

Interpretasi Hasil Pengukuran Tebal Cairan pada Aliran Dua Fase Udara-Air Berlawanan Arah Menggunakan Metode *Parallel-wire* dalam Pipa Kompleks

Apip Badarudin¹, Muhammad Arman¹

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kotak Pos 1234, Bandung 40012
apipbdr@polban.ac.id

Abstract

Pada penelitian ini dilakukan interpretasi tebal cairan pada aliran dua fase aliran berlawanan arah pada pipa horizontal yang diukur menggunakan metode *parallel-wire*. Penelitian dilakukan dengan variasi laju aliran volumetrik air dan udara. Sensor *parallel-wire* terbuat dari tembaga dengan diameter 0.51 mm dan dipasang sejajar dengan jarak 5 mm. Sensor kawat sejajar dipasang pada bagian pipa horizontal sebanyak 10 buah dengan jarak 40 mm. Interpretasi hasil pengukuran dilakukan dengan membandingkan pola pada grafik tebal film dengan data gambar yang diambil menggunakan kamera kecepatan tinggi. Berdasarkan hasil pembacaan tebal film air dengan menggunakan metode *parallel-wire*, dapat diidentifikasi aliran *counter-current* dengan pola aliran *stratified*, aliran *wavy* dan aliran *slug* yang terbentuk dari berbagai variasi laju aliran air dan gas. Lokasi terjadinya lompatan hidrolik yang terbentuk pada pipa *hotleg* dan terjadinya *onset of slugging* dapat diidentifikasi.

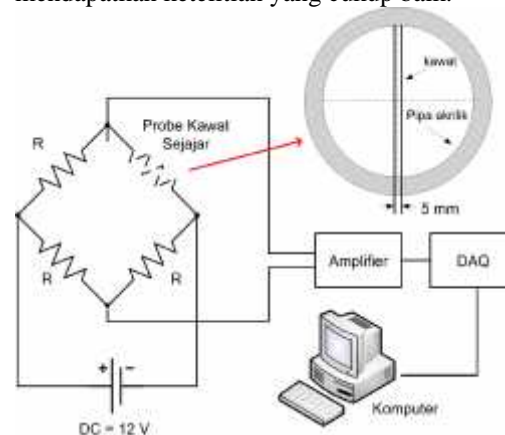
Keywords: *Parallel-wire, counter-current, stratified, wavy, slug.*

1. Pendahuluan

Dalam skenario *Loss of Coolant Accident (LOCA)*, keberhasilan pendinginan inti reaktor tergantung pada perilaku aliran berlawanan arah antara uap dan kondensat yang mengalir melalui pipa *hotleg*. Aliran tersebut hanya stabil pada jangkauan laju aliran massa tertentu dari uap dan air. Ki Yong Choi dan Hee Cheon No (1995) menyatakan dari hasil penelitiannya ditemukan mekanisme *onset of flooding* dapat dikelompokkan menjadi *Inner flooding* dan *Entrance flooding*. Sedangkan Deendarlianto dkk. (2005) menyatakan dari hasil penelitiannya ditemukan mekanisme *flooding* yang berupa *lower flooding* dan *upper flooding*. Dari peneliti-peneliti sebelumnya juga terdapat beberapa hasil yang sama maupun yang berbeda. Penyebab perbedaan adalah kondisi eksperimen, identifikasi visual dan definisi *flooding* yang berbeda dari masing-masing peneliti sehingga menyebabkan perbedaan hasil dan kesimpulan. Untuk itu diperlukan sistem pengukuran yang meminimalkan identifikasi visual yang salah satunya adalah mengembangkan sensor dan teknik pengkondisian serta pengolahan sinyal untuk mengukur ketebalan film pada fenomena *flooding*. Tujuan penelitian adalah menginterpretasikan hasil pengukuran tebal film pada aliran dua fase udara-air berlawanan arah dalam pipa kompleks pada bagian horizontal menggunakan metode *parallel-wire*.

