

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Perilaku antar muka (*interfacial behavior*) dua fase pada peristiwa kondensasi

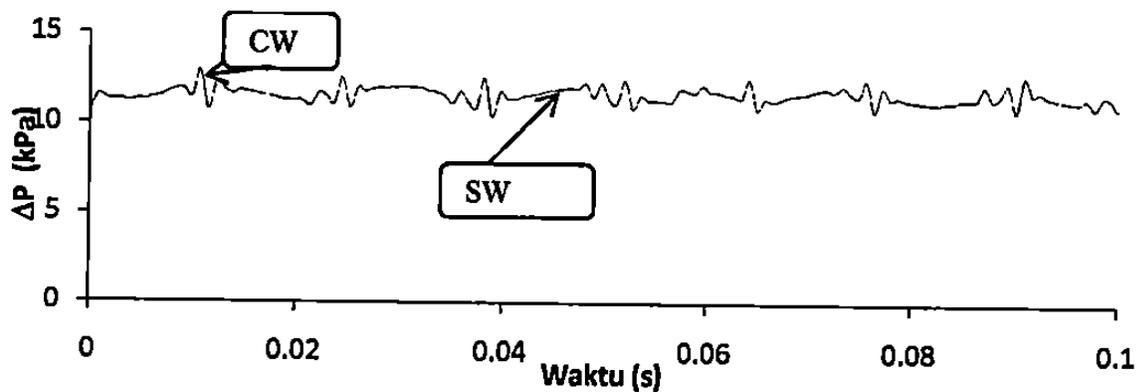
Hubungan penjalaran beda tekanan terhadap waktu di dalam pipa uji untuk $\dot{m}_{st} = 1,6 \times 10^{-3}$ kg/s sampai dengan $\dot{m}_{st} = 6,5 \times 10^{-3}$ kg/s ditunjukkan pada Grafik 5.1. sampai Grafik 5.12. dari Grafik 5.1. dan Grafik 5.2. dapat dijelaskan bahwa beda tekanan rata-rata bernilai konstan tetapi berfluktuasi kecil ditunjukkan dengan grafik berbentuk garis lurus horisontal berombak kecil atau berfluktuasi kecil dan visualisasi pola aliran berbentuk *stratified*, cairan kondensat di bagian bawah membentuk lapisan yang teratur dengan ketebalan tertentu. Jika aliran ini diganggu dengan gelombang tertentu, maka terjadi gangguan pula pada lapis batas muka (*antar muka*) sehingga beda tekanan juga mengalami fluktuasi dengan besaran tertentu. Adanya fluktuasi menunjukkan terjadinya *wave*. *Wave* di sini ada 2 jenis, yaitu *steam-wave* (CW) dan *condensate-wave* (SW). Pada *condensate-wave* terlihat besaran beda tekanan lebih tinggi dibandingkan dengan *steam-wave*. Semakin berfluktuasi menunjukkan bahwa jumlah *wave* semakin banyak, dan pada jumlah *condensate-wave* yang semakin besar menunjukkan bahwa jumlah massa kondensat yang lewat semakin besar.

Selanjutnya, analisis tersebut digunakan untuk menginterpretasikan beberapa grafik berikut ini. Dari Grafik 5.4. dapat dijelaskan bahwa beda tekanan

