

Visualisasi Mekanisme *Flooding* Aliran *Counter-Current* Air-Udara pada *Simulator Hotleg* Dengan $L/D=50$

Suprianta Setiawan Putra⁴, Apip Badarudin^{2,5}, Deendarlianto¹, Indarto¹, Sinung Tirtha³,
Venti Yoanita³ dan Marcellinus Sindhu⁴

¹Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281
wawans.sasp@gmail.com.id

²Program Studi S-3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281

³Program Studi S-2 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 5528

⁴Program Studi S-1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 5528

⁵Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kotak Pos 1234, Bandung 40012

Abstract

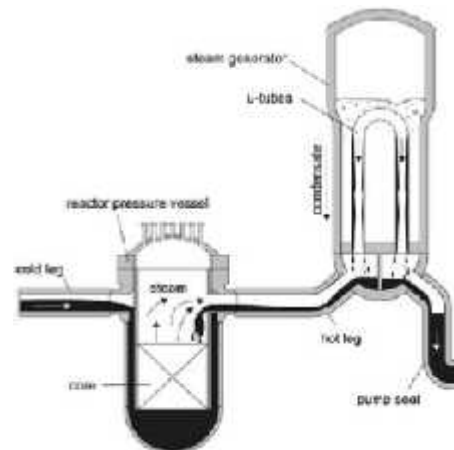
In this study, the experiments used a hotleg simulator which consists of three parts: a horizontal pipe, bend and riser. Geometry sizes of pipes in a scale of 1/30 of the actual hotleg geometry size in the PWR, with ratio $L/D = 50$. Hotleg simulator has an inside diameter = 25.4 mm, the horizontal pipe length $L = 1270$ mm, and riser pipe length 20 mm with an angle of 50° . The visual data was collected by using a high speed camera to observe the mechanism of flooding that occurred in hotleg simulator. Flooding mechanism was identified by analyzing the phenomena that occur at the time of the flooding. From the observation of a high speed camera, it was found that the initiation of flooding coincided with the formation of liquid slug. At low superficial velocity of water, the onset of slugging occurs near a bend. While at higher superficial velocity of water, the onset of slugging occurs away from the bend. Comparison of horizontal pipe length to the diameter of pipes (L/D) provide a significant effect on the flooding phenomenon.

Keywords: *pressurized water reactor, onset of flooding, onset of slugging, hydraulic jump, hotleg.*

1. Pendahuluan

Pada skenario LOCA (*loss of coolant accident*) pada PWR, terjadi kebocoran pipa pada sirkuit primer. Kebocoran pipa tersebut mengakibatkan penurunan tekanan pada sirkuit primer. Hal ini akan memudahkan terjadi penguapan cairan di pemipaan primer. Uap yang dihasilkan akan mengalir ke SG melalui pipa *hot-leg*. Ketika sampai di SG (di dalam pipa primer), uap akan mengembun dan terbentuk kondensat kemudian mengalir kembali melalui pipa *hot-leg* menuju RPV. Akibatnya pada pipa *hot-leg* terjadi aliran berlawanan arah (*counter-current*) antara uap dan air seperti terlihat pada Gambar 1.

Keberhasilan pendinginan reaktor nuklir pada sirkuit primer tergantung pada perilaku aliran dua fase *counter-current* yang terjadi. Laju massa air akan stabil pada laju massa udara tertentu. Apabila laju massa udara mengalami kenaikan, kestabilan dari aliran ini akan terganggu dan berakibat terjadi fenomena *flooding* atau *counter current flow limitation*. Apabila fenomena *flooding* tidak diatasi maka berakibat pendinginan reaktor tidak terjadi.



Gambar 1 Aliran dua fase *counter-current* pada sirkuit primer PWR (Seidel, T. dkk., 2010)

Fenomena *flooding* pada aliran dua fase *counter-current* air-udara menurut Deendarlianto dkk., (2008), *flooding* diindikasikan sebagai laju maksimum dari aliran massa udara yang mana laju aliran massa air yang mengalir turun sama dengan laju aliran massa air yang masuk pada *inlet*. Definisi *flooding* lainnya dikemukakan oleh Issa dan Macian (2011) merupakan kondisi dimana

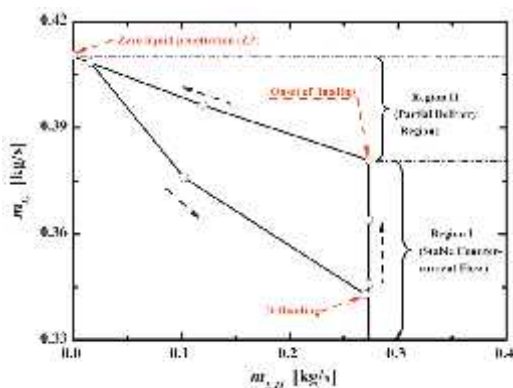
seiring peningkatan laju aliran udara, aliran air akan terhenti dan terbawa oleh aliran udara secara parsial atau seluruhnya. Fenomena *flooding* dapat terjadi pada geometri saluran vertikal maupun horisontal. Fenomena tersebut dapat diketahui dengan pengamatan visual, laju aliran cairan dan gradien tekanan yang terjadi.

