

POLA ALIRAN DUA FASE (AIR+UDARA) PADA PIPA HORIZONTAL DENGAN VARIASI KECEPATAN SUPERFISIAL AIR

Agus Dwi Korawan

Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

Keywords :

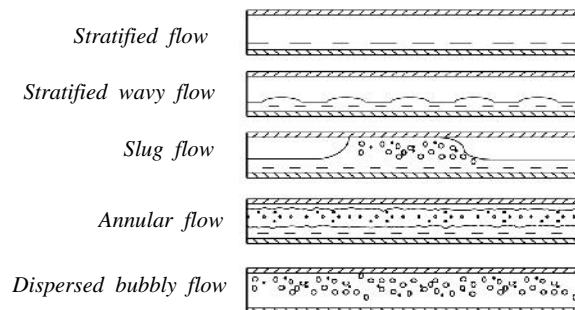
*The flow pattern
Horizontal pipe
Bubble flow*

Abstract :

The flow pattern in the two-phase flow is more complex than in single - phase flow , it is due to the interaction between the phases . In this study aims to look at the change in the pattern of two-phase flow in a horizontal pipe with water superficial velocity variations . Module testing used acrylic which has inside diameter 36 mm . Using water and air as the working fluid . Water superficial velocity variations (U_{sl}) is 0.4 m / s , 0.55 m / s , 0.7 m / s , 0.85 m / s and 1.0 m / s . Volumetric ratio (ϕ) is 0.05 . The results showed that there are changes in flow patterns throughout the module test. The greater the U_{sl} cause changes the flow pattern of bubble flow into slug flow.

1. PENDAHULUAN

Klasifikasi pola aliran sangat berubah-ubah tergantung pada observasi individual dan kondisi dari fluida yang mengalir, untuk situasi aliran yang tertentu, tiap orang mungkin mempunyai definisi yang berbeda - beda pula, tetapi setelah tahun 2005 untuk aliran *horizontal gas-liquid concurrent flow* yang umumnya bisa diterima terdapat 5 macam sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 1.1.



Gambar 1.1 *Gas-liquid two phase flow regime in horizontal pipe* [1]

Pola aliran yang diperlihatkan pada Gambar 1.1 secara umum adalah sebagai berikut:

1. Aliran strata licin (*stratified flow*), dimana permukaan bidang sentuh *liquid-gas* sangat halus. Tetapi pola aliran seperti ini biasanya tidak terjadi, batas fase hampir selalu bergelombang.
2. Aliran strata gelombang (*stratified wavy flow*), dimana amplitudo gelombang meningkat karena kenaikan kecepatan gas.
3. Aliran sumbat liquid (*slug flow*), dimana amplitudo gelombang sangat besar hingga menyentuh bagian atas pipa.
4. Aliran cincin (*annular flow*), sama dengan pipa vertikal hanya *liquid film* lebih tebal didasar pipa dibandingkan dibagian atas.
5. Aliran gelembung yang tersebar (*Dispersed bubbly flow*), dimana gelembung gas cenderung untuk mengalir pada bagian atas pipa.

Ketika dua fase mengalir di dalam pipa, perbedaan fase bisa berkontribusi dalam hal pola aliran yang akan menyebabkan hidrodinamika aliran yang beragam pula, sebagaimana mekanisme momentum, perpindahan panas dan massa disekitar fluida.

Perbedaan antar fase yang mengalir didalam pipa akan membentuk banyak perubahan pola aliran, hal ini dikarenakan fase fluida yang berbeda, orientasi dan geometri pipa dimana fluida-fluida yang mengalir, dan *flow rates* dari tiap fase. Pengaruh *elbow* terhadap pola aliran pada pipa horisontal terlihat nyata untuk berbagai Variasi *superficial liquid velocity* (U_{sl}) serta variasi ϕ , hal yang menarik untuk diketahui bahwa pada kasus kecepatan *superficial liquid* yang tinggi, *bubbly flow* cenderung berubah menjadi *churn flow* sedangkan pada kecepatan *superficial liquid* yang rendah *bubbly flow* cenderung menjadi *stratified flow* [2].

