

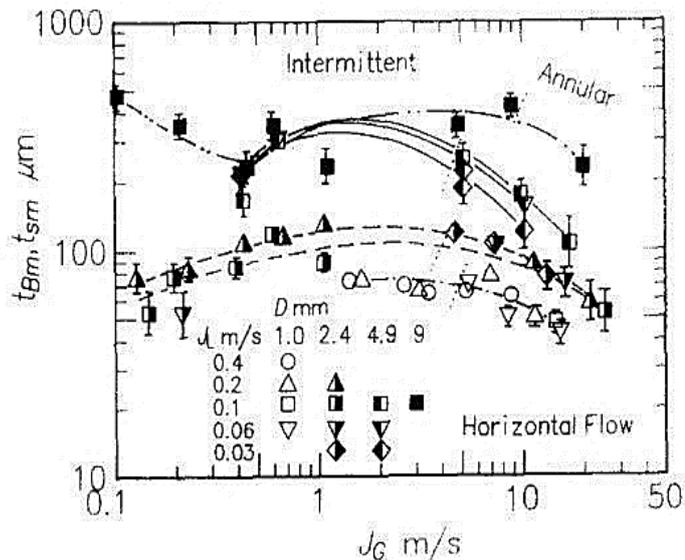
## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Kajian Pustaka

Penelitian tentang fraksi hampa pada saluran mini dan mikro telah dilakukan oleh Fukano dan kariyasaki (1993), Ali dkk (1993), Triplet dkk (1999), Kawahara dkk (2002), Sarizawa dkk (2002), Chung dan Kawaji (2004), Sowinski dan Dziubinski (2007), Sadatomi dkk (2010), Aqli Haq dkk (2015), Sudarja (2015). Penelitian dari beberapa peneliti tersebut menghasilkan hasil yang bermacam-macam. Perbedaan ini terjadi disebabkan karena perbedaan metode yang digunakan antara satu peneliti dengan yang lainnya.

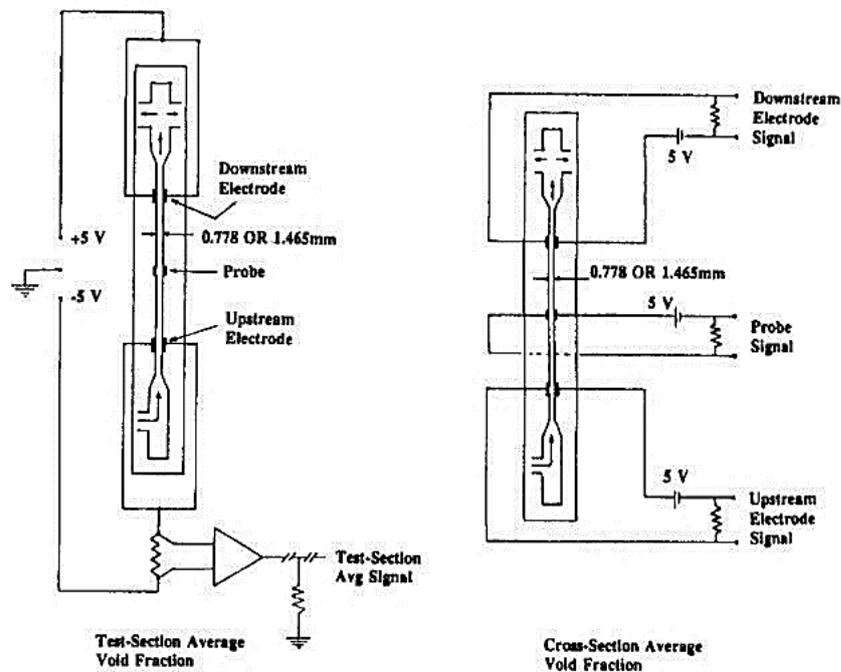
Fukano dan kariyasaki (1993) mengukur fraksi hampa dengan menggunakan metode arus konstan dengan kalibrasi menggunakan model *small bubblys* dan *large gas bubblys*. Analisa mengenai fraksi hampa dilakukan dengan mengetahui nilai dari *film thickness* cairan yang melingkari *bubbly* tersebut.



Gambar 2.1. Hubungan kecepatan superficial gas dengan *liquid thickness* (Fukano dan Kariyasaki, 1993)

Gambar 2.1 menunjukkan hubungan antara *film thickness* dengan kecepatan superfisial gas pada aliran horizontal pipa berukuran 1 mm; 2,4 mm; 4,9 mm; dan 9 mm. Fukano dan Kariyasaki (1993) menyatakan bahwa nilai *film thickness* pada pipa berdiameter 1 mm; 2,4 mm; dan 4,9 mm nilai *film thickness* semakin besar dengan kenaikan kecepatan superfisial gas. Sebaliknya, pada pipa berdiameter 9 mm nilai *film thickness* semakin turun dengan kenaikan kecepatan superfisial gas. Selain itu, data yang didapat pada pola aliran *intermittent* dapat dihungkan secara baik dengan data yang didapat pada aliran *annular*.