berfluktuasi kecil tetapi sedikit lebih tinggi jika dibandingkan pada grafik sebelumnya, yang berarti bahwa telah terjadi *wave* dengan jumlah yang meningkat pula. Hal ini berarti jumlah penambahan massa kondensat pada saluran pipa uji meningkat. Berdasarkan data ini dapat disimpulkan bahwa aliran yang terbentuk adalah *stratified-wavy*. Analisis ini diperkuat dengan visualisasi pola aliran seperti ditunjukkan pada Grafik 5.3. Berbeda dengan Grafik 5.4., pada Grafik 5.6. terlihat *condensate-wave* telah meningkat lebih besar dan lebih banyak, hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi ini telah terjadi penambahan massa kondensat yang semakin banyak dan sering. Sementara *wave* dari uap relatif stabil, sehingga dapat diperkirakan bahwa semakin banyak kondensat yang menumpuk di bagian bawah dan terdorong oleh *steam-wave*, maka terbentuklah aliran *wavy*. Hal ini sesuai dengan hasil visualisasi seperti ditunjukkan pada Grafik 5.5. Demikian pula pada Grafik 5.8., pada grafik ini terlihat *condensate-wave* juga semakin meningkat, yang berarti bahwa jumlah aliran massa kondensat juga semakin banyak dan sering sehingga menumpuk di bagian bawah kemudian terdorong oleh uap yang mengalir dan terbentuklah aliran *wavy*. Hal ini didukung oleh hasil visualisasi seperti ditunjukkan pada Grafik 5.7.



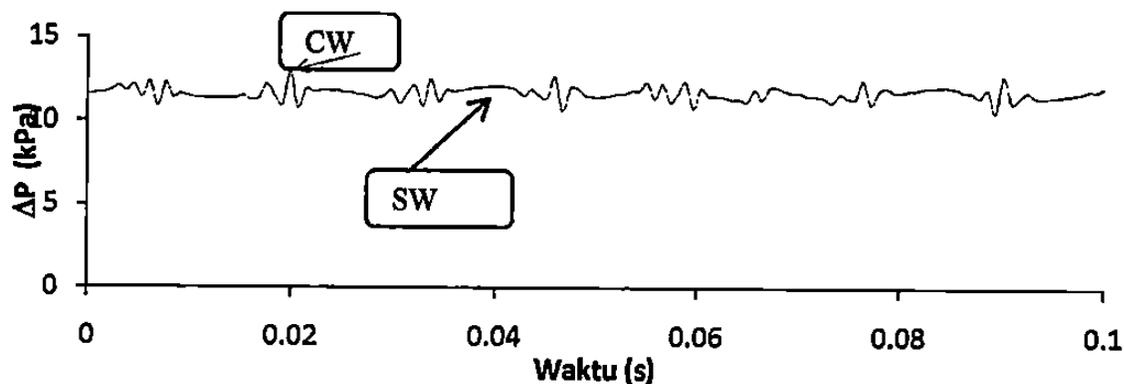
Grafik 5.1. Visualisasi pola aliran *stratified wavy* ($\dot{m} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



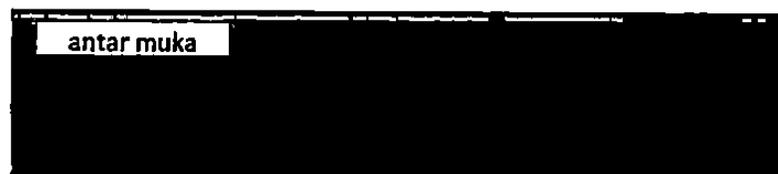
Grafik 5.2. Fluktuasi beda tekanan terhadap waktu ($\dot{m}_{st} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



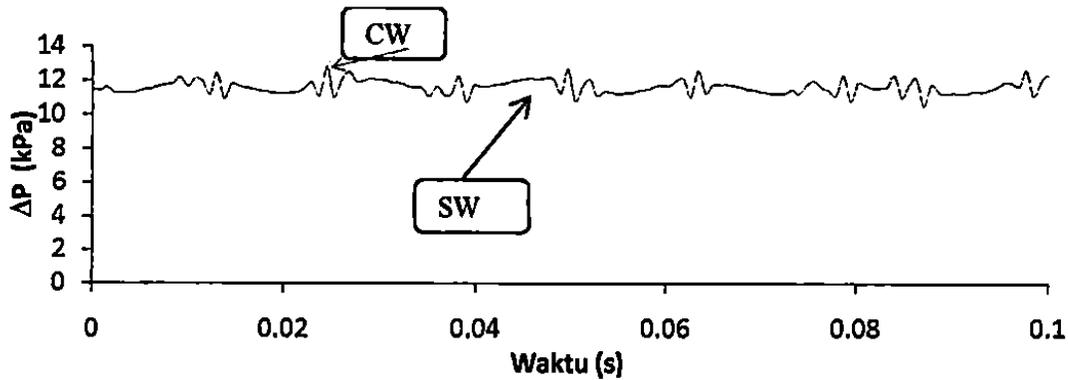
Grafik 5.3. Visualisasi pola aliran *stratified-wavy* ($\dot{m}_{st} = 2,6 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