Kata *superficial velocity* dari tiap fase bisa di gambarkan sebagai *volumetric flux*, yaitu *flow rate* dari tiap fase dibagi dengan area *pipe cross sectional* dengan asumsi bahwa fase mengalir sendiri di dalam pipa. Sehingga untuk *superficial gas velocity* dan *superficial liquid velocity* bisa diperoleh sebagai berikut: [3]

$$U_{SG} = \frac{Q_G}{A} \quad (1)$$

$$U_{SL} = \frac{Q_L}{A} \quad (2)$$

Dimana:

U_{SG} = Kecepatan *superficial gas* (m/s)

U_{SL} = Kecepatan *superficial liquid* (m/s)

Q_G = *Gas flow rate* pada pipa (m³/s)

Q_L = *Liquid flow rate* pada pipa (m³/s)

A = Luas pipa pada *area cross sectional* (m²)

Volumetric quality, adalah *ratio volume flow rate gas* terhadap total *volume flow rate*. Contoh β_g dalam satu dimensional - *steady state* aliran dua fase adalah: [3]

$$\beta_G = \frac{Q_G}{Q_G + Q_L} = \frac{U_{SG}}{U_{SG} + U_{SL}} \quad (3)$$

Dimana:

β_G = *Volumetric quality* dari gas.

Q_G = *Volume flow rate* dari gas dalam pipa (m³/s).

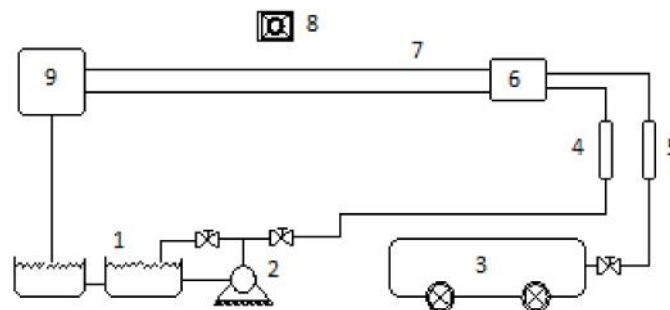
Q_L = *Volume flow rate* dari liquid dalam pipa (m³/s).

U_{SG} = Kecepatan *superficial gas* (m/s).

U_{SL} = Kecepatan *superficial liquid* (m/s).

2. METODE PENELITIAN

Susunan peralatan penelitian diperlihatkan pada gambar 2.1 Test module terbuat dari pipa *acrylic* dengan diameter dalam 36 mm dan panjang 2000 mm. Air digunakan sebagai fluida cair dan udara sebagai fluida gas. Air dialirkan oleh pompa dari tangki menuju flowmeter dan selanjutnya menuju injector. Udara disuplai dari kompresor dan mengalir melalui rotameter menuju injector. Air-udara yang tercampur didalam injektor mengalir melalui test module, selanjutnya menuju seperator, dimana udara dipisahkan ke atmosfer dan air mengalir ke dalam tangki untuk disirkulasikan lagi. Untuk mendapatkan gambar pola aliran digunakann kamera digital.



Keterangan:

1. Tangki air
2. Pompa
3. Kompresor
4. Flow meter
5. Rotameter
6. Injector
7. Test module
8. Kamera
9. Separator

Gambar 2. 1. Diagram peralatan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kapasitas Gas (Q_G) dan Kapasitas *Liquid* (Q_L). Berdasarkan variasi U_{SL} , dan konstan maka dengan menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2 diperoleh Kapasitas *liquid* (Q_L) dan kapasitas gas (Q_G) seperti tabel 3.1

Tabel 3.1 Hasil perhitungan Q_L dan Q_G

U_{SL} (m/s)	β	U_{SG} (m/s)	Q_L (lt/min)	Q_G (lt/min)
0,40	0,05	0,021	24,41	1,281
0,55	0,05	0,029	33,57	1,770
0,70	0,05	0,037	42,73	2,258
0,85	0,05	0,044	51,88	2,685
1,00	0,05	0,053	61,04	3,235

