

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN KECEPATAN SUPERFISIAL TERHADAP KARAKTERISTIK DAN PARAMETER POLA ALIRAN MINYAK MENTAH(CRUDE OIL) – AIR PADA PIPA HORIZONTAL

Sonika Maulana¹, Imam Sukoco¹, R. Imamu Danar¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 04 04 2019
Disetujui 10 04 2019
Dipublikasikan 14 04 2019

Keywords:

Crude oil; aliran plug;
kecepatan superfisial udara

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengamatan pola aliran *plug* pada pipa horisontal dengan metode *image processing* dengan variasi kecepatan superfisial udara. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh kecepatan superfisial udara terhadap karakteristik dan parameter pola aliran *plug* pada aliran air-udara pipa horisontal yang meliputi fraksi hampa, frekuensi *plug*, kecepatan *plug*, dan panjang kantung udara *plug*, panjang *liquid plug*. Metode yang digunakan adalah menggunakan metode *image processing*. Pengambilan data menggunakan *high speed video camera* dengan kecepatan 400 *fps* menggunakan pipa *acrylic* dengan diameter dalam 19 mm dengan pengambilan data pada kondisi aliran *fully developed* yaitu pada jarak 200D. Selanjutnya dianalisa dengan metode *image processing* dengan menggunakan *software* CorelDraw X7. Hasil penelitian diperoleh kecepatan superfisial minyak mentah-air yang optimal untuk mengurangi dampak aliran *plug* yang akan menjadi aliran *slug* pada pengaplikasian industri melalui perubahan karakteristik dan parameter pola aliran tersebut. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil pengolahan data dari perhitungan dan visualisasi *image processing* pada karakteristik dan parameter pola aliran.

Abstract

This study aims to observe plug flow patterns in horizontal pipes using image processing methods with variations in superficial air velocity. In addition, to determine the effect of superficial air velocity on the characteristics and parameters of the plug flow pattern in horizontal pipe water-air flow which includes the void fraction, plug frequency, plug speed, and plug air sac length, liquid plug length. The method used is to use the image processing method. Data was collected using a high speed video camera with a speed of 400 fps using an acrylic pipe with an inner diameter of 19 mm with data collection under fully developed flow conditions, namely at a distance of 200D. Then analyzed by image processing method using CorelDraw X7 software. The results of the study obtained the optimal superficial velocity of crude oil-water to reduce the impact of plug flow which will become slug flow in industrial applications by changing the characteristics and parameters of the flow pattern. This is indicated by the results of data processing from image processing calculations and visualization on the characteristics and parameters of flow patterns.

PENDAHULUAN

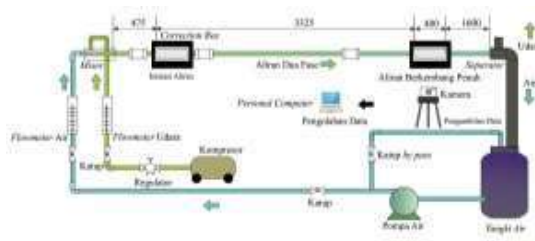
Aliran multi fase adalah aliran yang terdiri dari dua atau lebih fase fluida yang mengalir dalam pipa tersebut. Snoek (1990:60) menyatakan aliran multi fase dapat dilihat pada industri minyak bumi, berbagai proses kimia, nuklir dan makanan. Widarmiko (2012:1) menyatakan aliran dua fase banyak ditemui di industri perminyakan, *geothermal*, Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir, dan sebagainya.