Grafik 5.4. Fluktuasi beda tekanan terhadap waktu ($\dot{m}_{st} = 2,6 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



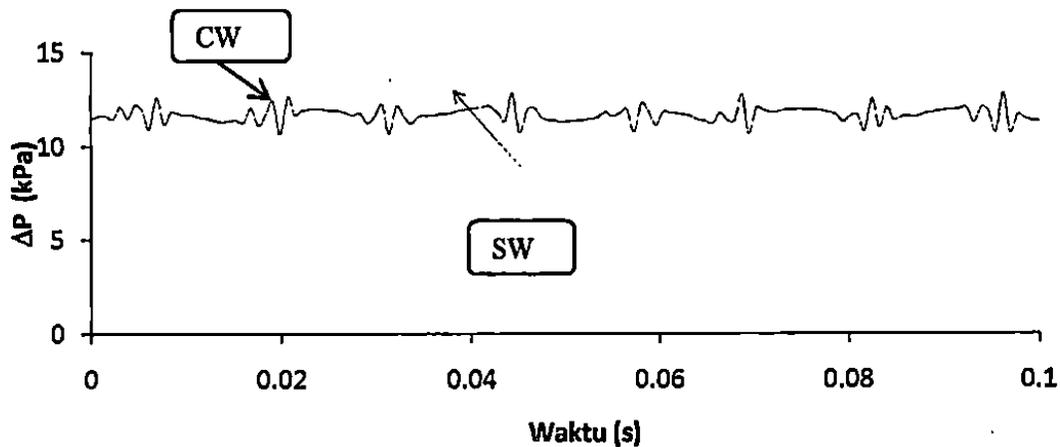
Grafik 5.5. Visualisasi pola aliran wavy ($\dot{m}_{st} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



Grafik 5.6. Fluktuasi beda tekanan terhadap waktu ($\dot{m}_{st} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



Grafik 5.7. Visualisasi pola aliran *wavy* ($\dot{m}_{st} = 4,3 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



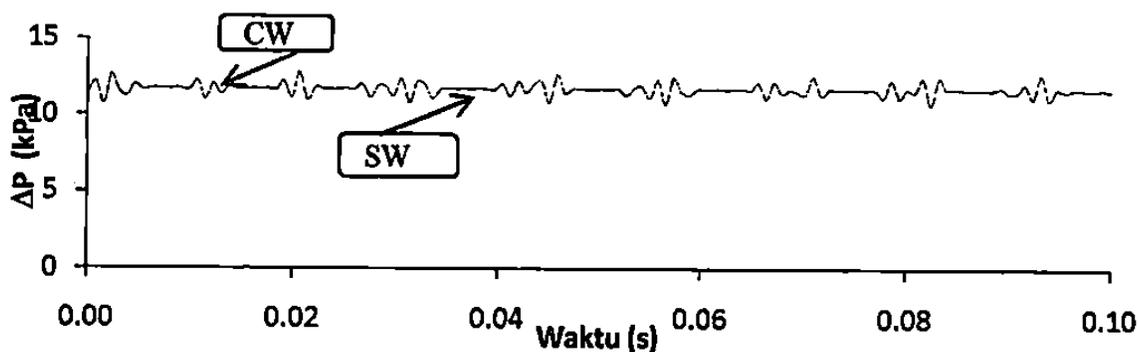
Grafik 5.8. Fluktuasi beda tekanan terhadap waktu ($\dot{m}_{st} = 4,3 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)

Sementara itu, berdasarkan Grafik 5.10, dapat digambarkan bahwa jumlah *wave* yang terbentuk semakin tinggi dan semakin sering (banyak) lagi. Ini menunjukkan bahwa jumlah massa yang lewat juga semakin meningkat. Dengan