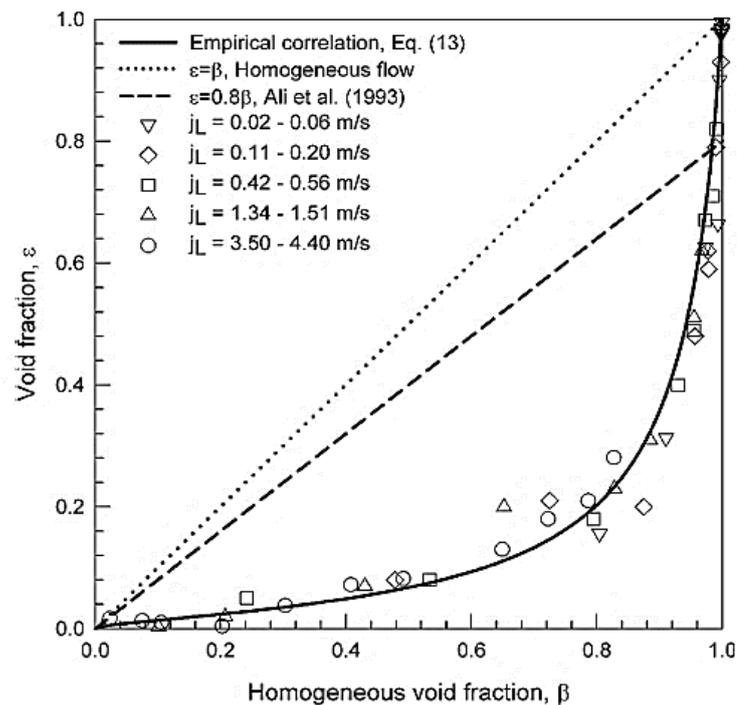
Ali dkk (1993) melakukan pengukuran fraksi hampa dengan cara melakukan pengukuran konduktivitas listrik pada sebuah aliran. Dua pasang elektroda dipasang pada saluran masuk dan keluar pada plat sejajar dengan gap 0,778 mm – 1,456 mm seperti pada Gambar 2.2 fraksi hampa diukur dengan membandingkan rasio antara konduktivitas listrik aliran dua fase – gas cair dengan konduktivitas listrik aliran satu fase cair. Hasil dari data tersebut kemudian akan dikonversikan ke bentuk fraksi hampa.



Gambar 2.2. Pengukuran fraksi hampa (Ali dkk, 1993)

Triplet dkk (1999) membandingkan data fraksi hampa mereka yang deistimasi dari foto yang diambil dari seksi uji sirkular, dengan prediksi dari beberapa korelasi. Dengan pengecualian aliran *annular* dimana semua korelasi yang diujikan melebihi data, model homogen menghasilkan kesesuaian terbaik dengan hasil eksperimen.

Kawahara dkk (2002) mengukur fraksi hampa pada pipa dengan diameter 100  $\mu\text{m}$ . pada saat fluida cair mengalir dengan *flow rate* yang rendah, gambar yang terekam didominasi aliran tanpa udara ( $\varepsilon=0$ ), dan inti gas mengalir dengan film cairan halus. Sedangkan pada saat rata-rata aliran tinggi, terdapat tiga jenis aliran yang terekam yaitu aliran tunggal ( $\varepsilon=0$ ), inti gas mengalir dengan cair halus ( $\varepsilon=1$ ), dan inti gas yang mengalir dengan film cairan tebal ( $0 < \varepsilon < 1$ ). Berikut adalah grafik fraksi hampa yang dihasilkan dari penelitian Kawahara dkk (2002).

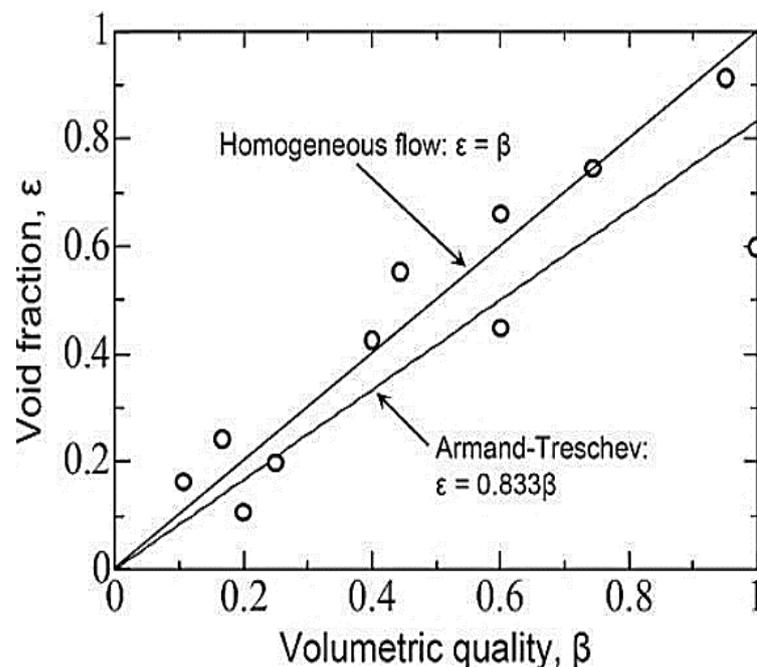


Gambar 2.3. Hubungan antara fraksi hampa terukur dengan fraksi hampa homogen. (Kawahara dkk, 2002)