Pada penelitiannya Widarmiko (2012:2) menyatakan aliran *plug* merupakan *early warning system* jika aliran *slug* terjadi pada sistem tersebut, maka dapat dideteksi terlebih dahulu. Dari permasalahan tersebut, maka penelitian mengenai pola aliran *plug* pada sistem perpipaan perlu dilakukan. Selanjutnya untuk mengetahui di mana terjadinya aliran *plug* pada suatu sistem perpipaan akan dilakukan metode *image processing*. Metode ini digunakan untuk mempermudah dalam menghasilkan jawaban di mana akan terjadi aliran *plug*, sehingga diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk industri-industri perpipaan agar dapat mengurangi terjadinya kerugian dalam sistem perpipaan yang digunakan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan superfisial minyak mentah (*crude oil*) terhadap karakteristik dan parameter pola aliran *plug* pada aliran *crude oil*-air pipa horisontal yang meliputi frekuensi *plug*, kecepatan *plug*, dan panjang kantung *oil plug*, panjang *liquid plug*. Pengamatan visual dalam aliran dua fase merupakan salah satu metode pendekatan untuk menganalisa pola aliran dua fase.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan variasi kecepatan superfisial *crude oil* dengan kecepatan superfisial air konstan untuk mendapatkan karakteristik dan parameter pola aliran *plug* melalui *image processing*. Penelitian ini menggunakan pipa *acrylic* transparan berdiameter dalam 19 mm dan diambil dengan *high speed video camera* dengan kecepatan pengambilan 400 *fps*. Kemudian data diolah menggunakan *software* Virtual Dub dan CorelDraw X7.



Gambar 1. Diagram Skematis Rangkaian Peralatan Eksperimen

Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan dan pengolahan data diawali dengan mengkalibrasi alat ukur yang dilanjutkan dengan memasang instalasi peralatan dan listrik. Jika tangki telah diisi air maka pompa dinyalakan untuk menyalurkan air ke penampung menuju sesi. Kompresor dihidupkan, untuk mengatur debit udara yang dibutuhkan dengan menyetel katup pada *flowmeter crude oil*. Selanjutnya, pompa dari saluran tendon dinyalakan dan katup pada *flowmeter* air dibuka perlahan-lahan hingga mencapai debit yang telah ditentukan, kemudian catat kecepatan *superfisial* air (J_L). Dengan menjaga J_L konstan, katup *crude oil* dibuka secara perlahan-lahan sampai mendapatkan pola aliran *plug* sesuai dengan matriks penelitian pada Tabel 1. Untuk mempermudah pengambilan data dan memperjelas laju aliran, lampu pada sesi uji dinyalakan yang dilanjutkan dengan melakukan pengambilan data visualisasi dengan kamera kecepatan tinggi (400 *fps*) pada debit air dan *crude oil* yang telah ditentukan. Data hasil rekaman kamera video diolah menggunakan *software* Virtual Dub dan CorelDraw X7. Pengambilan data dilakukan 3 kali untuk setiap matriks penelitian, yang selanjutnya dari 3 kali uji coba dicari nilai rata-ratanya lalu dianalisa.

Tabel 1. Matriks Penelitian Pola Aliran *Plug*

Q _L (Lpm)	J _L (m/s)	Q ₀ (Lpm)				
		0,25	0,96	2,33	4,13	6,56
		J ₀ (m/s)				
		0,118	0,236	0,353	0,471	0,589
15	0,883	√	√	√	√	√
19	1,178	√	√	√	√	√
21	1,472	√	√	√	√	√
27	1,767	√	√	√	√	√
34	2,061	√	√	√	√	√

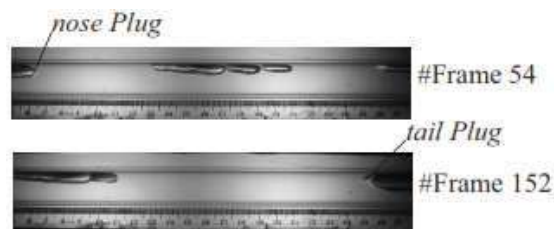
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik kecepatan *plug*

Pengukuran kecepatan *plug* menggunakan persamaan Van Hout dkk (2002) yaitu :

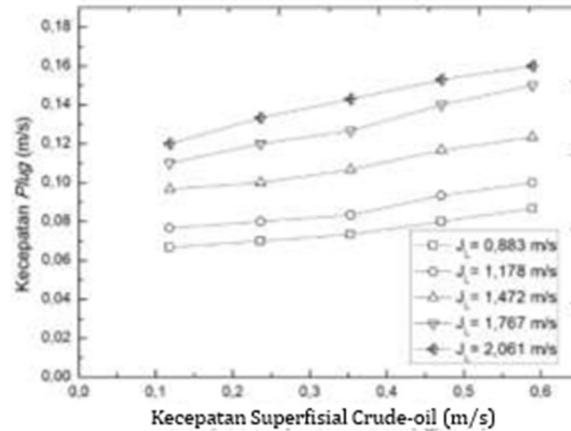
$$U_{tr} = \frac{(pix1 - pix2)}{\Delta framea} pixelsize \quad (400fps)$$