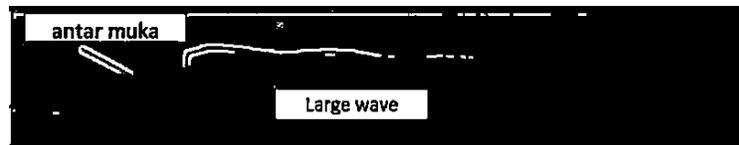
menumpuk pada bagian bawah dan membentuk ketebalan tertentu. Selanjutnya kondensat ini terdorong oleh aliran *steam*, maka terjadilah aliran *wavy* yang lebih besar dibanding pada Grafik 5.9., sehingga lebih tepat kalau disebut *wavy-slug*. Dan pada laju aliran massa uap masuk yang besar yaitu ($\dot{m}_{st} = 6,5 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$), dapat dilihat pada Grafik 12. bahwa jumlah *condensate-wave* semakin banyak dan relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan grafik sebelumnya (pada \dot{m}_{st} yang kecil), hal ini menunjukkan bahwa jumlah massa kondensat yang melewati pipa semakin besar dan terdorong oleh uap sehingga terbentuklah aliran *wavy* yang cukup besar sehingga dinamakan *wavy-slug*, dimaksudkan untuk menggambarkan bahwa pola alirannya adalah *wavy* yang mendekati *slug*.



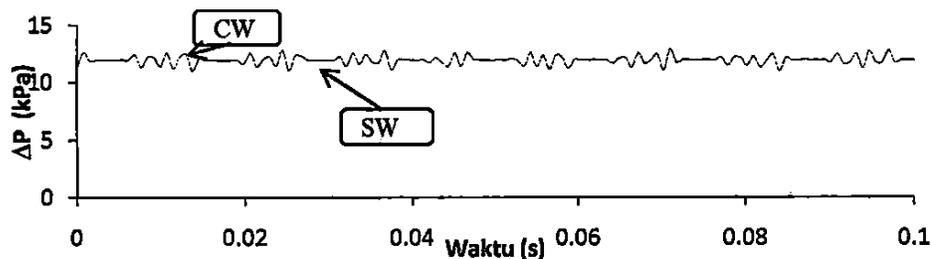
Grafik 5.9. Visualisasi pola aliran *wavy-slug* ($\dot{m}_{st} = 5,1 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



Grafik 5.10. Fluktuasi beda tekanan terhadap waktu ($\dot{m}_{st} = 5,1 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)

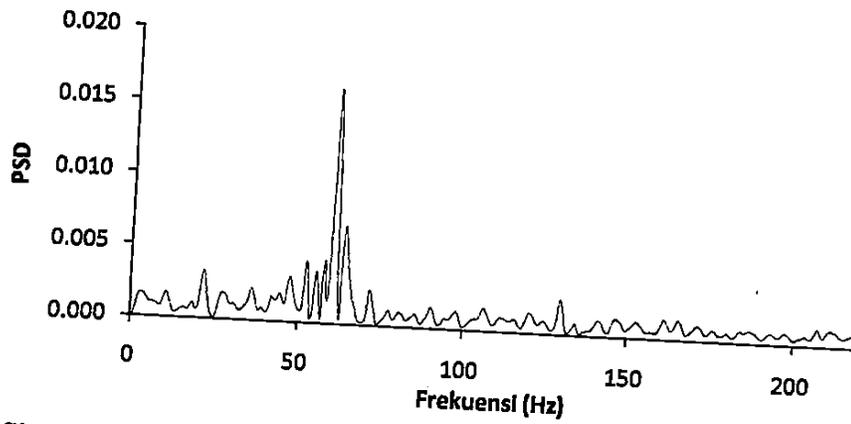


Grafik 5.11. Visualisasi pola aliran *wavy-slug* ($\dot{m}_{st} = 6,5 \times 10^{-3}$ kg