Metode konduktansi sering digunakan dalam penentuan tebal film. Coney (1973), Paras dan

Karabelas (1991), Tsochatzidis dkk. (1992), Geraci dkk. (2007) memanfaatkan metode ini berdasarkan fakta bahwa air dapat menghantarkan listrik cukup baik dari pada udara. Secara teoretik, jika dua buah kawat sejajar telanjang bersentuhan dengan air, arus yang mengalir di antara keduanya akan sebanding dengan kedalaman cairan yang kontak dengan kawat-kawat tersebut. Meskipun telah digunakan secara luas, *probe* konduktansi memiliki beberapa kekurangan. Pertama, *probe* kawat sejajar (*parallel-wire*) harus masuk ke aliran dan kedua, kawat-kawat tersebut mudah rusak karena aliran. Kelemahan lain dari metode ini antara lain adalah nonlinearitas dan sifat alami dari peralatan yang memerlukan kalibrasi secara reguler untuk mendapatkan ketelitian yang cukup baik.



Gambar 1 Diagram blok pengukuran tebal film dengan *Parallel-wire*

Gambar 2 Skema alat penelitian

Pemanfaatan konduktansi kawat paralel juga digunakan oleh Paras dan Karabelas (1991) untuk menginvestigasi karakteristik lapisan cairan pada aliran cincin horisontal pada pipa berdiameter 50.8 mm. Mereka menggunakan analisis statistik untuk mempelajari ketebalan film pada berbagai variasi arah sirkumferensial.

2. Metode dan Peralatan

Gambar 1 menunjukkan diagram blok pengukuran tebal film menggunakan metoda *parallel-wire*. Blok pengukuran terdiri atas sensor, *amplifier*, *data acquisition system* (DAQ) dan komputer.

Sensor *parallel-wire* terdiri atas 2 kawat yang dipasang sejajar di penampang pipa. Kawat terbuat dari bahan tembaga berlapis perak dengan diameter 0,51 mm. Jarak antar kawat 5 mm. Diameter dalam pipa 25,4 mm. *Amplifier* sebagai pengkondisi sinyal yang dicatu oleh sumber DC sebesar 12 volt. *Amplifier* tersebut berupa rangkaian jembatan *Wheatstone* yang akan mengeluarkan tegangan 0 – 10 volt DC. Selanjutnya tegangan keluaran *amplifier* akan dimasukkan kedalam sistem akuisisi data (DAQ). Pada penelitian ini sistem akuisisi data dijalankan dengan waktu cuplik 2 ms. Data difilter menggunakan filter FFT dengan *Low Pass Filter* pada frekuensi 62,5 Hz.

Kalibrasi sistem pengukuran tebal film dengan kawat sejajar (*parallel-wire*) ini dilakukan dengan menenggelamkan kawat sejajar yang ada di dalam

pipa secara bertahap sampai penampang pipa terpenuhi seluruhnya oleh air dimana ketebalan air dapat diketahui dengan pasti. Selanjutnya, resistansi keluaran pasangan kawat sejajar diukur untuk tiap ketebalan lapisan air, ditabelkan, dan dibuat kurva kalibrasinya.

Gambar 2 menunjukkan skema alat penelitian. Perangkat uji yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan pipa *hotleg* akrilik transparan yang disambung pipa akrilik panjang minimum 2 m dengan diameter dalam pipa 25,4 mm. Fukano (1998) menyarankan pemakaian bahan akrilik agar memudahkan investigasi visual dan bersifat non-konduktif.

Cairan akan dipompakan dan masuk ke dalam penampung sebelah kanan secara perlahan tinggi permukaan cairan akan naik. Ketika permukaan cairan naik mencapai ketinggian dimana terdapat lubang menuju tiruan pipa lengan panas (*hotleg*), maka cairan akan turun menuju pipa tersebut. Cairan akan mengalir melewati pipa miring, *elbow*, pipa horizontal dan menuju penampung sebelah kiri. Pada saat yang bersamaan, gas diinjeksikan dari penampung sebelah kiri dan akan mengalir berlawanan arah (dari arah cairan) melewati pipa horizontal, *elbow*, pipa miring menuju penampung sebelah kanan.