Salah satu contoh dari perhitungan kecepatan *plug* pada J₀ = 0,118 m/s dan J_L = 0,883 m/s pada percobaan pertama adalah pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 2. Perhitungan Kecepatan Oil *Plug* Menurut Van Hout, dkk (2002)

Selanjutnya pada Gambar 2. dapat diketahui kecepatan kantung *crude oil* yang melalui pipa sesi uji dengan J₀ dan J_L yang berbeda.

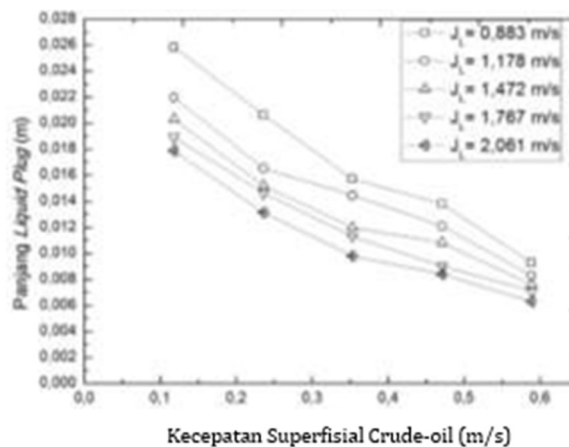


Gambar 3. Hubungan Kecepatan Superfisial terhadap Kecepatan Plug

Pada Gambar 3 dapat dilihat hasil dari kecepatan *plug* terhadap variasi kecepatan superfisial *crudeoil*. Kecepatan *plug* mengalami kenaikan baik pada peningkatan kecepatan superfisial air maupun peningkatan kecepatan superfisial *crude oil*. Hal tersebut terjadi karena bergabungnya kantung cairan dengan *crude oil* yang terdispersi atau mengalami aerasi dalam sistem aliran yang diamati. Awalnya pada pipa horisontal, fase air berada pada bagian bawah penampang pipa dan fase *crude oil* terpisah di bagian atasnya, ini terjadi dikarenakan masa jenis *crude oil* lebih kecil daripada masa jenis air. Seiring dengan peningkatan kecepatan superfisial masing-masing fase dan karena kedua fase bergerak searah, kantung udara tersebut akan mendorong kantung cairan yang memenuhi penampang pipa.

2. Karakteristik panjang *liquid plug*

Pada Gambar 4. memberikan hasil data panjang *liquid plug* yang menurun pada setiap perubahan kecepatan superfisial air (J_a). Meskipun demikian dapat dikatakan bahwa, seiring dengan peningkatan kecepatan superfisial air maka panjang *liquid plug* mengalami kecenderungan untuk menurun. Data pertama hingga data kelima pada variasi kecepatan superfisial *crude oil* (J_o) mengalami penurunan. Kecenderungan penurunan panjang *liquid plug* seiring dengan bertambahnya kecepatan superfisial udara dikarenakan udara yang terbentuk hingga terdispersi pada pola aliran *plug* akan semakin membesar seiring dengan bertambahnya kecepatan superfisial *crude oil*. Oil tersebut memanjang dalam pipa, akibatnya kantung yang bergabung dalam aliran juga ikut memanjang karena ikut terdorong oleh aliran *crude oil* yang bergerak searah, dan mengakibatkan panjang *liquid plug* mengalami penurunan.

