

INTISARI

Aliran dua fase *stratified* adalah jenis aliran yang sering dijumpai pada alat industri seperti pada *heat exchanger*, pipa perminyakan, *hotleg* reaktor nuklir, *chiller*, dan lain sebagainya. Aliran ini tergolong aliran yang relatif stabil dan sangat kecil kemungkinannya untuk menyebabkan *blasting*. Penelitian terkait karakteristik aliran ini perlu dilakukan untuk memperoleh informasi dan data teknis yang dapat dijadikan referensi untuk mendesain sistem perpipaan.

Pada penelitian ini karakteristik perilaku aliran *stratified* searah horizontal diamati menggunakan metode visual dan *parallel wire*. Eksperimen dilakukan pada pipa akrilik dengan diameter dalam 16 dan 26 mm dan panjang 9,5 m. Sub pola aliran *stratified* yang telah dilaporkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dapat teramati dengan melakukan variasi kecepatan superfisial udara (J_G) dari 4 – 20 m/s dan kecepatan superfisial air (J_L) dari 0,01 – 0,1 m/s. Gambar visual diambil dengan menggunakan *high speed camera* Phantom Miro M310, sementara ketebalan *film* cairan diukur dengan menggunakan sensor *parallel wire*. Frekuensi dominan diperoleh dari analisis *power spectrum density* (PSD), amplitudo dan panjang gelombang rerata diperoleh dengan menggunakan analisis *zero crossing*, dan kecepatan gelombang dihitung berdasarkan waktu *delay* yang diperoleh dari teknik *cross-correlation*. Model *concave interface* dan *double circle* digunakan untuk mendekati bentuk geometri antarmuka aliran dan mengevaluasi nilai tegangan geser antarmuka.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa diameter pipa memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap perubahan pola aliran pada saat $J_G < 14$ m/s. Transisi aliran pada pipa 16 mm, saat J_L konstan, terjadi pada J_G yang lebih rendah dibandingkan pipa 26 mm. Kecuali pada transisi aliran *pseudo slug* ke *stratified roll wave*. Saat $J_G \geq 14$ m/s, pengaruh diameter tidak terlalu signifikan, pengaruhnya hanya terlihat pada $J_L \leq 0,02$ m/s. Kecepatan superfisial air dan udara juga sangat berpengaruh terhadap perubahan pola aliran dan parameter gelombang. Secara umum, frekuensi dominan, kecepatan gelombang, dan *interfacial shear stress* meningkat terhadap J_G . Namun, kecepatan gelombang cenderung menurun terhadap J_G pada *regime* aliran *pseudo slug*. Sementara amplitudo dan panjang gelombang menurun terhadap J_G . Frekuensi dominan tidak terlalu dipengaruhi oleh diameter pipa, khususnya pada saat $J_G \leq 10$ m/s di mana rentang frekuensi dominan berkisar antara 0 – 5 Hz. Rasio ketebalan rerata *film* terhadap diameter (h_L/D) menurun seiring meningkatnya J_G , namun meningkat terhadap J_L .

Kata Kunci : *stratified*, pola aliran, *parallel wire*, visual, tebal *film* cairan, parameter gelombang

ABSTRACT

The stratified two-phase flow is a type of flow that is often found in industrial equipment such as heat exchangers, petroleum pipes, nuclear reactor hotleg, chiller, and so on. This flow is classified as a relatively stable flow and very unlikely to cause blasting. Research related to flow characteristics needs to be conducted to obtain information and technical data that can be used as a reference for designing piping systems.

In this study the characteristics of the horizontal direction stratified flow behavior were observed using visual and parallel wire methods. Experiments were carried out on acrylic pipes with i.d. 16 and 26 mm and lengths of 9.5 m. The sub regimes of stratified flow reported by previous researchers were observed by performing variations on superficial velocity of air (J_G) from 4 – 20 m/s and superficial velocity of water (J_L) from 0.01 – 0.1 m/s. Visual images were taken using high speed camera Phantom Miro M310, while liquid film thickness was measured using parallel wire sensors. The dominant frequency was obtained from the analysis of power spectrum density (PSD), average amplitude and wavelength determined using zero crossing analysis, and wave velocity calculated based on the delay time from the cross-correlation technique. The concave interface and double circle geometry models were used to approach the geometry shape of the flow interface and evaluate the value of interfacial shear stress.

Based on the results, it can be concluded that the pipe diameter has a significant influence on changes of flow patterns at $J_G < 14$ m/s. The flow transition in pipe 16 mm, when J_L is constant, occurs at a lower J_G than the pipe 26 mm. Except for the flow transition of the pseudo slug to the stratified roll wave. When $J_G \geq 14$ m/s, the effect of the diameter is less significant, the effect is only seen when $J_L \leq 0.02$ m/s. The superficial velocity of water and air also significantly influences changes of flow patterns and wave parameters. In general, the dominant frequency, wave velocity, and interfacial shear stress increase with J_G . However, the wave velocity tends to decrease towards J_G in pseudo slug flow regime. While the amplitude and wavelength tends to decrease with J_G . The dominant frequency is less influenced by the pipe diameter, especially when $J_G \leq 10$ m/s where the dominant frequency ranges from 0 - 5 Hz. The ratio of film thickness to diameter (h_L/D) decreased with increasing J_G , but increased with J_L .

Keywords : stratified flow, flow patterns, visual, parallel wire, liquid film thickness, wave parameters