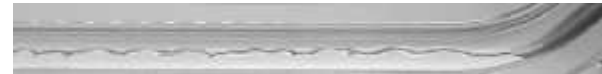
Gambar 3 menunjukkan diagram alir cara interpretasi hasil pengukuran. Data tebal film diambil menggunakan sistem akuisisi data dengan sensor *parallel-wire* dan saat yang bersamaan

menggunakan video kamera kecepatan tinggi. Selanjutnya data tebal film difilter menggunakan *FFT Low Pass Filter* pada 62.5 Hz dan diplot dalam bentuk grafik. Dalam menginterpretasikan suatu fenomena dari sebuah grafik, diperlukan perbandingan berupa data gambar maupun data pendukung lainnya (data tekanan, dsb) untuk memverifikasinya. Data gambar diperoleh dari hasil ekstrak perekaman kamera kecepatan tinggi. Suatu pola pada grafik dibandingkan dengan data gambar. Bila sudah sesuai, pola tersebut dapat ditandai suatu fenomena tertentu. Selanjutnya untuk pola yang sama atau mirip pada grafik bisa diinterpretasikan sebagai fenomena yang sama.

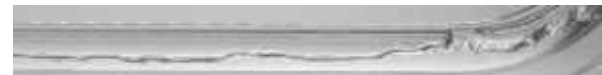
udara dan air ini akan membentuk pola aliran yang berbeda-beda, seperti aliran strata (*stratified flow*), aliran strata bergelombang (*stratified-wavy flow*), aliran slug (*slug flow*).



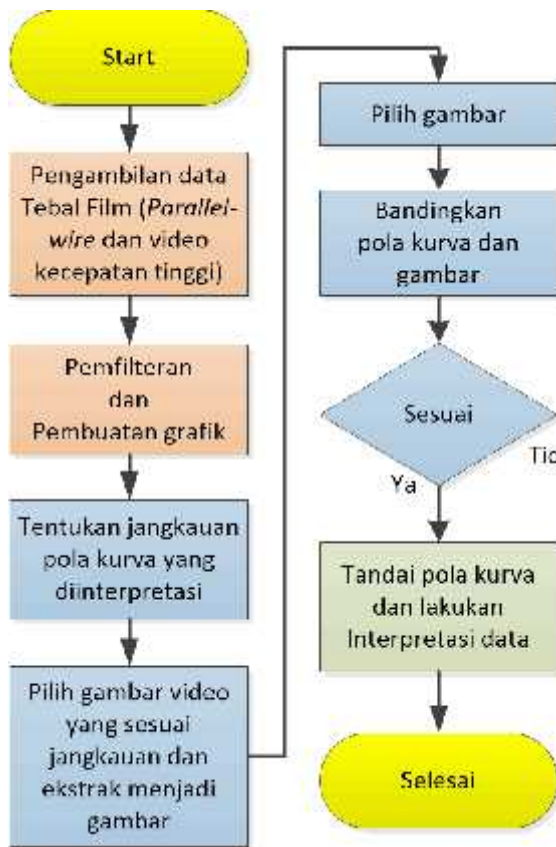
Gambar 4 Pola aliran Stratified pada pipa horizontal ($J_L= 0.003 \text{ m/s}$, $J_G= 1.97 \text{ m/s}$).



Gambar 5 Pola aliran Wavy pada pipa horizontal ($J_L=0.003 \text{ m/s}$, $J_G=2.3 \text{ m/s}$).



Gambar 6 Pola aliran Slug pada pipa horizontal ($J_L=0.003 \text{ m/s}$, $J_G=2.47 \text{ m/s}$).



Gambar 3 Diagram alir interpretasi hasil pengukuran

Gambar 4 menunjukkan pola aliran pada saat laju aliran udara relatif kecil sehingga aliran udara tidak akan mampu menghasilkan hambatan yang cukup untuk menahan laju aliran air. Pada kondisi ini pola aliran yang terbentuk adalah aliran *stratified*. Pada pola aliran ini air dan udara terpisah secara sempurna, dimana air mengalir di bagian bawah dan udara di bagian atas. Hal ini berkaitan dengan adanya gaya gravitasi. Selain itu, tampak adanya lapisan air yang sangat tipis (aliran super-kritis) pada bagian miring dan belokan *hotleg* karena air yang mengalir dari *upper tank* dipercepat pada bagian tersebut akibat laju aliran air mengalir pada bagian miring dan adanya pengaruh gravitasi. Disamping itu, pada bagian pipa horizontal akan terbentuk aliran sub-kritis sehingga di antara keduanya terdapat lompatan hidrolis.