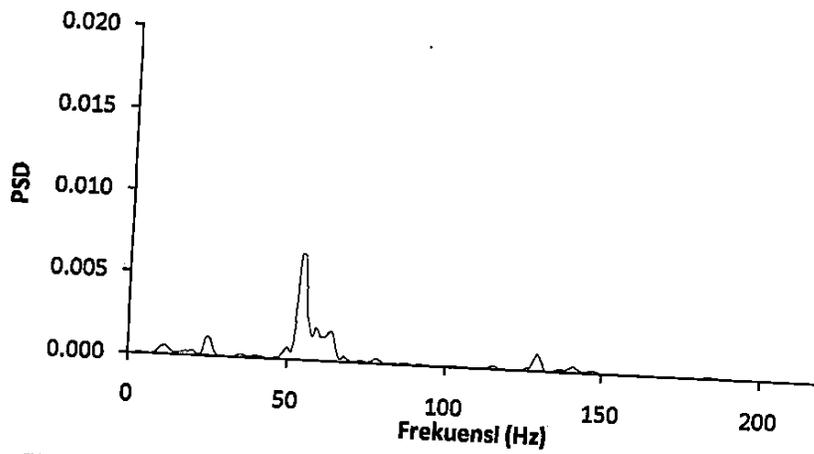


Grafik 5.12. Fluktuasi beda tekanan terhadap waktu ($\dot{m}_{st} = 6,5 \times 10^{-3}$ kg/s)

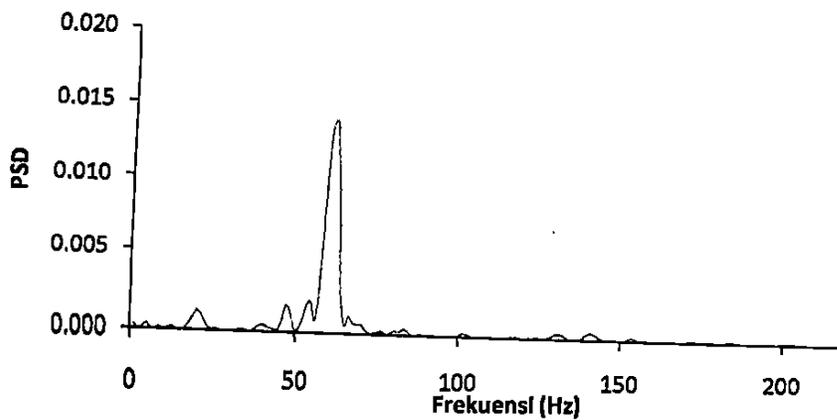
Grafik 5.13. sampai dengan Grafik 5.18. menunjukkan grafik PSD dari data beda tekanan untuk laju aliran massa uap masuk $\dot{m}_{st} = 1,6 \times 10^{-3}$ kg/s sampai dengan $\dot{m}_{st} = 6,5 \times 10^{-3}$ kg/s. Dari grafik-grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa frekuensi dominan yang ditunjukkan oleh first peak point dari PSD, meningkat seiring dengan meningkatnya laju aliran masa uap masuk pipa uji (\dot{m}_{st}). Dari $\dot{m}_{st} = 1,6 \times 10^{-3}$ kg/s sampai dengan $\dot{m}_{st} = 4,6 \times 10^{-3}$ kg/s, frekuensi dominan terjadi pada sekitar nilai 60 Hz, tetapi untuk $\dot{m}_{st} = 5,1 \times 10^{-3}$ kg/s dan $\dot{m}_{st} = 6,5 \times 10^{-3}$ kg/s frekuensi dominan terjadi pada sekitar 520 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah *condensate-wave* dipengaruhi oleh laju aliran massa uap masuk, di mana jumlah *condensate-wave* ini menunjukkan laju penambahan massa aliran kondensat.