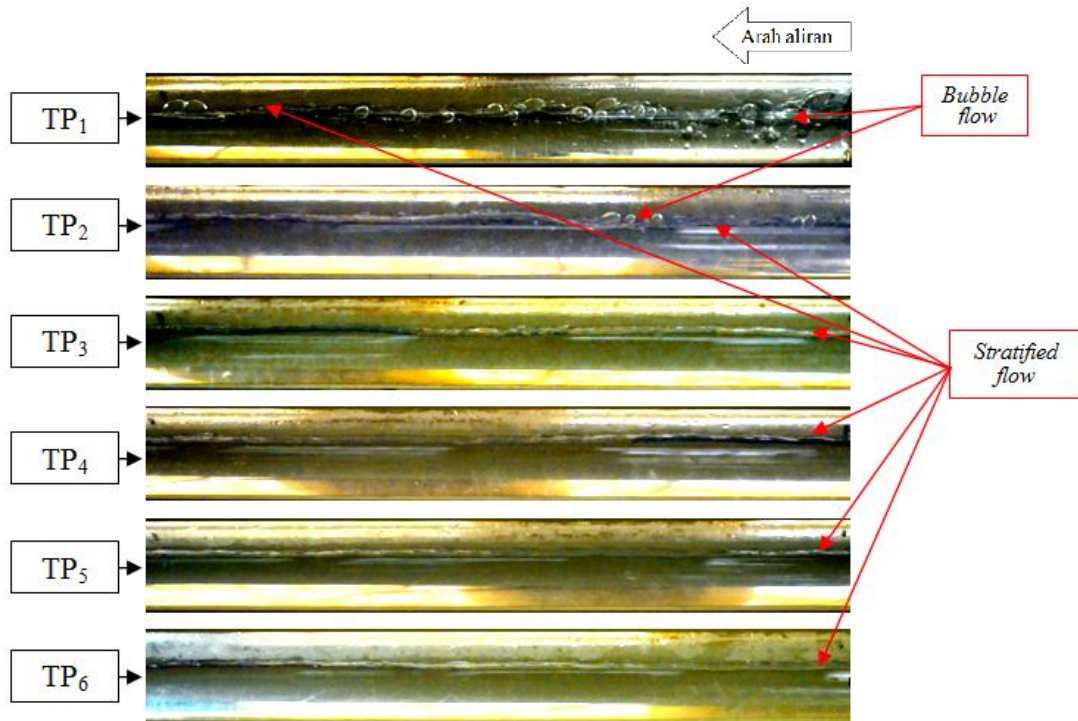
Test modul sepanjang 2000 mm dibagi menjadi 6 Titik Pengamatan (TP) dengan rentang pengamatan seperti table 3.2.

Tabel 3.2. Titik-titik pengamatan pada *test module*

TP	Rentang pengamatan (mm)
TP ₁	0D - 9D*
TP2	9D - 18D
TP3	18D - 27D
TP4	27D - 36D
TP5	36D - 45D
TP6	45D - 54D

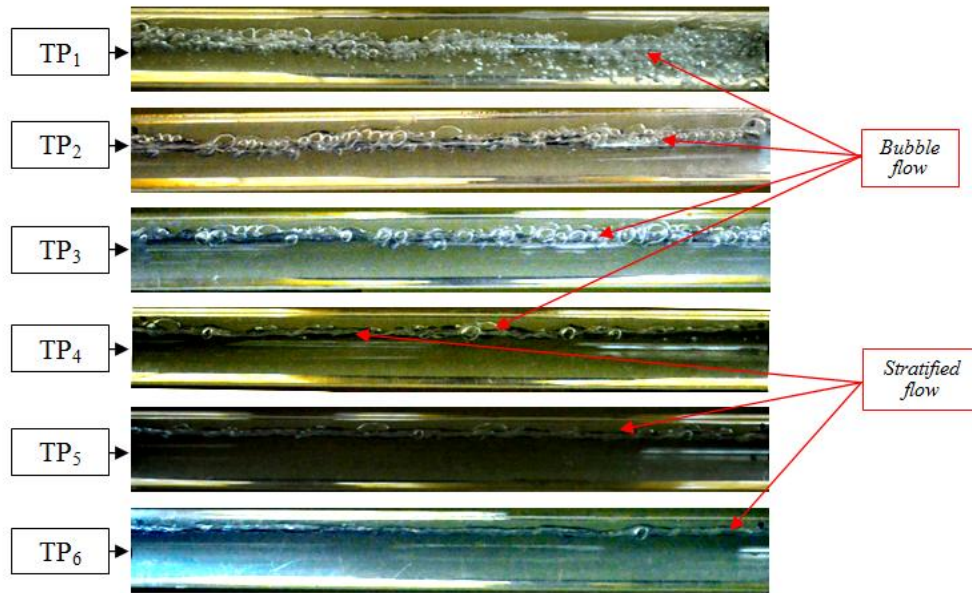
*D = Diameter dalam pipa

Visualisasi Pola Aliran pada $U_{sl} = 0,4$ m/s ditunjukkan pada gambar 3.1, pola aliran yang teramati adalah *Bubble* pada TP₁, dan sebagian pada TP₂. *Bubble* yang terjadi segera naik menuju permukaan diakibatkan oleh perbedaan berat jenis udara yang jauh lebih rendah dari berat jenis air. *Bubble-bubble* tersebut selanjutnya pecah dan terciptalah aliran *Stratified*. Perubahan aliran dari *Bubble* menjadi *Stratified* terjadi pada daerah TP₁ dan TP₂.