Gambar 2.3. menunjukkan fraksi hampa dengan fraksi hampa homogen,  $\beta = J_G / (J_G + J_L)$  dimana  $J_G$  adalah kecepatan superfisial gas dan  $J_L$  adalah kecepatan

superfisial air. Nilai fraksi hampa terlihat sangat rendah pada  $\beta < 0,8$  tetapi meningkat secara signifikan pada saat  $0,8 < \epsilon < 1$ . Garis yang dihasilkan dari penelitian ini tampak jauh berbeda dengan garis linear dari aliran homogen. Perbedaan hubungan garis  $\beta$  dan  $\epsilon$  ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Aliran air sangat dipengaruhi oleh tegangan geser dinding dan tegangan permukaan, tetapi fase gas dapat mengalir tanpa hambatan pada ini saluran.

Serizawa dkk (2002) mengukur fraksi hampa menggunakan analisis gambar video. Untuk semua pola aliran *bubbly* dan *plug*, didapatkan korelasi linier antara  $\alpha$  dan  $\beta$ , dengan  $\alpha = 0,833\beta$ . Grafik korelasi fraksi hampa dengan *volume quality* hasil penelitian oleh Serizawa dkk (2002) dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.

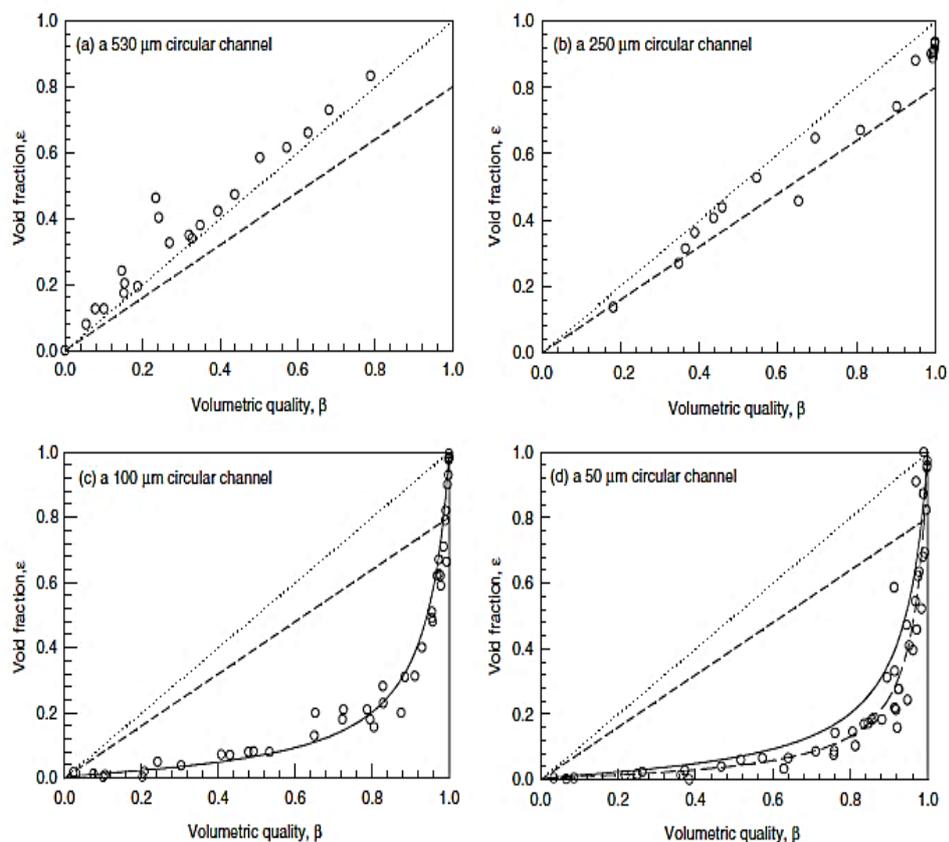


Gambar 2.4. Korelasi fraksi hampa dengan *volume quality* hasil penelitian

(serizawa dkk, 2002)

Chung dan Kawaji (2004) mengukur fraksi hampa rata-rata waktu pada saluran sirkular berdiameter  $D=50, 100, 250, \text{ dan } 530 \mu\text{m}$  serta  $96 \mu\text{m}$  saluran persegi menggunakan analisis gambar. Model aliran homogen mempunyai kesesuaian yang

baik dengan data untuk diameter 530  $\mu\text{m}$ . data untuk diameter 250  $\mu\text{m}$  sedikit berbeda dari model aliran homogen, tetapi bersesuaian secara baik dengan korelasi tipe Armand yang disusulkan lebih dulu oleh Ali dkk (1993) untuk aliran dua fase dalam saluran persegi sempit dengan  $D_h \sim 1 \text{ mm}$ :  $\alpha=0,8 \beta$  dengan  $\beta=J_G/J$  adalah kualitas volumetrik. Data dari Chung dan Kawaji (2004) untuk saluran persegi 96  $\mu\text{m}$  dan 50 serta 100  $\mu\text{m}$  menunjukkan kecenderungan berbeda sama sekali dari korelasi-korelasi tersebut, akan tetapi menunjukkan hubungan tidak linier antara  $\alpha$  dan  $\beta$  sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.5.



