
9. Secara perlahan buka katup air pada *flowmeter* air sampai didapatkan debit tertentu.

10. Setelah mendapatkan debit dari kedua aliran *flowmeter* tersebut, maka dilakukan pengambilan gambar dengan menggunakan kamera dengan kecepatan rekam 1200 fps.
11. Nilai debit tersebut didapatkan kecepatan superfisial udara (J_G) dan kecepatan superfisial air (J_L).
12. Semua data dicatat atau direkam.

1.4 Data Penelitian

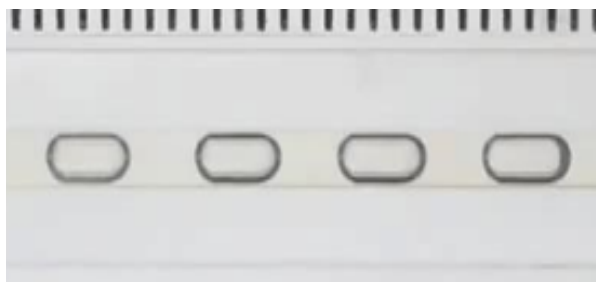
Kecepatan superfisial udara bervariasi antara 0,83 m/s sampai 60,75 m/s dan kecepatan superfisial air bervariasi antara 0,022 m/s sampai 4,14 m/s.

1.5 Proses Pengolahan Data

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. Langkah-langkah algoritma MATLAB yang dilakukan sebelum nilai fraksi hampa ditentukan.

1.5.1 Pembacaan Gambar

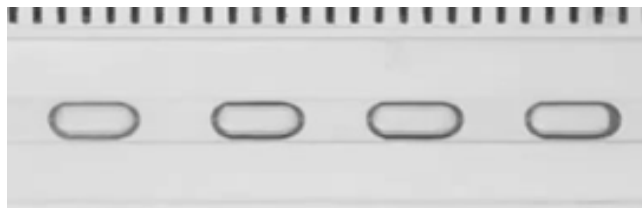
Setiap gambar yang telah dipecah dengan menggunakan *software* Virtual Dub akan dibaca oleh MATLAB dengan menggunakan fungsi *imread*. Sampel gambar RGB dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.12. Sampel gambar RGB

1.5.2 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 dibawah ini:



Gambar 3.13. Sampel gambar *grayscale*

1.5.3 Penyesuaian Gambar

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



Gambar 3.14. Sampel gambar *Crop*

1.5.4 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 3.15.



Gambar 3.15. Sampel gambar pembalikan warna

1.5.5 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 dibawah ini.



Gambar 3.16. *Filtering*

1.5.6 Segmentasi Gambar

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



Gambar 3.17. Biner

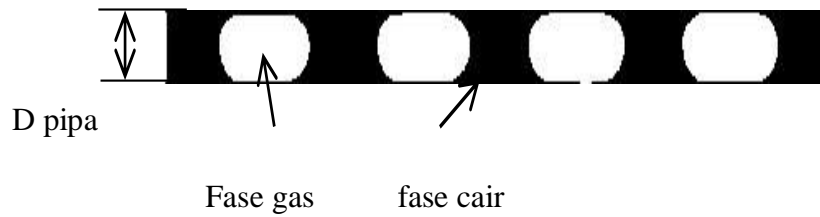
1.6 Pengambilan Data

1.6.1 Kalibrasi Ukuran Gambar

Kalibrasi gambar penting dilakukan guna mendapatkan nilai asli dari fraksi hampa agar dapat diketahui. Nilai fraksi hampa pada gambar yang terdiri dari satuan piksel dirubah menjadi satuan mm. Hasil kalibrasi ukuran didapat 1 piksel gambar sama dengan 0,08 mm pengukuran asli.

1.6.2 Perhitungan Data

Fraksi gambar adalah hasil bagi dalam luas penampang fase gas dibagi dengan luas total pipa.



Gambar 3.18. Fase fluida pada saluran

Pada Gambar 3.20 warna putih akan dibaca sebagai nilai 1 oleh MATLAB, dan warna hitam akan dibaca sebagai nilai 0, jika pada titik tertentu terdapat sebagian warna putih dan sebagian warna hitam maka nilainya antara 0 dan 1 tergantung seberapa besar warna putih dan seberapa besar warna hitam.

Untuk menentukan nilai fraksi hampa digunakan Persamaan *cross section* 2.2 dimana untuk mencari luas penampang aliran udara-air dan luas penampang fase gas menggunakan persamaan luas lingkaran (3.1)

$$A_{\text{lingkaran}} = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (3.1)$$

Sehingga persamaan 3.1 ke persamaan 2.2 maka akan didapat:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\pi}{4} D_2^2}{\frac{\pi}{4} D_1^2} \quad (3.2)$$

Kemudian sederhanakan persamaan 3.2 menjadi

$$\varepsilon = \frac{D_2^2}{D_1^2} \quad (3.3)$$

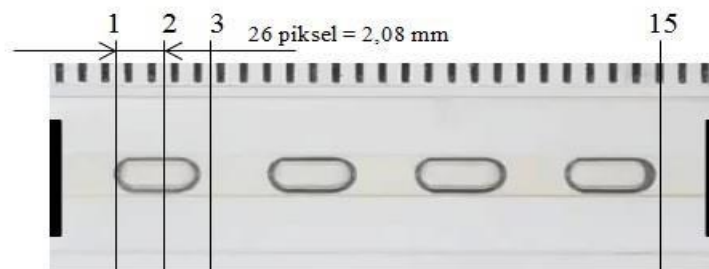
1.6.3 Perhitungan Cross-correlation

Untuk mendapatkan kecepatan pola aliran bubble dan slug dapat ditentukan dengan dua titik referensi. Pengukuran kecepatan pergerakan dari bubble dan slug tersebut dapat ditentukan dengan mengamati beberapa lama ujung depan bubble dan slug bergerak dari satu titik referensi yang satu menuju titik referensi yang lain.

$$U_s = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (3.4)$$

Penelitian tersebut menggunakan 15 titik referensi untuk semua data pola aliran bubble dan slug dengan jarak antar titik referensi sebesar 26 piksel atau setara dengan 2,08 mm. Setiap titik referensi akan mengambil data sinyal berupa waveforms dari semua titik referensi yang digunakan untuk mengatur waktu yang dibutuhkan bubble dan slug untuk bergerak dari titik referensi satu ke titik referensi lain.

Waktu diukur oleh MATLAB menggunakan metode cross correlation dengan cara menggunakan fungsi `xcorr`. Waktu yang dihitung berupa jumlah frame yang dibagi dengan kecepatan perekaman dari kamera. Titik referensi dapat dilihat *dibawah ini*:



Gambar 3.19. Titik referensi setiap gambar

1.7 Tempat Penelitian

Penelitian tentang eksperimental pengukuran fraksi hampa pada aliran gas-cair dalam pipa *minichannel* horisontal, dilakukan di laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.8 Diagram Alir Penelitian