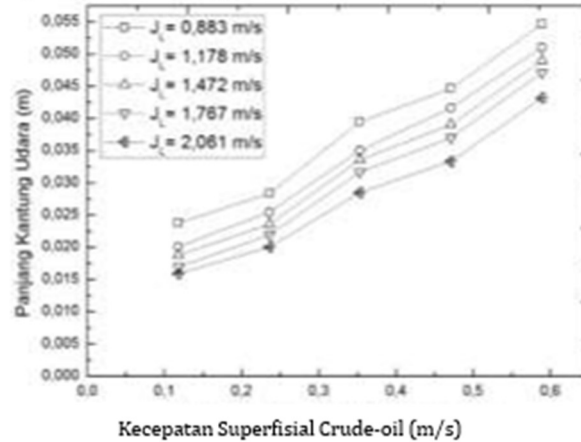


Gambar 4. Hubungan Panjang Liquid Plug terhadap Kecepatan Superfisial crude oil pada Variasi

Kecepatan Superfisial Air Tetap.

3. Karakteristik panjang kantung udara *plug*

Gambar 5. memberikan hasil data panjang kantung *plug* yang meningkat pada setiap perubahan kecepatan superfisial crude oil. Seiring dengan peningkatan kecepatan superfisial air maka panjang kantung *plug* mengalami kecenderungan untuk meningkat.

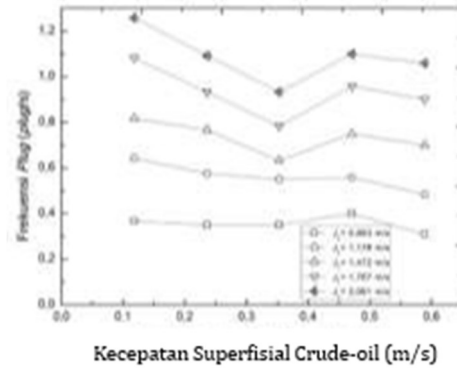


Gambar 5. Hubungan Perubahan Panjang Kantung *Plug* terhadap Kecepatan Superfisial *oil* dengan Kecepatan Superfisial Air Tetap.

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa setiap variasi kecepatan superfisial *oil* pada kecepatan superfisial air mengalami peningkatan, hal ini terjadi karena kecepatan superfisial *oil* semakin besar dan kecepatan superfisial air yang tetap, maka akan didapatkan kantung *oil* yang semakin panjang.

4. Karakteristik frekuensi *plug*

Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa hasil dari frekuensi aliran *plug* cenderung mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kecepatan superfisial *crude oil* (J_0) dengan kecepatan superfisial air (J_L) konstan. Hal ini terjadi karena debit aliran *crude oil* meningkat, sedangkan luas dari penampang tetap, sehingga untuk menyeimbangi aliran tersebut maka kantung *oil* (*plug*) menyatu dan menjadi kantung yang panjang. Peningkatan tersebut mengakibatkan pembacaan frekuensi menjadi semakin menurun/lambat. Namun dapat dilihat pada matriks ke-empat dimana $J_0 = 0,471$ m/s terjadi anomali. Nilai frekuensi dari *plug* yang terbentuk mengalami peningkatan sehingga pembacaan dari frekuensi *plug* menjadi naik. Pada $J_0 = 0,589$ m/s, nilai dari frekuensi *plug* mengalami penurunan kembali. Pada kondisi ini kecepatan superfisial *oil* tinggi dan mengakibatkan kantung *plug* mendesak kantung *plug* lainnya, sehingga akan bertambah panjang dan mengakibatkan pembacaan frekuensinya kembali menurun. Namun, jika diperhatikan kembali, pada $J_L = 0,883$ m/s, nilai dari frekuensi mengalami penurunan yang sangat sedikit. Hal ini terjadi karena kecepatan superfisial air yang kecil mengakibatkan kantung udara yang melewati pipa sesi uji hanya sedikit karena aliran tersebut bergerak lambat, namun jika pada J_L yang tinggi penurunan frekuensi terhadap variasi J_0 mengalami penurunan yang drastis, karena aliran tersebut bergerak sangat cepat, sehingga kantung *oil* yang melewati sesi uji juga semakin banyak.



Gambar 6. Hubungan Frekuensi *Plug* dengan Variasi Kecepatan Superfisial *crude oil* dengan Kecepatan Superfisial Air Konstan.