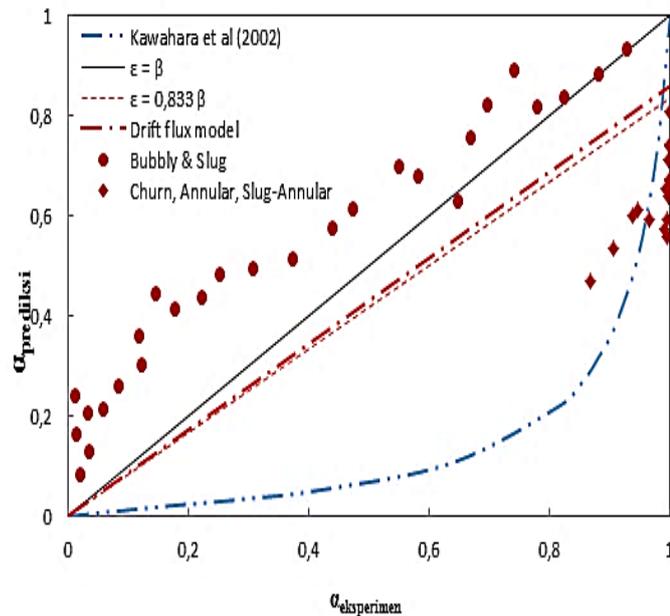
Gambar 2.5. Hubungan antara fraksi hampa dan kualitas volumetrik dari eksperimen (Chung dan Kawaji, 2004)

Sowinski dan Dziubinski (2007) melaporkan hasil penelitiannya tentang pengaruh viskositas terhadap fraksi hampa aliran dua fase gas-cairan pada saluran mini sempit. Fluida yang digunakan adalah air dan larutan *aqueous saccharose*.

Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa kenaikan viskositas cairan menyebabkan menurunnya fraksi hampa gas. Selain itu, naiknya viskositas cairan menyebabkan pertumbuhan kecepatan aliran fase gas rata-rata,  $j_G$ , yang signifikan.

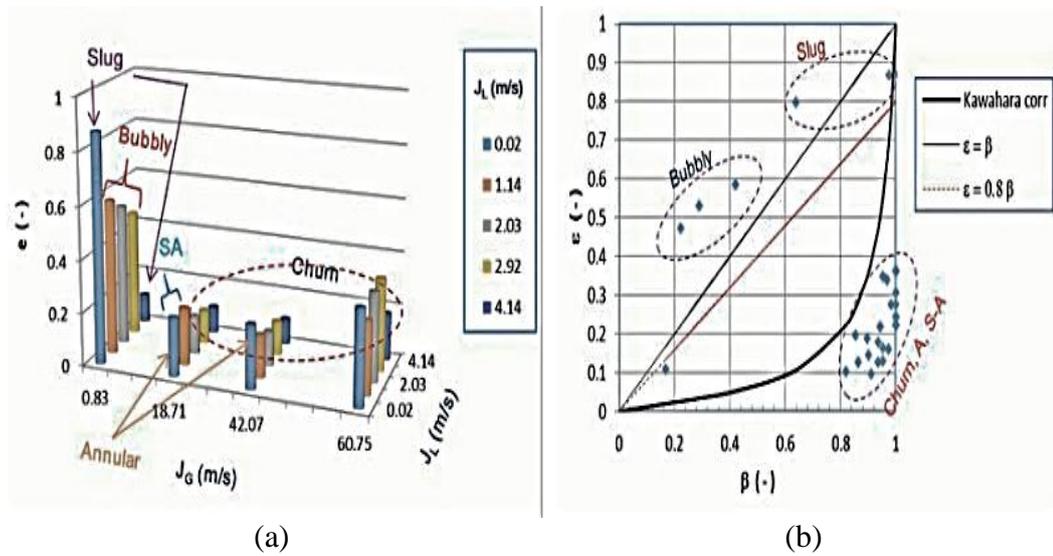
Sadatomi dkk. (2010) melakukan penelitian aliran dua fase gas – cairan pada pipa horizontal berdiameter 3,5, dan 9 mm menggunakan empat macam cairan, yaitu : *tap water*, larutan *poly-oxy-ethylene lauryl*, larutan *nonionic-polymer-fluorinate FC4430*, dan *purehydrofluoroether 7200*, sementara fluida gasnya adalah udara pada kondisi atmosfer. Mereka melaporkan : properti cairan sangat berpengaruh terhadap transisi pola aliran, terutama transisi aliran *bubbly* ke aliran *plug*; properti cairan tidak berpengaruh banyak pada *frictional pressure drop*, tetapi berpengaruh signifikan pada *interfacial friction force* dan fraksi hampa, terutama pada aliran *bubbly* dan *plug* untuk  $j_L=2\text{m/s}$ .