Ketika laju aliran udara dinaikkan, kondisi batas antar-muka sudah mulai tidak stabil dan timbul gelombang. Pada fase inilah pola aliran *stratified-wavy* terbentuk, seperti pada Gambar 5. Dengan meningkatnya laju aliran massa udara, maka gelombang yang terbentuk semakin besar, mengakibatkan ruang aliran untuk udara semakin berkurang. Pada akhirnya gelombang menyentuh batas atas pipa dan menutup luas penampang pipa yang kemudian terdorong oleh udara menuju *upper tank*. Pada kondisi ini terbentuk aliran *slug* (Gambar 6).

Bila laju aliran massa udara semakin diperbesar, maka semakin besar pula jumlah aliran air yang kembali ke *upper tank*, hingga pada suatu saat akan terjadi kondisi dimana tidak ada lagi aliran air yang mampu mengalir melewati pipa horizontal untuk mencapai *lower tank*. Kondisi ini disebut dengan *zero liquid penetration*.

3. Hasil dan Pembahasan

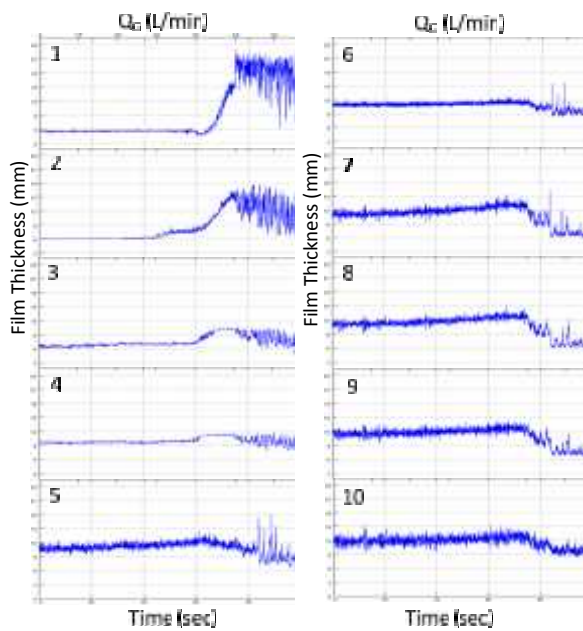
3.1 Karakteristik Dasar Aliran Berlawanan Arah pada Pipa Hotleg

Pada penelitian ini, secara umum dapat ditemukan karakteristik dasar aliran *counter-current* dalam pipa *hotleg* pada data visual yang telah diambil dengan kamera berkecepatan tinggi pada penelitian sebelumnya (Badarudin, A. dkk., 2015). Karakteristik dasar aliran berlawanan arah (*counter current*) sangat dipengaruhi oleh besarnya laju aliran udara dan air. Besar kecilnya laju aliran

3.2 Perilaku Sensor terhadap Perubahan Debit Udara

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara tebal film terhadap waktu pada $Q_L = 1,0$ L/min untuk masing-masing sensor. Pada eksperimen ini debit udara (Q_G) dinaikkan secara bertahap setiap 15 detik.

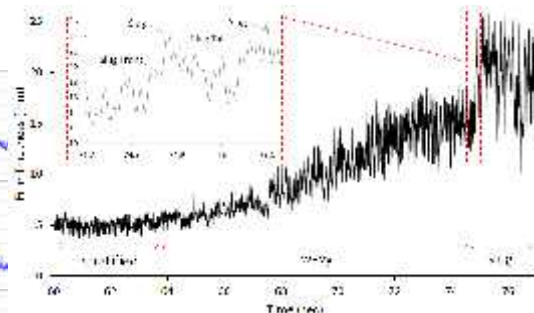
Pada posisi awal menunjukkan tebal film (level air) di sensor 1 (< 6 mm) berbeda sensor 2 (6 mm). Hal ini menunjukkan awal lompatan hidrolik di lokasi sensor 2. Pada eksperimen ini ($Q_L = 1,0$ L/menit) menunjukkan lompatan hidrolik menjauhi *elbow* yang disebabkan oleh debit air yang cukup besar. Bila debit air diperkecil, maka lokasi lompatan hidrolik akan lebih mendekati *elbow*.