Penelitian mengenai fenomena *flooding* pada aliran *counter-current* air-udara telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Banyak peneliti melakukan penelitian dengan memodelkan pipa hotleg dengan berbagai variasi geometri dan ukuran untuk mengamati fenomena *flooding* yang terjadi. Semua penelitian tersebut mempunyai tujuan yang sama yaitu untuk memprediksi mekanisme terjadinya *flooding* terjadi mengingat akan bahaya apabila fenomena tersebut terjadi.

Untuk memperoleh nilai faktor keselamatan reaktor yang tinggi maka fenomena *flooding* pada pipa *hot-leg* perlu dikaji lebih dalam lagi untuk menyempurnakan desain reaktor tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap fenomena *flooding* pada pipa *hot-leg* dengan ukuran yang lebih kecil. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi secara visual mekanisme terjadinya *onset of flooding*, posisi *hydraulic jump* dan *zero penetration* pada seksi uji. Proses identifikasi tersebut mengadopsi cara yang sudah dilakukan oleh Issa dan Macian (2014).

2. Metode dan Peralatan

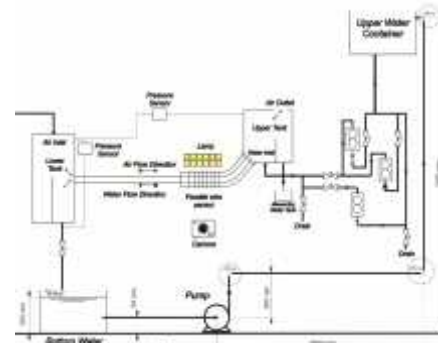
Pengamatan CCFL pada pipa *hot-leg* ini dilakukan di *regime stable counter-current Flow* dan *partial delivery*. Pada *regime partial delivery* diamati kondisi antara *onset of flooding* sampai *zero-liquid penetration* seperti terlihat pada Gambar 2. Keseluruhan kondisi tersebut dikenal sebagai CCFL.



Gambar 2 Karakter aliran air-udara counter-current [5]

Secara garis besar, desain instalasi percobaan yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi empat bagian besar, yaitu bagian seksi uji, alat untuk menyuplai udara, alat untuk menyuplai air dan peralatan elektronik. Skema alat uji penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Menurut skema alat pada Gambar 3, air dipompa dari *lower water container* menuju *upper water container*.



Gambar 3 Skema alat penelitian

Pompa beroperasi hanya untuk menaikkan air dari *lower water container* menuju *upper water container* dan dimatikan setelah *upper water container* terisi air penuh. Selanjutnya air dialirkan dari *upper water container* menuju *rotameter* air untuk diatur debit air kemudian diinjeksikan menuju *upper tank* (sebagai *simulator* dari *steam generator*). Air mengalir dari *upper tank* melewati *simulator hotleg* menuju *lower tank* (sebagai *simulator* dari *reactor pressure vessel*).

Dalam waktu bersamaan udara dari kompresor dialirkan menuju *regulator* untuk diatur tekanan udara pada kondisi konstan 3 bar. Setelah melewati *regulator* udara dialirkan melewati *rotameter* kemudian diinjeksikan kedalam *lower tank*. Udara mengalir melewati *simulator hotleg* menuju *upper tank* secara berlawanan arah dengan arah aliran air. Eksperimen dilakukan dengan kecepatan superfisial cairan dijaga konstan kemudian kecepatan superfisial udara dinaikkan secara periodik sampai dicapai kondisi *onset of flooding* dan *zero liquid penetration*. Mekanisme *flooding* diperoleh dari hasil pengambilan gambar dengan kamera berkecepatan tinggi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Mekanisme Flooding Aliran Counter-Current Air-Udara pada Hotleg

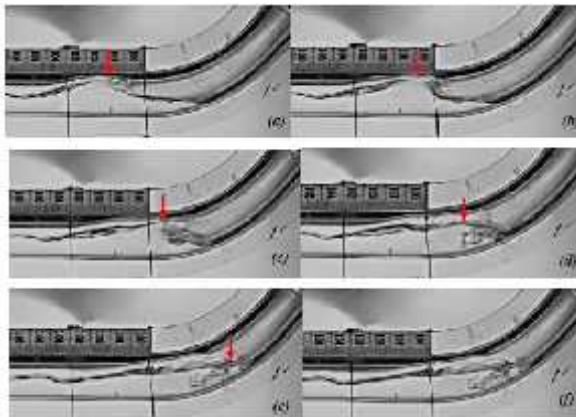
Menurut hasil pengolahan data visual dari eksperimen dengan kecepatan superfisial air $J_L=0,0033\text{m/s}$ (0,1 LPM) – 0,1 m/s (3 LPM), fenomena *flooding* yang terjadi pada *simulator hotleg* dapat dibedakan menjadi 3 wilayah. Penggolongan wilayah tersebut berdasarkan mekanisme pada saat terjadinya *flooding*.