Aqli Haq dkk (2015) mengukur fraksi hampa rata-rata pada saluran berdiameter dalam 1,6 mm dengan menggunakan analisis gambar dengan bantuan *software* MATLAB. Hasil pengukuran fraksi hampa dibandingkan dengan model homogen yaitu  $\alpha = J_G/(J_G+J_L)$ , persamaan Ali dkk (1993), persamaan Kawahara dkk (2002) dimana  $\beta = (0,03\alpha^{0,5})/(1-0,97\alpha^{0,5})$ . Pada gambar 2.6 terlihat bahwa aliran *plug* dan *bubbly* berada di atas garis korelasi terhadap model homogen, sedangkan untuk aliran *churn*, *plug-annular*, *annular*. Letak fraksi hampa untuk aliran *plug* dan *bubbly* yang berada di atas garis homogen menandakan *slip ratio* yang terjadi bernilai lebih dari 1. Besarnya *slip ratio* tersebut dikarenakan kecepatan aktual dari udara jauh lebih besar dari pada kecepatan aktual air. Sedangkan nilai fraksi hampa aliran *churn*, *plug-annular*, *annular*, berada dibawah garis korelasi penelitian Sairon dan Wongwises (2009) dimana mereka menggunakan pipa berukuran 0,15 mm dan meneliti hanya untuk aliran *throat-annular*, *serpentine-like gas core*, dimana hasil fraksi hampa yang didapatkan mendekati garis korelasi Kawahara (2002).



Gambar 2.6 Hubungan antara fraksi hampa Alqi Haq dkk (2015) dengan hasil penelitian dengan korelasi penelitian terdahulu

Sudarja (2015) melakukan penelitian tentang fraksi hampa, salah satu hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.7. Gambar (a) terlihat bahwa secara umum kenaikan  $J_G$  memberikan pengaruh fraksi hampa, kecuali pada  $J_G$  yang sangat rendah, karena pada  $J_G$  tersebut pola aliran yang terbentuk adalah *bubbly* dan *plug*. dari grafik fraksi hampa homogen ( $\beta$ ) vs fraksi hampa terukur ( $\epsilon$  atau  $\alpha$ ), yaitu Gambar (b), untuk harga *bubbly*, semua harga  $\epsilon$  lebih tinggi dari pada harga  $\beta$ , sedangkan untuk aliran *plug*, harga  $\epsilon$  tersebar disekitar garis korelasi Ali dkk. ( $\epsilon=0,8 \beta$ ) sampai dengan sedikit di atas garis homogen. Hal ini dapat dilihat karena pada aliran *bubbly* dan *plug* tidak terjadi *slip* atau misalnya ada, *slip ratio* nya mendekati 1. Untuk pola aliran *churn*, *plug-annular*, (S-A), maupun *annular* (A), harga  $\epsilon$  sangat kecil, bahkan berada dibawah garis korelasi Kawahara (persamaan 2). Hal ini dapat dilihat karena adanya *slip ratio* yang sangat besar, berarti kecepatan gas jauh lebih besar dari pada kecepatan cairan.



Gambar 2.7. (a) Pengaruh  $J_G$  dan  $J_L$  terhadap fraksi hampa, (b) Pengaruh  $\beta$  terhadap  $\epsilon$ . ( $\epsilon = \alpha$ ) (Sudarja, 2015)

## 2.2 Dasar Teori

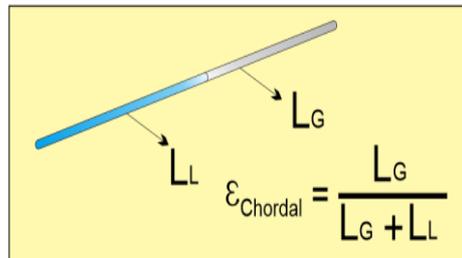
Fraksi hampa merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk menentukan karakter dari aliran dua fase. Beberapa parameter yang dapat ditentukan antara lain densitas dua fase, viskositas dua fase, kecepatan rata-rata, penurunan tekanan, koefisien perpindahan panas. Terdapat tiga metode untuk mendefinisikan fraksi hampa, metode tersebut antara lain:

### 1. Metode *chordal*

Fraksi hampa *chordal* didasarkan pada perbandingan fase gas di dalam pipa terhadap Panjang total pipa yang ditinjau atau dapat dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$\epsilon_{chordal} = \frac{L_G}{L_G + L_L} \quad (2.1)$$