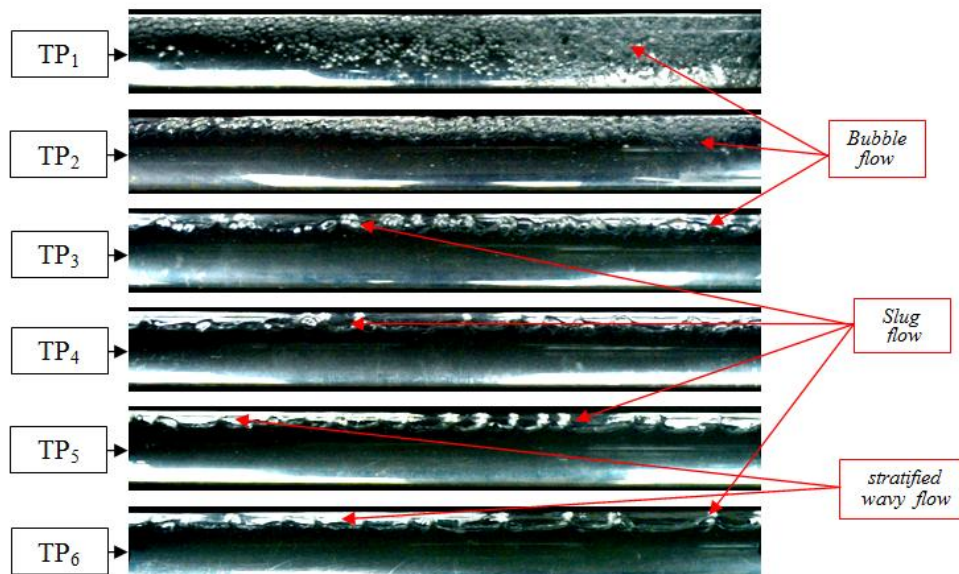
Gambar 3. 1. Visualisasi pola aliran pada kecepatan $U_{sl} = 0,4$ m/s

Gambar 3.2 menunjukkan pola aliran yang terjadi dengan perlakuan $U_{sl} = 0,55 \text{ m/s}$, pada TP₁ terlihat dengan jelas pola aliran bubble, pola ini pada awalnya merata di seluruh bidang potong pipa, tetapi lama kelamaan *bubble-bubble* ini mulai naik ke permukaan air. Pada TP₄ *bubble-bubble* sudah mulai berkurang, dan aliran berubah menjadi Stratified.



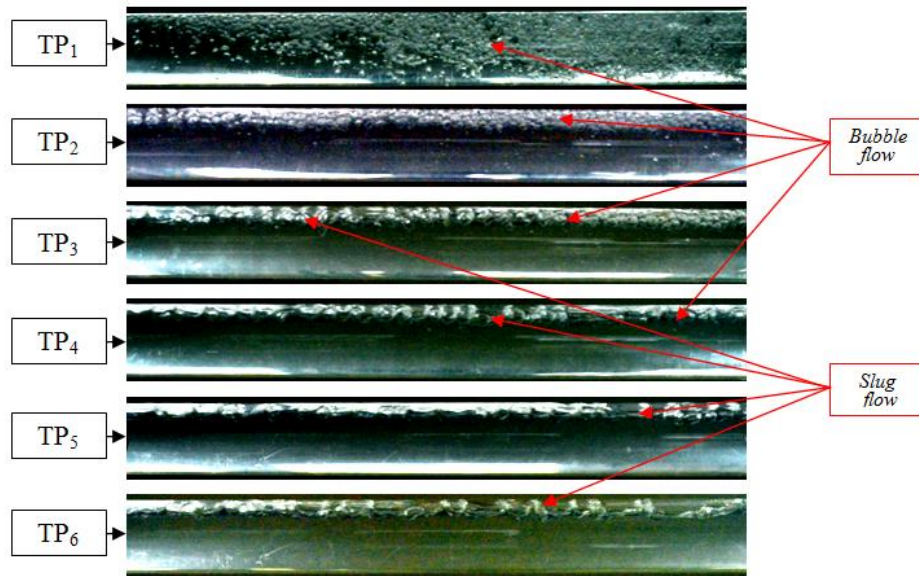
Gambar 3.2 Visualisasi pola aliran pada kecepatan $U_{sl} = 0,55 \text{ m/s}$