3.1.1 Mekanisme Flooding Aliran Counter-Current pada $J_L=0,023\text{ m/s}$ ($Q_L=0,7\text{ LPM}$)

Wilayah pertama pada kecepatan superfisial air $J_L=0,0033\text{ m/s}$ (0,1 LPM) – 0,042 m/s (1,3 LPM). Pada pembahasan hasil visualisasi pada wilayah ini

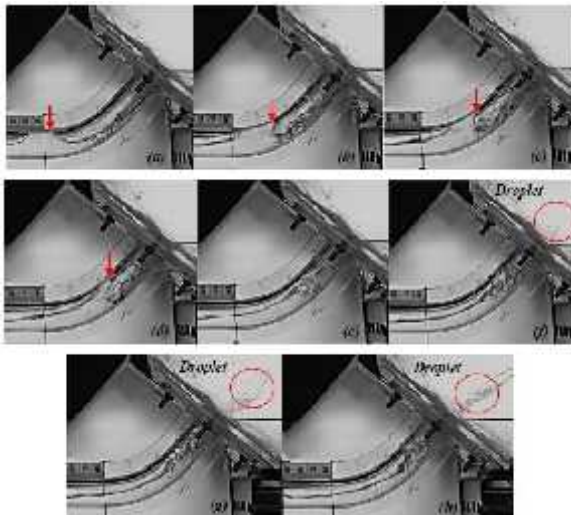
diwakili data penelitian pada $J_L=0,023$ m/s ($Q_L=0,7$ LPM).

Pada wilayah ini mekanisme *flooding* ditandai dengan terjadinya fenomena *onset of slugging* dengan pembentukan *liquid slug*. *Liquid slug* yang terbentuk terdorong oleh laju aliran udara menuju belokan membentuk *small roll wave*. Selanjutnya *small roll wave* terpecah di belokan tanpa diikuti pembentukan *droplet* pada *upper tank* seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Perkembangan liquid slug menjadi small roll wave pada $J_L=0,023$ m/s

Small roll wave terjadi berulang-ulang pada belokan dan berkembang menjadi *large roll wave*. *Large roll wave* terdorong oleh laju aliran udara menuju pipa miring dan terpecah menuju *upper tank* terbentuk *droplet* seperti terlihat pada Gambar 5.



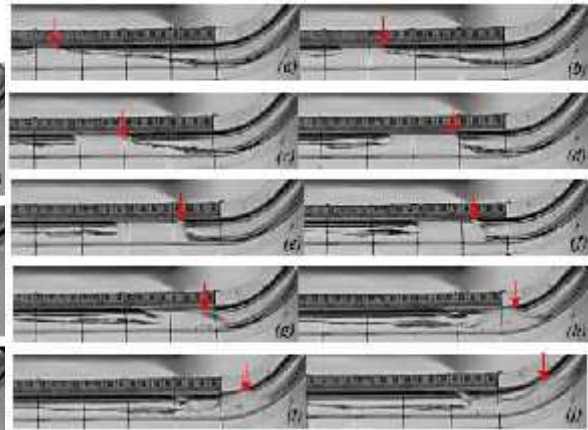
Gambar 5 Pembentukan large roll wave pada $J_L=0,023$ m/s

3.1.2 Mekanisme Flooding Aliran Counter-Current pada $J_L=0,059$ m/s ($Q_L=1,8$ LPM)

Wilayah kedua pada kecepatan superficial air $J_L=0,046$ m/s (1,4 LPM) – 0,075 m/s (2,3 LPM). Pada pembahasan hasil visualisasi pada wilayah ini

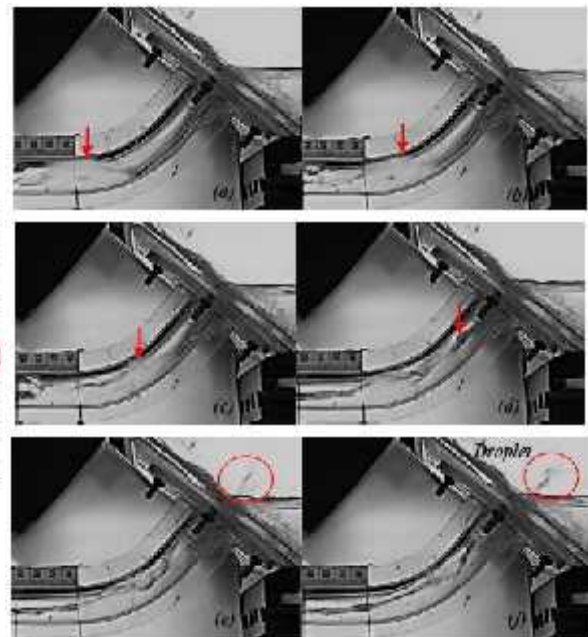
diwakili data penelitian pada $J_L=0,059$ m/s ($Q_L=1,8$ LPM).