Namun sebaliknya nilai frekuensi *plug* terjadi seiring bertambahnya kecepatan superfisial air. Hubungan tersebut secara jelas dapat dilihat pada. Frekuensi *plug* mengalami peningkatan disebabkan adanya penambahan jumlah debit atau massa air yang masuk dalam sesi uji seiring bertambahnya kecepatan superfisial air. Hal ini terjadi karena untuk melakukan penyeimbangan penambahan massa air dalam penampang pipa sesi uji, maka cairan dalam aliran pipa akan bergerak lebih cepat dan langsung berdampak terhadap jumlah cairan *plug* yang muncul dalam sesi uji yang diamati, akibatnya frekuensi dari cairan *plug* akan bertambah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan metode image processing dapat menghasilkan hasil pengolahan data pola aliran *plug* dengan frame-frame dari video hasil pengambilan data.
2. Meningkatnya JO pada JL tetap mengakibatkan panjang kantung *plug* dan kecepatan *plug* cenderung meningkat, sedangkan panjang liquid *plug* dan frekuensi cenderung menurun.
3. Untuk karakteristik kecepatan *plug* pola aliran *plug* pipa horisontal akan mengalami peningkatan. Pada karakteristik frekuensi *plug* akan mengalami penurunan seiring bertambahnya kecepatan superfisial oil (JO).

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, O. 1954. Design Of Pipelines For The Simultaneous Flow of Oil And Gas. Journal of Petroleum Technology, 323-G: 1—16.
- Bendiksen, K. H. ,1984. An Experiment Investigation of The Motion of Long Bubbles in Inclined Tubes. International Journal. Multiphase Flow, 10: 467-483.
- Lamari, L. M. 2001. An Experimental Investigation of Two-Phase (Air-water) Flow Regimes in a Horizontal Tube at Near Atmospheric Conditions. Thesis. Canada: Carleton University.
- Majid, I.A., Dinaryo, O., Hartarto, B., Deendarlianto, dan Indarto. The Application of the Image Processing Technique to Analyze the Flow Structure of the Horizontal Air-Water Plug Two-Phase Flow. Yogyakarta.
- Majid, I.A., Dinaryo, O., Deendarlianto, dan Indarto. 2014. Quantitative Visualization of the Wave Characteristics for Horizontal Co-Current Gas-Liquid Plug Two Phase Flow by Using an Image Processing Technique. Proceeding Seminar Nasional Thermofluid VI. 212-217.
- Majid, I.A., Dinaryo, O., Hartarto, B., Deendarlianto, dan Indarto. 2015. The Application of The Image Processing

- Teechnique to Analyze the Flow Structure of The Horizontal Air-Water Plug Two-Phase Flow. Proceeding.
- Mandhane, J.M., Gregory, G.A. dan Aziz, K. 1974. A Flow Pattern Map For Gas Liquid Flow in Horizontal Pipes. *International Journal Multiphase Flow*, 1: 537-553.
- Maulana, S. 2013. Studi Eksperimental Pengaruh Perubahan Suhu terhadap Parameter Aliran Slug Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik pada Pipa Horizontal. Tesis. Jogjakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Monni, Grazia., De Salve, M., Panella, B. 2014. Horizontal Two-Phase Flow Pattern Recognition. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 59: 213-221.
- Ruder, Z dan Hanratty. 1989. A Definiton of Gas-Liquid Plug Flow in Horizontal Pipes. *International Jurnal Multiphase Flow*. 16, 2: 233 – 242.
- Snoek, C. W. 1990. A Selection of New Developments in Multiphase Flow Measurement Techniques. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 3:60-73.
- Taitel, Y., Lee, N. dan Dukler, A,E. 1978. Transient Gas Liquid Flow in Horizontal Pipes: Modeling the Flow Pattern Transitions. *AIChE Journal*, 24/5: 920—933.
- Van Hout, R, dkk. 2002. Translational Velocities of Elongated Bubbles in Continuous Slug Flow. *International Journal of Multiphase Flow* 28: 1333–1350
- Wallis, G.B. 1969. *One-Dimensional Two Phase Flow*. McGraw-Hill, New York.
- Widarmiko, N. 2012. Visualisasi Aliran Plug Air-Udara Searah Pada Pipa Horizontal. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Widayana, G. Studi Eksperimental dan Numerik Aliran Dua Fase (Air-Udara) Melewati Elbow 30° dari Pipa Vertikal Menuju Pipa dengan Sudut Kemiringan 60°. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.