Dengan bertambahnya U_{sl} menjadi $0,7 \text{ m/s}$ diikuti perubahan pola aliran seperti pada gambar 3.3, *Bubble flow* yang terbentuk menyebar semakin jauh seperti terlihat pada TP₁, meskipun *bubble* mempunyai berat jenis yang lebih ringan dari air, tetapi peningkatan kecepatan air didalam pipa mampu melawan gaya apung sehingga *bubble-bubble* tersebut terbawa lebih jauh. Pada TP₃ mulai terjadi koalisi antar *bubble* sehingga terbentuk *bubble* yang lebih besar, disebut dengan *slug flow*. *Stratified flow* masih teramati di TP₅ dan TP₆.



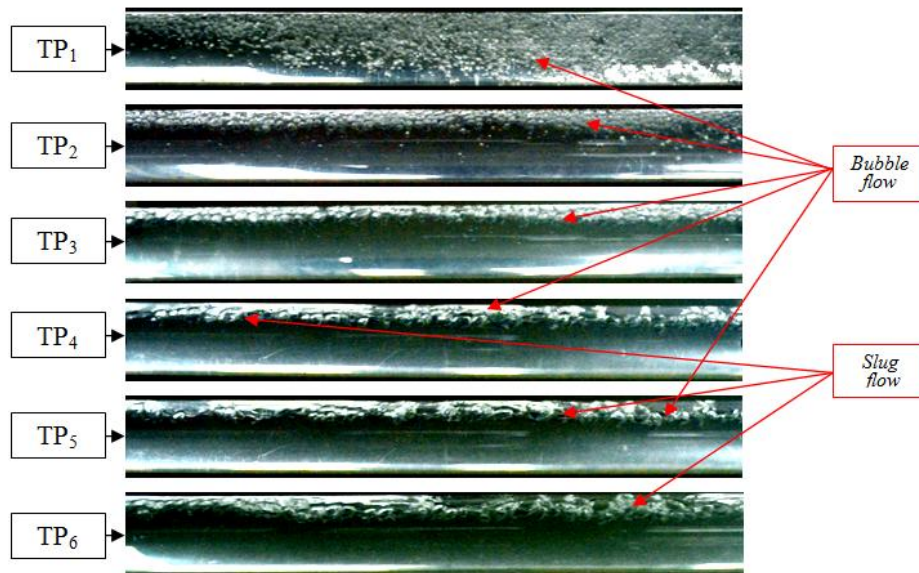
Gambar 3.3 Visualisasi pola aliran pada $U_{sl} = 0,7 \text{ m/s}$

Hasil pengamatan pada $U_{sl} = 0,85 \text{ m/s}$ seperti pada gambar 3.4, ternyata pada semua titik pengamatan tidak ditemukan aliran *stratified*. *Bubble flow* semakin jauh terdispersi sepanjang pipa seperti yang terlihat pada TP₁. *slug flow* mulai terbentuk pada TP₃. *Stratified flow* tidak teramati di sepanjang *test module*



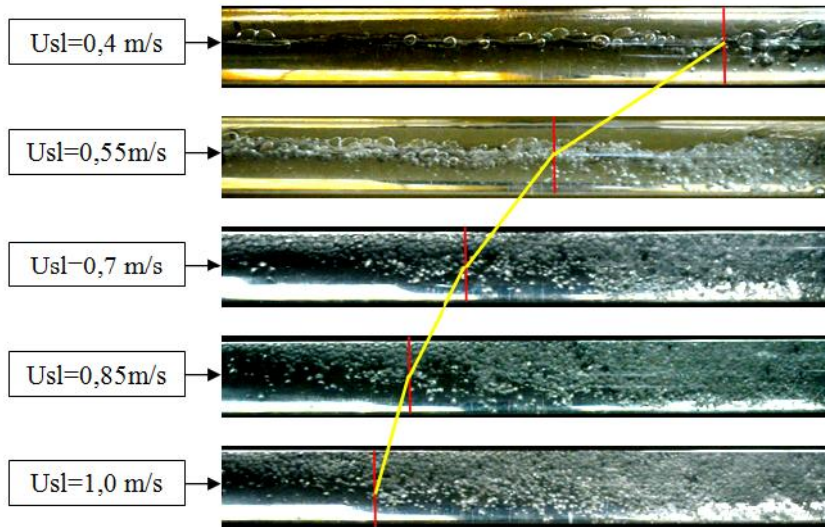
Gambar 3.4 Visualisasi pola aliran pada $U_{sl} = 0,85 \text{ m/s}$