Pada wilayah ini mekanisme *flooding* ditandai dengan terjadinya fenomena *onset of slugging* dengan pembentukan *liquid slug*. *Liquid slug* mengalami pemanjangan seiring terdorong oleh aliran udara menuju belokan membentuk large roll wave seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perkembangan liquid slug pada $J_L=0,059$ m/s

Selanjutnya *large roll wave* terdorong oleh laju aliran udara menuju pipa miring dan terpecah menuju *upper tank* terbentuk *droplet* seperti terlihat pada Gambar 7.



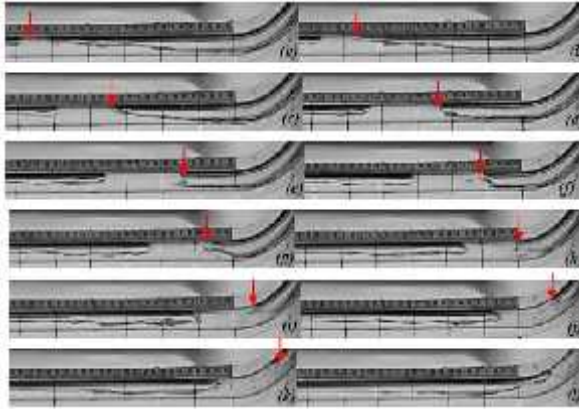
Gambar 7 Pembentukan large roll wave pada $J_L=0,059$ m/s

3.1.3 Mekanisme Flooding Aliran Counter-Current pada $J_L=0,085$ m/s ($Q_L=2,6$ LPM)

Wilayah ketiga pada kecepatan superficial air $J_L=0,078$ m/s (2,4 LPM) – 0,1 m/s (3 LPM). Pada pembahasan hasil visualisasi pada wilayah ini

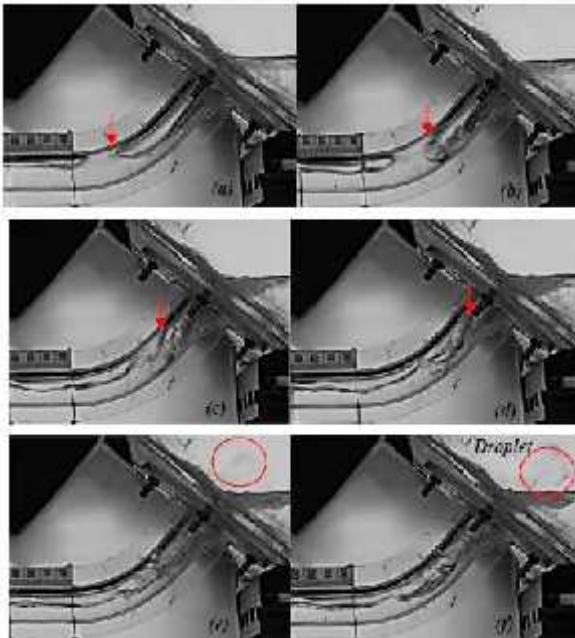
diwakili data penelitian pada $J_L=0,085$ m/s ($Q_L=2,6$ LPM).

Pada wilayah ini mekanisme *flooding* ditandai dengan terjadinya fenomena *onset of slugging* dengan pembentukan *liquid slug*. *Liquid slug* mengalami pemanjangan seiring terdorong oleh aliran udara menuju pipa miring tanpa diikuti pembentukan *droplet* pada *upper tank* seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Perkembangan liquid slug pada $J_L=0,085$ m/s

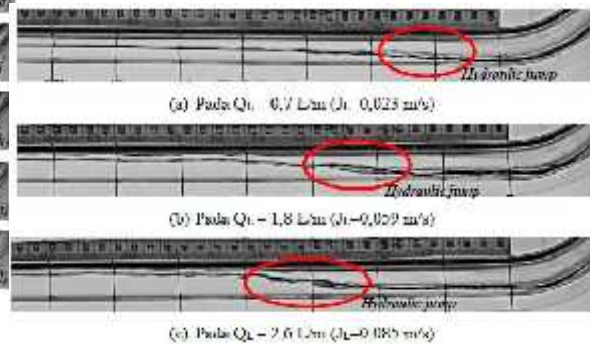
Selanjutnya pada belokan terjadi *large roll wave*. *Large roll wave* terdorong oleh laju aliran udara menuju pipa miring dan terpecah menuju *upper tank* terbentuk *droplet* seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Pembentukan large roll wave pada $J_L=0,085$ m/s