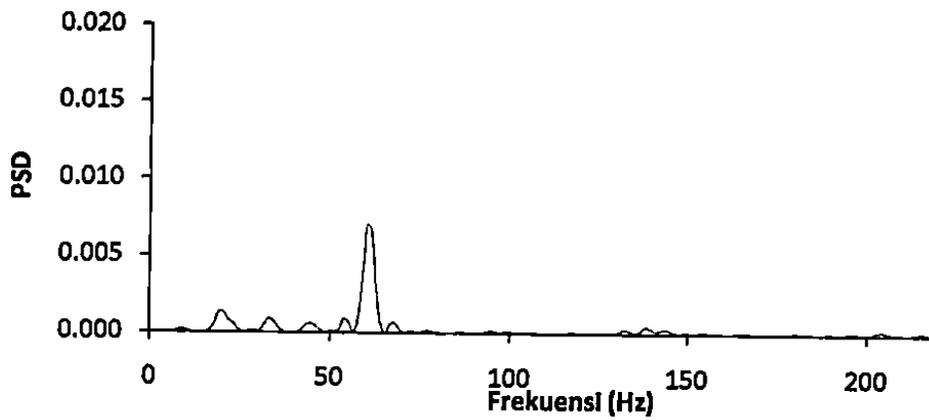
Grafik 5.13. *Power Spectra* pada aliran *stratified-wavy* ($\dot{m}_{st} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



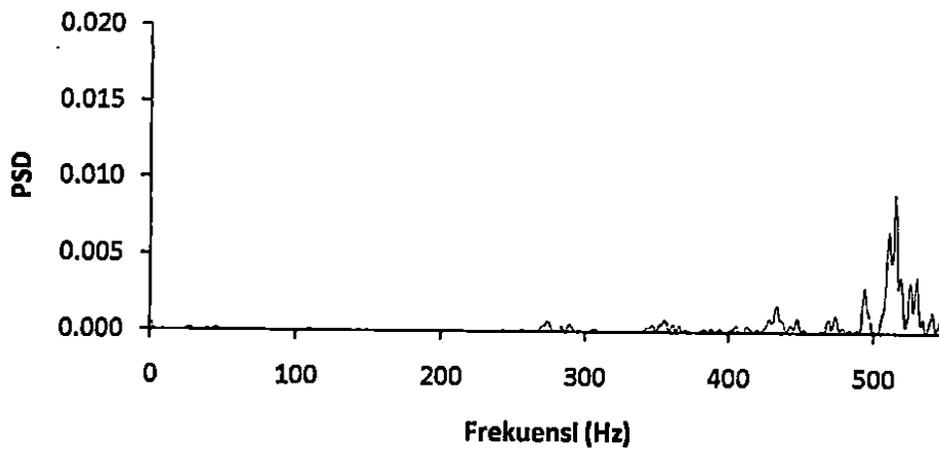
Grafik 5.14. *Power Spectra* pada aliran *stratified-wavy* ($\dot{m}_{st} = 2,6 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



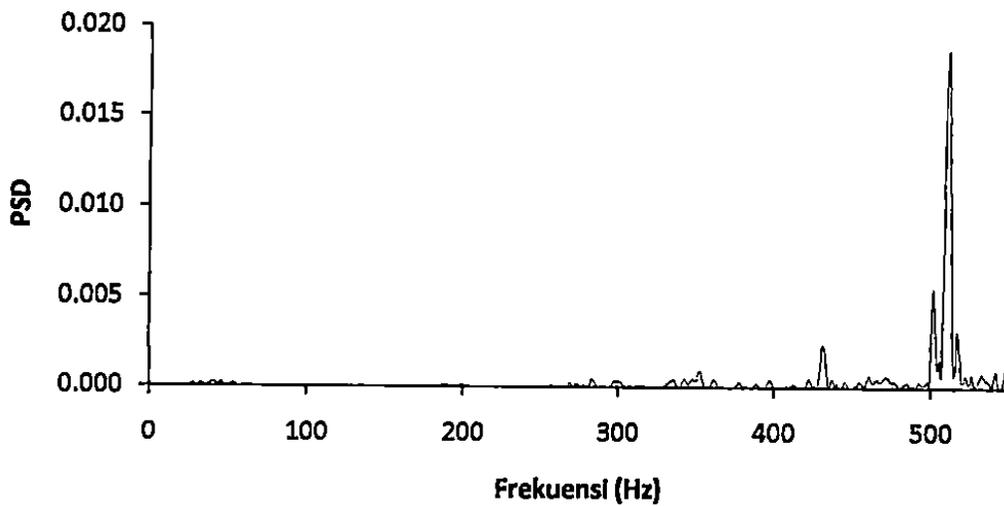
Grafik 5.15. *Power Spectra* pada aliran *wavy* ($\dot{m}_{st} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$)