Dengan  $L_L$  adalah Panjang fase cairan, sedangkan  $L_G$  adalah Panjang fase gas. Skema fraksi hampa *chordal* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



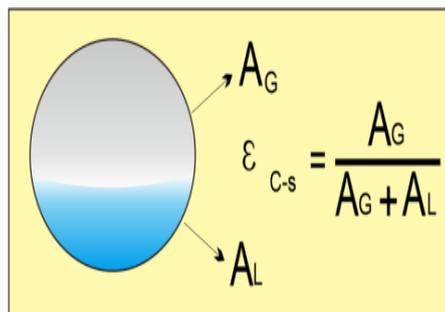
Gambar 2.8 Fraksi hampa *chordal*  
(Thome, 2004)

## 2. Fraksi hampa *cross-section*

Metode ini membandingkan luas penampang fase gas terhadap luasan penampang pipa untuk menentukan nilai fraksi hampa. Perhitungan fraksi hampa dengan metode *cross sectional* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\epsilon_{L-G} = \frac{A_G}{A_G + A_L} \quad (2.2)$$

Dimana  $A_G$  merupakan luasan gas dan  $A_L$  merupakan luasan cairan.



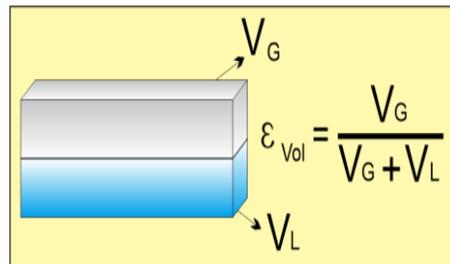
Gambar 2.9 Fraksi hampa *cross-section*  
(Thome, 2004)

### 3. Fraksi hampa volumetrik

Fraksi hampa volumetrik dapat diukur dengan menggunakan alat *quick-closing valve*. Fraksi hampa didefinisikan sebagai berikut.

$$\varepsilon_{vol} = \frac{V_G}{V_G + V_L} \quad (2.3)$$

Dimana  $V_G$  adalah volume udara dan  $V_L$  adalah volume cairan.



Gambar 2.10 Fraksi hampa volumetrik

(Thome, 2004)

Penelitian ini menggunakan metode *cross-sectional* untuk menentukan nilai fraksi hampa pada aliran.

#### 2.2.1 Fraksi Hampa Homogen

Dari definisi fraksi hampa *cross-sectional* dengan luas penampang  $A$ , maka kecepatan aliran gas dan kecepatan aliran cairan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$U_G = \frac{Q_G}{A_\varepsilon} = \frac{\dot{m}}{\rho_G} \left( \frac{x}{\varepsilon} \right) \quad (2.4)$$

$$U_L = \frac{Q_L}{A_{(1-\varepsilon)}} = \frac{\dot{m}}{\rho_L} \left( \frac{1-x}{1-\varepsilon} \right) \quad (2.5)$$

Dari persamaan (2.4) dan (2.5) maka nilai fraksi hampa dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\varepsilon_H = \frac{1}{1 + \left(\frac{1+x}{x}\right) \frac{\rho_G}{\rho_L}} \quad (2.6)$$

### 2.2.2 Rasio Kecepatan

Rasio kecepatan adalah dimana kecepatan rata-rata dari fase gas dan cair berbeda. Rasio kecepatan merupakan penyederhanaan untuk menggambarkan kecepatan rata-rata dari kedua fase tersebut. Rasio kecepatan dirumuskan sebagai berikut.

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + \left(\frac{1-x}{x}\right) \frac{\rho_G}{\rho_L} S} \quad (2.7)$$

Dimana rasio kecepatan adalah

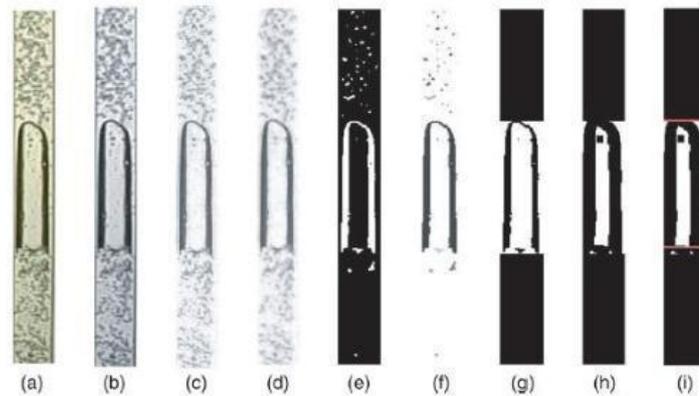
$$S = \frac{U_G}{U_L} \quad (2.8)$$

Untuk persamaan yang sama, persamaan (2.7) menyerupai persamaan (2.8) dimana nilai  $S=1$ . Untuk pipa vertikal dan horisontal pada aliran berlawanan arah, kecepatan dari gas hampir selalu lebih cepat dari kecepatan cairan dimana nilai  $S \geq 1$ . Pada kasus ini nilai fraksi hampa homogen  $\varepsilon_H$  lebih besar dari nilai fraksi hampa  $\varepsilon$ . Untuk pipa vertikal pada aliran kebawah, kecepatan dari fase udara lebih lambat dari pada kecepatan cairan karena pengaruh gravitasi sehingga  $S < 1$ , sehingga nilai fraksi hampa homogen  $\varepsilon_H$  lebih kecil dari nilai fraksi hampa  $\varepsilon$ .

