

INTISARI

Pada sistem perpipaan, pola aliran *slug* merupakan salah satu yang paling dihindari. Karakteristik aliran *slug* dapat memicu osilasi tekanan yang mengakibatkan getaran pada konstruksi pipa. Selain itu, perubahan momentum yang tinggi pada daerah *elbow* (belokan) dapat menyebabkan kebocoran pipa. Oleh karena itu, penelitian mengenai pembentukan *slug* dari pola aliran lain perlu dilakukan untuk mengantisipasi permasalahan tersebut. Salah satu pola aliran yang menginisiasi terbentuknya *slug* adalah *stratified*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan superfisial gas dan *liquid*, diameter pipa, *liquid holdup*, dan tebal film terhadap transisi pola aliran dari *stratified* ke *slug*.

Penelitian ini dilakukan pada pipa acrylic horizontal berdiameter dalam 16, 26, dan 50 mm. Air dan udara pada kondisi atmosfer digunakan sebagai fluida kerja. Pengambilan data visual dilakukan pada daerah *fully developed* (180 – 210 D), dengan variasi kecepatan superfisial *liquid* (J_L) dari 0,03 – 0,3 m/s dan kecepatan superfisial gas (J_G) dari 0,7 – 10 m/s. Pengambilan gambar menggunakan kamera *high speed* bertipe Pantom Miro M310 dengan kecepatan perekaman 2000 fps dilakukan agar fenomena pola aliran mudah diamati. Kecepatan perekaman tinggi juga bertujuan untuk mengukur kecepatan gelembung pada aliran *slug* sehingga dapat diketahui kestabilannya. Sementara pengukuran *liquid holdup* dilakukan menggunakan *Constant Electric Current Method* (CECM). Nilai tebal film (h_L/D) didapatkan dari rata-rata hasil pengukuran *liquid holdup*. Parameter tebal film kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan kriteria transisi secara teoritis dan eksperimen dari penelitian sebelumnya.

Berdasarkan hasil penelitian, ditunjukkan bahwa transisi pola aliran dari *stratified* ke *slug* terbagi menjadi 2 mekanisme. Mekanisme *slugging* dengan perkembangan gelombang terjadi pada J_G rendah ($\leq 1,88$ m/s), sementara mekanisme penggabungan gelombang (*wave coalescence*) terjadi pada J_G tinggi ($> 1,88$ m/s). Pada mekanisme *slug* dengan *wave coalescence*, terjadi pola aliran *pseudo slug* sebelum akhirnya terbentuk *slug* ketika J_L ditingkatkan. Semakin besar diameter pipa, kriteria J_L yang dibutuhkan untuk membentuk *slug* semakin tinggi pada J_G rendah, namun semakin rendah pada J_G tinggi. Sementara itu, nilai rerata *liquid holdup* setelah transisi ke *slug* menurun pada J_G rendah dan meningkat pada J_G tinggi. Dari hasil eksperimen, didapatkan pula kriteria tebal film untuk mencapai *onset of slugging* semakin menurun seiring peningkatan J_G . Kriteria tersebut lebih rendah dibandingkan perbandingan teoritis Kelvin-Helmholtz pada $J_G < 6$ m/s dan lebih tinggi dari perhitungan stabilitas *slug* pada $J_G > 6$ m/s.

Kata Kunci: *Stratified*, *slug*, CECM, kecepatan superfisial, *liquid holdup*, tebal film

ABSTRACT

Slug flow is one of the most avoided flow pattern in the pipeline systems. Its characteristics can trigger pressure oscillation which cause vibration at the pipe construction. Moreover, high momentum changing at the elbow contribute to leakage of pipe. Therefore, the researches about slug formation from another flow patterns are necessary to anticipate that issue. One of the flow pattern which initiate the slug formation is stratified flow. The objectives of this research are to investigate the effect of gas and liquid superficial velocity, pipe diameter, liquid holdup, and film thickness parameter toward stratified to slug flow pattern.

The present work was conducted on 16, 26, and 50 mm inlet diameter of acrylic horizontal pipes. Water and air were used as working fluid at atmospheric condition. Visual observation is done in the fully developed region (180 - 210 D from inlet) with varying J_L from 0,03 – 0,3 m/s and J_G from 0,7 – 10 m/s. Image capturing using Phantom Miro M310 high speed video camera with 2000 fps recording speed were used in order that flow pattern phenomena is easily observed. It also aims to measure the bubble velocity in the slug flow so that its stability can be known. The measurement of liquid holdup was done using Constant Electric Current Method (CECM). The film thickness value (h_L/D) is obtained from the mean liquid holdup measurement result. Film thickness parameters then compared with theoretical and experimental transition criteria calculations from previous studies.

Based on the research results, it is shown that the transition flow pattern from stratified to slug is divided into 2 mechanisms. Slugging mechanism with wave development occurs at low J_G (≤ 1.88 m/s), while the wave coalescence mechanism occurs at high J_G (> 1.88 m/s). In the wave coalescence mechanism, a pseudo slug flow pattern occurs before the slug is formed when the J_L is increased. The larger diameter of the pipe, the higher J_L criterion required to form the slug at lower J_G . The condition is the opposite at the high J_G . Meanwhile, the value of mean liquid holdup after the transition to slug decreased at low J_G and increased at high J_G . From the experimental results, it is found that the film thickness criteria to obtain the onset of slugging decreases with increasing J_G . The criterion is lower than the theoretical comparison of Kelvin-Helmholtz at $J_G < 6$ m/s and higher than the slug stability calculation at $J_G > 6$ m/s.

Keywords: Stratified, slug, CECM, superficial velocity, liquid holdup, film thickness