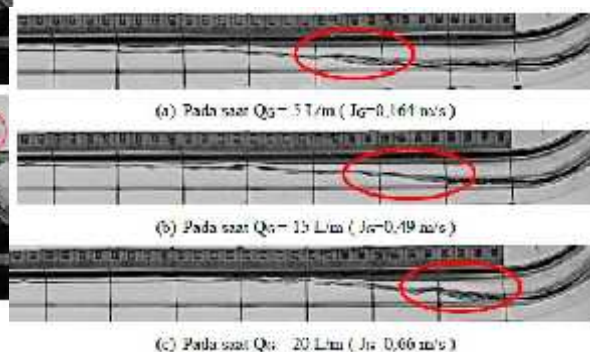
3.2 Hubungan Kecepatan Superfisial Air dan Udara terhadap Mekanisme Flooding Aliran Counter-Current Air-Udara pada Hotleg

Fenomena *hydraulic jump* terjadi akibat transisi aliran superkritis menjadi aliran subkritis. Pada kecepatan superfisial air yang rendah tampak *hydraulic jump* terjadi pada dekat dengan belokan, sedangkan pada kecepatan superfisial air yang lebih tinggi *hydraulic jump* menjauh dari belokan seperti terlihat pada Gambar 10. Fenomena ini terjadi karena semakin besar kecepatan superfisial air mengakibatkan laju aliran air lebih cepat pada bagian pipa miring. Hal ini menyebabkan perlambatan air pada pipa horisontal membutuhkan jarak dan waktu lebih panjang. Karena itulah posisi *hydraulic jump* menjauh dari belokan.



Gambar 10 Posisi hydraulic jump pada $Q_G = 5$ L/m ($J_G=0,164$ m/s)

Pada kecepatan superfisial air yang sama, seiring meningkatnya kecepatan superfisial udara fenomena *hydraulic jump* semakin mendekati belokan seperti terlihat pada Gambar 11. Fenomena ini terjadi karena tegangan geser interfasial air-udara semakin besar. Semakin besar tegangan geser interfasial air-udara mengakibatkan aliran air mengalami perlambatan lebih besar sehingga aliran superkritis akan lebih cepat mengalami transisi. Akibatnya perlambatan laju aliran pada pipa horisontal dibutuhkan jarak dan waktu yang lebih pendek. Karena itulah fenomena *hydraulic jump* bergeser mendekati belokan.



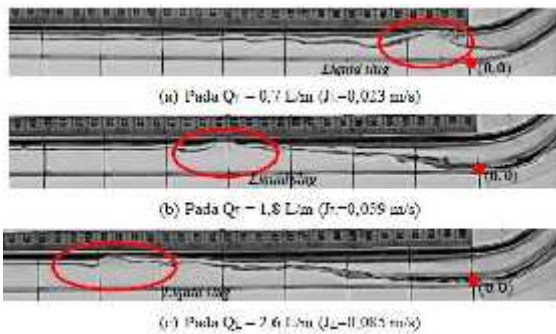
Gambar 11 Posisi hydraulic jump pada pada $Q_L = 1,8$ L/m ($J_L=0,059$ m/s)

Ketika kecepatan superfisial udara dinaikkan berakibat batas antarmuka fase gas dan fase cair menjadi tidak stabil dan muncul gelombang. Ketidakstabilan batas antarmuka fase pada aliran

ini dikarenakan gesekan antarmuka fase semakin besar. Kenaikan kecepatan superfisial udara juga berakibat gelombang-gelombang kecil berkembang menjadi gelombang yang lebih besar sehingga terbentuk pola aliran gelombang (*wavy*).

Semakin besar kecepatan superfisial udara, gelombang yang terbentuk semakin besar. Akibatnya ruang aliran udara di dalam pipa semakin berkurang. Pada kondisi ini aliran gelombang (*wavy*) yang terbentuk semakin tidak stabil. Seiring peningkatan kecepatan superfisial udara, puncak gelombang yang besar menyentuh batas atas bagian dalam pipa kemudian terjadi *onset of slugging* dengan terbentuknya *liquid slug*. Pada kondisi ini pola aliran yang terbentuk berupa pola aliran *slug*.

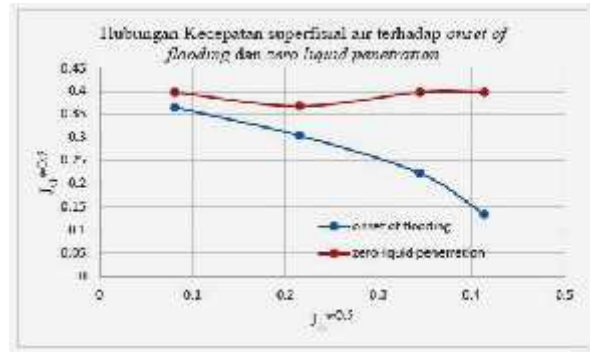
Posisi *onset of slugging* pada kecepatan superfisial air yang rendah terjadi dekat dengan belokan, sedangkan pada kecepatan superfisial air yang lebih tinggi terjadi menjauh dari belokan seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Posisi *onset of slugging* terhadap kecepatan superfisial air

Onset of slugging merupakan inisiasi terjadinya fenomena *flooding* pada aliran *counter-current* air-udara. Fenomena *flooding* pada kecepatan superfisial air yang rendah terjadi pada kecepatan superfisial udara yang besar, sedangkan pada kecepatan superfisial air yang lebih besar terjadi pada kecepatan superfisial udara yang lebih kecil seperti tergambar pada kurva *onset of flooding* pada Gambar 13.