### 2.3 Digital Image Processing

Salah satu metode untuk mengetahui fenomena aliran dua fase dengan pengamatan visual adalah menggunakan Teknik pengolahan *digital image*. Dalam aliran dua fase teknik ini telah digunakan untuk mengetahui karakteristik aliran, pola aliran dan topologi aliran. Gopal dan Jepson (1997) menggambarkan teknik analisis *digital image* pertama kali untuk studi kecepatan dan batas profil aliran *plug* di dalam pipa. Mayor dkk (2012) telah melakukan pengolahan data menggunakan *digital image* untuk studi tentang perilaku aliran dua fase (gas-cair) berlawanan arah di *hot leg PWR*. Untuk kasus *annular* horizontal, Ozbayyoglu dan Yuksel (2012) menganalisis perilaku aliran dua fase (gas-cair) dengan teknik pengolahan *image*, tetapi tidak terfokus pada pola aliran atomisasi fluida campuran.

Metode ini juga dapat digunakan pada penelitian tentang *minichannel*. Untuk menangkap *image* yang baik. Digunakan lensa makro untuk memperbesar *image* yang ditangkap pada pipa yang berukuran sangat kecil tersebut. Salah satu *software* pengolah data *visual* yang sudah banyak dipakai saat ini yaitu dengan menggunakan *software* MATLAB. Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengolah gambar didalam *software* MATLAB yaitu konversi gambar (RGB ke *grayscale image*), pengurangan intensitas latar belakang pengurangan gangguan lainnya (*image filtering*), penyesuaian gambar, *image thresholding*, dan *binarization* yaitu untuk menghasilkan gambar biner yang dapat secara otomatis dianalisis secara logika digital (1 dan 0), tergantung pada nilai ambang batas.



Gambar 2.11. Langkah-langkah dalam *image processing*

(Mayor dkk, 2007)

Langkah-langkah dalam *image processing* oleh Mayor dkk (2007) dapat dilihat pada gambar 2.11. Hasil penelitian kemudian diharapkan dapat menunjukan bahwa variabel yang diukur seperti fraksi hampa, *bubbly velocity* biasanya ditentukan secara akurat dengan teknik ini.

*Digital image processing* merupakan salah satu metode untuk mengukur nilai fraksi hampa dengan mengambil *image* aliran menggunakan kamera kemudian diolah dengan menggunakan *software* komputer. McAndrew (2004) menjelaskan tujuan *digital image processing* adalah:

1. Meningkatkan kualitas *image* sehingga dapat di definisikan dengan baik oleh manusia.
2. Mengubah *image* ke dalam format yang cocok agar dapat diolah lebih lanjut memakai *software* di komputer.

### 2.3.1 Image

Widyatama (2015) menjelaskan bahwa *image* adalah suatu representasi dari suatu objek. *Image* dibedakan menjadi dua yaitu *analog image* dan *digital image*. *Analog* adalah *image* yang berkelanjutan seperti televisi. *Digital image* adalah *image* yang dapat diolah dengan menggunakan *software* di komputer. *Digital image* merupakan fungsi  $f(x,y)$  dari intensitas cahaya dimana  $x$  dan  $y$  merupakan

koordinat. Nilai dari  $f$  pada setiap koordinat  $(x,y)$  disebut intensitas atau tingkat warna suatu Gambar. 3 jenis *digital image* yang biasa digunakan untuk pengolahan data yaitu:

1. Gambar RGB

Gambar *RGB* merupakan *image* yang terdiri dari tiga buah matriks yang masing-masing memiliki warna merah, biru, dan hijau, contoh gambar RGB dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Contoh gambar RGB

Setiap piksel mempunyai nilai tertentu untuk masing-masing tersebut dengan *range* 0-255 sehingga mempunyai 16.777.216 kemungkinan warna.

2. Gambar *Grayscale*

Gambar *grayscale* merupakan beberapa gambar RGB yang mempunyai komponen dengan nilai yang sama yang digabungkan menjadi satu. Contoh gambar *grayscale* dapat dilihat pada Gambar 2.13.

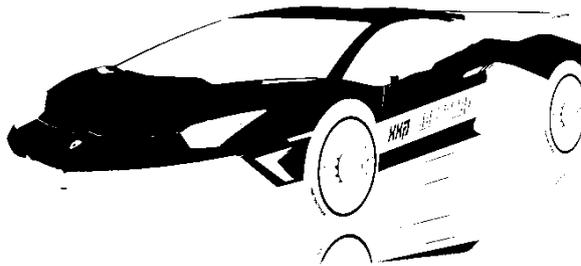


Gambar 2.13 Contoh Gambar *Grayscale*

Setiap piksel yang ada pada gambar *grayscale* memiliki warna abu-abu dengan rentang nilai dari 0 sampai 255. Nilai 0 untuk menyatakan warna hitam dan nilai 255 untuk menyatakan warna putih.