Gambar 3.5 merupakan hasil pengamatan pola aliran pada $U_{sl} = 1,0 \text{ m/s}$, hanya ada dua pola aliran yang teramati, yaitu *bubble flow* dan *slug flow*. *Bubble flow* teramati pada TP₁, TP₂, TP₃, TP₄, TP₅. *Slug flow* teramati pada TP₄, TP₅, TP₆.

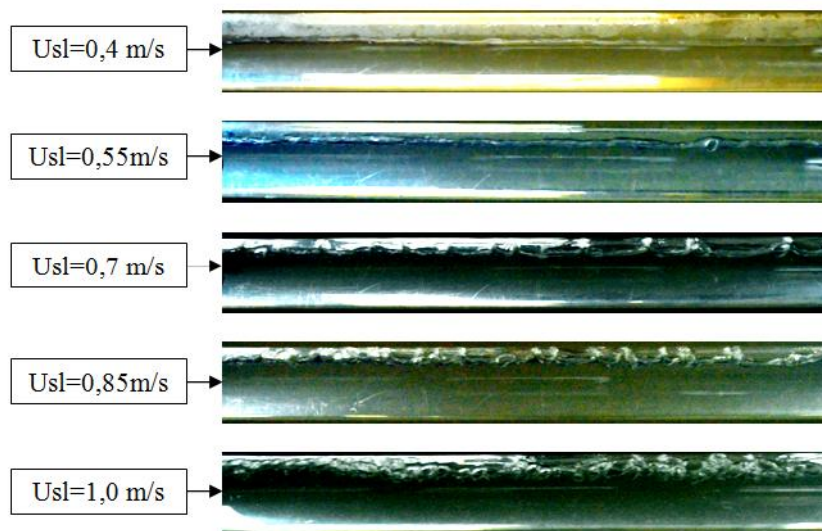


Gambar 3.5 Visualisasi pola aliran $U_{sl} = 1,0 \text{ m/s}$

Dari semua gambar hasil pengamatan, hanya teramati tiga pola aliran, yaitu *bubble flow*, *slug flow* dan *stratified flow*. Untuk melihat pengaruh U_{sl} terhadap pola aliran *bubble*, *slug* dan *stratified* dapat dikelompokkan seperti gambar 3.6 dan gambar 3.7.



Gambar 3.6 Visualisasi *bubble flow* pada TP₁ dengan variasi Usl



Gambar 3.7 Visualisasi pola aliran pada TP₆ dengan variasi Usl

Berdasarkan gambar 3.7 terlihat bahwa pengaruh Usl terhadap pola aliran bubble pada TP₁ mengakibatkan terjadinya *bubble region* yang semakin panjang, sehingga perubahan pola aliran dari *bubble flow* menjadi pola aliran yang lain terjadi pada waktu yang semakin lama. Sementara itu pada gambar 9 terlihat adanya perubahan aliran pada TP₆, dimana semakin besar nilai Usl menyebabkan terjadinya pergeseran perubahan pola aliran, dimana pada Usl rendah terjadi perubahan *bubble flow* menjadi *stratified* dan pada Usl tinggi terjadi perubahan dari *bubble flow* menjadi *slug flow*.

4. KESIMPULAN

1. Pola aliran yang teramati adalah *bubble flow*, *slug flow* dan *stratified flow*.
2. Semakin besar nilai Usl mengakibatkan semakin panjang *bubble region* yang terjadi.
3. Semakin besar nilai Usl mengakibatkan terjadinya pergeseran perubahan pola aliran, dimana pada Usl rendah terjadi perubahan *bubble flow* menjadi *stratified* dan pada Usl tinggi terjadi perubahan dari *bubble flow* menjadi *slug flow*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Boyun Guo, 2005, "*Offshore Pipelines*", University of Louisiana at Lafayette
- Yudi sukmono , 2010 "studi eksperimental dan numerik tentang karakteristik aliran dua fase (air-udara) melewati elbow 90° dari arah vertikal menuju horisontal, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Tekna, 2005, "*Handbook of Multiphase Flow Metering*", www.tekna.no