Fenomena ini terjadi karena semakin besar kecepatan superfisial air, ketinggian *hydraulic jump* semakin besar sehingga area aliran udara dalam pipa menjadi lebih kecil. Seiring meningkatnya kecepatan superfisial udara, area aliran udara dalam pipa menjadi lebih kecil sehingga aliran udara lebih cepat mengenai permukaan puncak *hydraulic jump*. Akibatnya, pertumbuhan gelombang di permukaan puncak *hydraulic jump* semakin cepat. Gelombang yang terbentuk semakin besar sehingga puncak gelombang mengenai permukaan atas bagian dalam pipa atau terjadi *slugging*. Hal ini yang menyebabkan inisiasi terjadinya *flooding* lebih cepat.

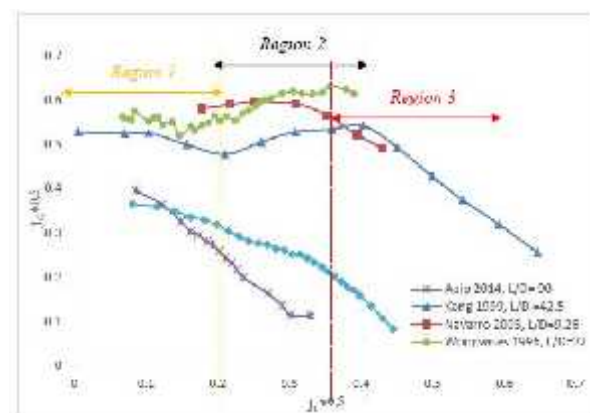


Gambar 13 Hubungan kecepatan superfisial air terhadap *Onset of flooding* dan *zero liquid penetration*

Semakin besar kecepatan superfisial udara maka jumlah aliran air yang kembali menuju *upper tank* (*steam generator simulator*) semakin banyak, hingga pada suatu titik dimana aliran air sudah tidak dapat mengalir melewati pipa horizontal untuk menuju (*lower tank*). Kondisi ini disebut *zero liquid penetration*. Gambar 13 menunjukkan batas *zero liquid penetration* untuk setiap kecepatan superfisial air dimana pada berbagai kecepatan superfisial terjadi fluktuatif dan dapat dikatakan tidak ada hubungan kecepatan superfisial air terhadap *zero liquid penetration*. Hal ini sama seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kang dkk (1999).

3.3 Korelasi Kecepatan Superfisial Terhadap *Onset of Flooding*

Pada penelitian ini mekanisme terjadinya *flooding* seperti terlihat pada Gambar 14 dimana kecepatan superfisial udara untuk terjadinya *flooding* menurun seiring meningkatnya kecepatan superfisial air. Grafik *onset of flooding* yang terbentuk jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya maka grafik yang terbentuk cenderung sama dengan grafik pada penelitian Badarudin dkk. (2014), hanya saja kemiringan garis pada penelitian ini lebih kecil dan posisi kurva berada di atas.



Gambar 14 Overview *onset of flooding*

Pada penelitian ini dengan $L/D=50$, fenomena *hydraulic jump* selalu terjadi di sepanjang pipa horizontal. Gesekan yang dialami oleh aliran air

akan lebih besar ketika pipa lebih panjang sehingga fenomena *hydraulic jump* lebih mudah terjadi. Berbeda dengan penelitian sebelumnya Kang dan Wongwises dkk. (1996) tidak ditemui *hydraulic jump* pada kecepatan superfisial yang tinggi.

Ketinggian *hydraulic jump* yang terbentuk semakin besar seiring meningkatnya kecepatan superfisial air. Seiring meningkatnya kecepatan superfisial udara, area aliran udara dalam pipa menjadi lebih kecil sehingga aliran udara lebih cepat mengenai permukaan puncak *hydraulic jump*. Akibatnya, pertumbuhan gelombang di permukaan puncak *hydraulic jump* semakin cepat. Gelombang yang terbentuk semakin besar sehingga puncak gelombang mengenai permukaan atas bagian dalam pipa atau terjadi *slugging*. Hal ini yang menyebabkan inisiasi terjadinya *flooding* lebih cepat dibandingkan dengan hasil penelitian Wongwises, Kang dan Navarro. Kondisi ini dipengaruhi oleh perbandingan panjang horisontal pipa terhadap diameter dalam pipa (L/D). Pada penelitian ini perbandingan panjang pipa horisontal terhadap diameter dalam pipa sebesar $L/D=50$.