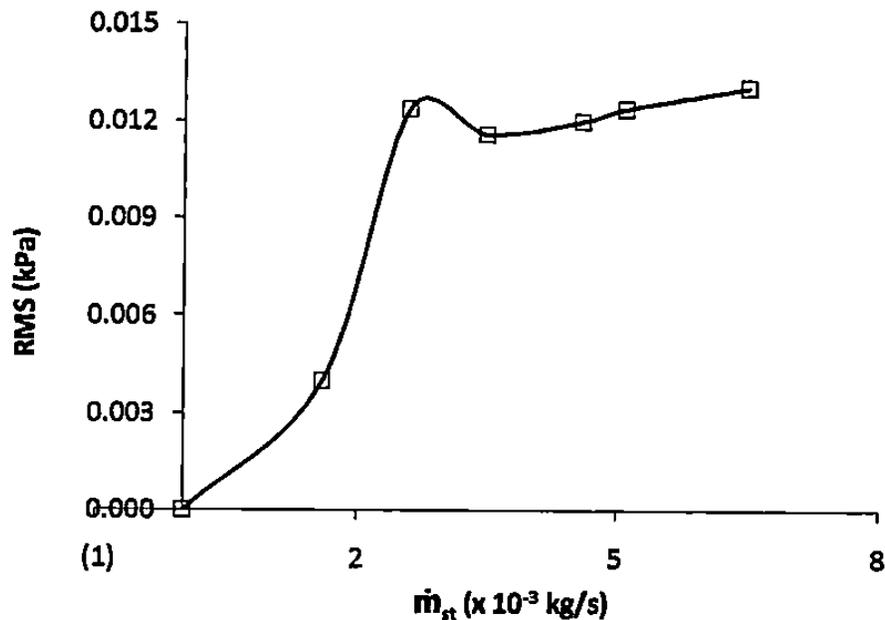
Grafik 5.16. *Power Spectra* pada aliran *wavy* ($\dot{m}_{st} = 4,6 \times 10^{-3}$ kg/s)



Grafik 5.17. *Power Spectra* pada aliran *wavy-slug* ($\dot{m}_{st} = 5,1 \times 10^{-3}$ kg/s)



Grafik 5.18. *Power Spectra* pada aliran *wavy-slug* ($\dot{m}_{st} = 6,5 \times 10^{-3}$ kg/s)



Grafik 5.19. Pengaruh laju aliran massa uap masuk (\dot{M}_{st}) terhadap RMS dari data beda tekanan terhadap waktu selama kondensasi uap di dalam pipa annulus horisontal

Pengaruh laju aliran massa uap masuk (\dot{m}_{st}) terhadap *root mean square* (RMS) dapat dilihat pada Grafik 5.19. Dari grafik ini, dapat dijelaskan bahwa RMS meningkat dengan peningkatan laju aliran massa uap masuk (\dot{m}_{st}). Pada kasus ini terdapat kesesuaian yang cukup baik antara analisis sinyal beda tekanan, PSD dan RMS. Grafik 5.19. juga mendukung kesimpulan sebelumnya, bahwa peningkatan laju aliran massa uap masuk (\dot{m}_{st}) sampai nilai tertentu memungkinkan terjadinya peningkatan *condensate-wave*. Peningkatan *condensate-wave* ini dimungkinkan karena terjadi peningkatan laju aliran massa uap masuk (\dot{m}_{st}) yang menyebabkan peningkatan RMS.