### 3. Gambar Biner

Gambar biner merupakan sebuah gambar dimana setiap pikselnya hanya mempunyai 2 kombinasi warna yaitu hitam dan putih. Nilai 0 untuk menyatakan warna hitam dan nilai 1 untuk menyatakan warna putih. Contoh gambar biner dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Contoh Gambar Biner

Gambar biner hanya membutuhkan 1 bit untuk setiap pikselnya sehingga tidak membutuhkan memori yang banyak dan sangat efisien untuk penyimpanan data.

### 2.3.2 Noise

*Noise* merupakan piksel yang mengganggu kualitas gambar sehingga dapat mengurangi keakuratan data pada gambar tersebut, *Noise* muncul akibat gangguan yang terjadi karena pencahayaan yang kurang sempurna. Oleh karena itu perlu dilakukan *image processing* agar didapat gambar yang diinginkan. Berikut merupakan beberapa jenis *noise*, yaitu:

1. *Coherent noise*

*Noise* ini terjadi akibat gangguan sinyal pada alat yang digunakan untuk mengambil gambar sehingga gambar yang dihasilkan akan terdapat *noise* yang mengganggu.

2. *Fixed-location noise*

*Noise* jenis ini selalu terjadi ditempat yang sama. *Noise* ini dihilangkan dengan cara mengganti piksel yang terdapat *noise* dengan piksel di sekitarnya yang tidak terdapat *noise*.

3. *Salt-and-pepper noise*

*Noise* ini juga disebut *impulse noise*, *shout noise* atau *binary voice*. *Noise* ini terjadi akibat kesalahan dalam data transmisi yang membuat gambar terdapat titik-titik kecil.

### 2.3.3 Filtering

*Filtering* adalah proses untuk menghilangkan *noise* yang dapat mengganggu kualitas gambar agar gambar tersebut dapat diolah dengan baik. Filter yang biasa digunakan antara lain:

1. *Mean filtering*

Prinsip dari proses *filter* ini adalah dengan mengganti setiap piksel dengan rata-rata nilai dari piksel tersebut dan piksel-piksel di sekitarnya.

## 2. *Median filtering*

Prinsip dari *median filtering* yaitu mengganti setiap nilai piksel dengan nilai tengah dari piksel tersebut dengan piksel disekitarnya. Piksel tersebut disusun dengan piksel-piksel disekitarnya sehingga dapat diketahui nilai tengahnya. *Median filtering* mampu memberikan detail yang lebih baik.

## 3. *Gaussian filtering*

*Gaussian filtering* sering digunakan untuk mempermudah menganalisis gambar seperti menghaluskan gambar dan menghilangkan *noise*. Pada *filtering* ini, nilai setiap piksel diganti dengan rata-rata nilai pembobotan dari nilai piksel tersebut dengan piksel di sekitarnya.

## 2.4 Metode Analisis Statistik

Untuk mendapatkan data yang diinginkan dari karakter pola aliran dua fase yang diinginkan digunakan statistik analisis *time-series*. Statistik analisis digunakan untuk memproses data mentah dari hasil *digital image processing* sehingga hasilnya lebih muda untuk dipahami. Statistik analisis yang digunakan antara lain:

### 1. Nilai rata-rata data

Data fraksi hampa dari hasil variasi  $J_G$  dan  $J_L$  berdasarkan *time-series* diplot kedalam sebuah grafik, dan nilai rata-rata akan didapat.

### 2. *Probability Distribution Function (PDF)*

PDF digunakan untuk menentukan sebaran nilai yang keluar diukur. Fungsi ini sering digunakan untuk menggambarkan perilaku suatu distribusi probabilitas teoritis dan nilai fraksi hampa.

### 3. *Power Spectral Density (PSD)*

*Power spectral density* menunjukkan kekuatan dari variasi sebagai fungsi dari frekuensi. Perhitungan PSD dilakuksn dengsn cara metode FFT (*Fast fourier transform*).

#### 4. *Cross Correlation*

*Cross correlation* dapat digunakan untuk menghitung kecepatan *bubbly* dan *plug*. Pengukuran dengan cara membuat dua titik referensi pada jarak tertentu sehingga terdapat jeda waktu saat *bubbly* atau *plug* melewati kedua titik referensi tersebut. Dalam statistik, korelasi antara dua variabel yang dapat digambarkan sebagai nilai numerik. Statistik korelasi *intraclass* atau *intraclass correlation coefficient* (ICC), adalah statistik destriptif yang dapat digunakan ketika kuantitatif pengukuran yang dibuat pada unit yang tergabung dalam kelompok. Hal tersebut menggambarkan seberapa kuat unit dalam kelompok yang sama satu sama dengan yang lainnya.