Maka geometri untuk perbandingan panjang horisontal terhadap diameter dalam pipa sangat mempengaruhi mekanisme *flooding* yang terjadi. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan grafik hubungan dan yang terbentuk dalam masing-masing penelitian berbeda-beda. Untuk L/D sebesar 50 yang digunakan dalam penelitian ini, membuat mekanisme *flooding* terjadi dalam kondisi kecepatan superfisial udara menurun seiring kecepatan superfisial air meningkat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengamati mekanisme terjadinya *flooding* pada aliran berlawanan arah (*counter-current*) air-udara pada simulator *hotleg*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Fenomena *flooding* yang terjadi pada simulator *hotleg* memiliki mekanisme yang berbeda terhadap perubahan kecepatan superfisial air yang diamati.
 - a. Wilayah pertama pada kecepatan superfisial air rendah dengan $J_L=0,0033$ m/s (0,1 LPM) – 0,042 m/s (1,3 LPM), mekanisme *flooding* ditandai dengan terjadinya fenomena *onset of slugging* dengan pembentukan *liquid slug*. *Liquid slug* yang terbentuk terdorong oleh laju aliran udara menuju belokan membentuk *small roll wave*. Selanjutnya *small roll wave* terpecah di belokan tanpa diikuti pembentukan *droplet* pada *upper tank*. *Small roll wave* terjadi berulang-ulang pada belokan dan berkembang menjadi *large roll wave*. *Large roll wave* terdorong oleh laju aliran udara menuju pipa miring dan terpecah menuju *upper tank* terbentuk *droplet*.
 - b. Wilayah kedua pada kecepatan superfisial air menengah dengan $J_L=0,046$ m/s (1,4 LPM) – 0,075 m/s (2,3 LPM), mekanisme *flooding* ditandai dengan terjadinya fenomena *onset of slugging* dengan pembentukan *liquid slug*. *Liquid slug* mengalami pemanjangan seiring terdorong oleh aliran udara menuju belokan membentuk *large roll wave*. Selanjutnya *large roll wave* terdorong oleh laju aliran udara menuju pipa miring dan terpecah menuju *upper tank* terbentuk *droplet*.
 - c. Wilayah ketiga pada kecepatan superfisial air tinggi dengan $J_L=0,078$ m/s (2,4 LPM) – 0,1 m/s (3 LPM), mekanisme *flooding* ditandai dengan terjadinya fenomena *onset of slugging* dengan pembentukan *liquid slug*. *Liquid slug* mengalami pemanjangan seiring terdorong oleh aliran udara menuju pipa miring tanpa diikuti pembentukan *droplet* pada *upper tank*. Selanjutnya pada belokan terjadi *large roll wave*. *Large roll wave* terdorong oleh laju aliran udara menuju pipa miring dan terpecah menuju *upper tank* terbentuk *droplet*.
2. Posisi terjadinya fenomena *hydraulic jump* dan *onset of slugging* pada simulator *hotleg* berbeda terhadap perubahan kecepatan superfisial air dan udara.
 - a. Pada kecepatan superfisial air yang rendah *hydraulic jump* terjadi dekat dengan belokan, sedangkan pada kecepatan superfisial air yang lebih tinggi *hydraulic jump* terjadi menjauh dari belokan
 - b. Pada kecepatan superfisial air yang sama, seiring meningkatnya kecepatan superfisial udara fenomena *hydraulic jump* semakin mendekati belokan.
 - c. Pada kecepatan superfisial air yang rendah *onset of slugging* terjadi dekat dengan belokan, sedangkan pada kecepatan superfisial air yang lebih tinggi *onset of slugging* terjadi menjauh dari belokan.
3. Kecepatan superfisial air memberikan pengaruh yang signifikan terhadap terjadinya fenomena *flooding*, namun tidak memberikan pengaruh terhadap fenomena *zero liquid penetration*.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Dana Hibah Bersaing tahun anggaran 2016, serta menggunakan fasilitas peralatan di Lab. Mekanika Fluida, Departemen Teknik Mesin FT UGM dan Jurusan Teknik Refrigerasi Politeknik Negeri Bandung.

Daftar Pustaka

- Badarudin, A., Indarto, Deendarlianto, Hermawan, Saka, A., M. Fikri Haykal Syarif, M.F.H, Wicaksono, A., 2014, *Observasi karakteristik CCFL pada pipa kompleks*, ReTII IX, hal 371-375.
- Deendarlianto, Vallée, C., Lucas, D., Beyer, M., Pietruske, H., Carl, H., 2008, *Experimental Study on the Air/water Counter-current Flow Limitation in a Model of the Hot Leg of a Pressurized Water Reactor*. Nuclear Engineering and Design, Vol. 238 (12), 3389-3402.
- Deendarlianto, Höhne, T., Lucas, D., Vierow, K., 2012. *Gas-liquid countercurrent two-phase flow in a PWR hot leg: A comprehensive research review*, Nuclear Engineering and Design, Elsevier, Vol. 234, 214-233.
- Issa, S., Macian, R., 2011. *A review of CCFL phenomenon*, Annals of Nuclear Energy, Elsevier, Vol. 38, pp. 1795-1819.
- Issa, S., Macian, R., 2014. *Experimental investigation of countercurrent flow limitation (CCFL) in large-diameter hot-leg geometry : A detailed description of CCFL mechanism, flow pattern and high quality HSC imaging of the interfacial structure in a 1/3.9 scale of PWR geometry*, Nuclear Engineering and Design, Elsevier, Vol. 280, pp. 550-563.
- Kang, S.K., Chu, I.C., No, H.C., Chun, M.H., 1999, *Air-water countercurrent flow limitation in a horizontal pipe connected to an inclined riser*. Journal of the Korean Nuclear Society, Vol. 31 (6), 548-560.
- Seidel, T., Vallée, C., Lucas, D., Beyer, M., Deendarlianto, 2010, *Two-Phase Flow Experiments in a Model of the Hot Leg of a Pressurised Water Reactor*, Wissenschaftlich-Technische Berichte/ Forschungszentrum Dresden- Rossendorf; FZD-531.
- Wongwises, S., 1996, *Two-phase countercurrent flow in a model of a pressurized water reactor hot leg*, Nuclear Engineering and Design Vol. 166, pp. 121-133



SEMINAR NASIONAL
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**BERITA ACARA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016**

Pada hari ini Sabtu, tanggal 10 bulan Desember, tahun 2016 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) Ke -11, atas:

Nama Pemakalah : Suprianta Setiawan Putra⁴, Apip Badarudin^{2,5}, Deendarlianto¹, Indarto¹, Sinung Tirtha³, Venti Yoanita³, Marcellinus Sindhu⁴
Judul Makalah : *Visualisasi Mekanisme Flooding Aliran Counter-Current Air-Udara pada Simulator Hotleg dengan L/D=50*
Pukul : 15.15 – 15.30 WIB
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
Ruang : D.11
Moderator : Dr. Ratna Kartikasari, ST. MT.
Notulen : Hasta Kuntara, ST. MT.

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian Oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh moderator.

Jumlah Peserta yang Hadir : _____ Orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,



Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Dr. Ratna Kartikasari, ST. MT.

Dr. Eka Yawara, MT.

Suprianta Setiawan Putra⁴,

Apip Badarudin^{2,5},

Deendarlianto¹, Indarto¹,

Sinung Tirtha³, Venti Yoanita³,

Marcellinus Sindhu⁴



SEMINAR NASIONAL
REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
 Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

NOTULEN JALANNYA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016

Nama Pemakalah : Suprianta Setiawan Putra⁴, Apip Badarudin^{2,5}, Deendarlianto¹, Indarto¹, Sinung Tirtha³, Venti Yoanita³, Marcellinus Sindhu⁴
 Judul Makalah : *Visualisasi Mekanisme Flooding Aliran Counter-Current Air-Udara pada Simulator Hotleg dengan L/D=50*
 Pukul : 15.15 – 15.30 WIB
 Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
 Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
 Ruang : D.11

Jalannya Acara Seminar:

1. Pembukaan oleh Moderator.
2. Paparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah.
3. Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan dari Pemakalah.

Adapun pertanyaan/kritik/saran dari Peserta Seminar terhadap Pemakalah serta tanggapan Pemakalah adalah sebagai berikut:

Pertanyaan / Kritik / Saran	Tanggapan Pemakalah
<p>1. Waktu dyoto, airmurni / campuran b. Waktu yang diperlukan untuk dapat data c. Cahayanya menggunakan apa?</p>	<p>1. a. airmurni, diatur pencahayaan ditutup dengan kalleir agar difuse b. 1,5 tahun. c. Halogen, LED dipasang kalleir dipasang Tirai Hitam</p>
<p>2. Kenapa terjadi kebooran di pipa utama?</p>	<p>2. $P = 150 \text{ MPa}$ $T = 325 \text{ }^\circ\text{C}$. cairan menguap akan naik ke pipa u</p>

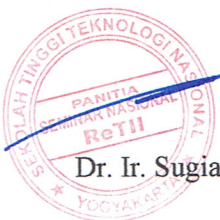
4. Penutup: Oleh Moderator.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,



Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Dr. Ratna Kartikasari, ST, MT.

Ir. Eka Yawana, MT.

Suprianta Setiawan Putra⁴,

Apip Badarudin^{2,5},

Deendarlianto¹, Indarto¹,

Sinung Tirtha³, Venti Yoanita³,

Marcellinus Sindhu⁴