Gambar 7 Perilaku masing-masing sensor pada $Q_L = 1.0$ L/min

Pada saat debit udara dinaikkan sampai dengan 20 L/menit Gambar 7 menunjukkan tebal film (level air) di semua sensor relatif tidak ada perubahan. Ketika Q_G dinaikkan menjadi 30 L/menit level air di sensor 2 naik menjadi 8 mm ($t=45$ detik). Hal ini menunjukkan lompatan hidrolik bergerak mendekati *elbow*. Pada kondisi sampai saat tersebut masih terjadi aliran *stratified*. Pada kenaikan selanjutnya ($Q_G = 40$ L/menit) terlihat kenaikan yang cukup berarti pada sensor 1 dan sensor 2 ($t=60$ detik). Pada saat ini terjadi aliran bergelombang (*wavy flow*). Selanjutnya dengan bertambahnya waktu gelombang berkembang menjadi lebih tinggi dan konstan pada ketinggian sekitar 15 mm. Sedangkan untuk sensor yang lain level air berkisar antara 10 mm sampai 12 mm. Bila debit udara diperbesar sampai 50 L/menit akan terjadi lonjakan ketinggian air yang drastis pada sensor 1 yang menandakan tebal lapisan air telah mencapai titik maksimum. Kondisi ini menunjukkan terjadinya *onset of flooding*. Sedangkan pada sensor 2 juga terjadi perubahan ketinggian air namun lebih rendah dari sensor 1

berkisar antara 10 mm sampai 15 mm. Hal ini menunjukkan *slug* terjadi di dekat *elbow* (sensor 1), sedangkan aliran bergelombang (*wavy flow*) terjadi di sensor 2. Aliran bergelombang (*wavy flow*) yang mempunyai amplitudo lebih kecil (10 mm sampai 12 mm) terjadi di sensor 3 dan sensor 4. Sedangkan pada sensor 5 sampai sensor 10 terjadi aliran bergelombang dengan level air berkisar antara 6 mm sampai 9 mm. Seperti yang dijelaskan sebelumnya aliran *liquid slug* menyebabkan pembacaan pada sensor terlihat naik-turun dan terjadi secara kontinyu.



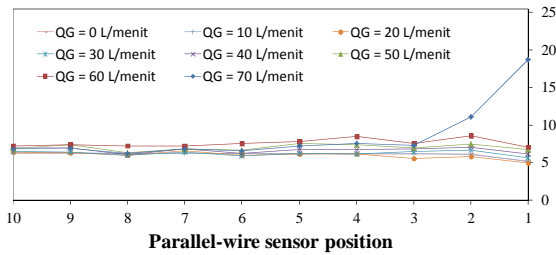
Gambar 8 Perilaku sensor 1 pada $Q_L = 1.0$ L/min

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara tebal film terhadap waktu pada $Q_L = 1.0$ L/min dimana debit udara (Q_G) dinaikkan secara bertahap setiap 15 detik. Gambar tersebut merupakan salah satu tipikal perilaku tebal film yang ditangkap oleh sensor *Parallel-wire* di dekat *elbow* (sensor 1). Ketika debit udara dinaikkan sampai dengan 50 L/menit terlihat adanya aliran *stratified*. Pada saat debit udara dinaikkan menjadi 60 L/menit aliran mulai berubah menjadi aliran bergelombang (*wavy flow*). Selanjutnya dengan bertambahnya waktu gelombang berkembang menjadi lebih tinggi dan konstan pada detik ke 73. Ketika Q_G dinaikkan lagi menjadi 70 L/menit aliran bergelombang berubah menjadi aliran tidak stabil dan berkembang menjadi gelombang besar (*large wavy*) dan selanjutnya secara tiba-tiba menutup penampang pipa sehingga terjadi *slug*. Kondisi ini menunjukkan telah terjadi *onset of flooding*.

Pada Gambar 8 juga menunjukkan sensor 1 dilewati *liquid slug* yang diawali oleh *slug front* dan diakhiri *slug tail*. Panjang waktu antara *slug front* dan *slug tail* untuk melewati sensor 1 tergantung panjang *slug*.

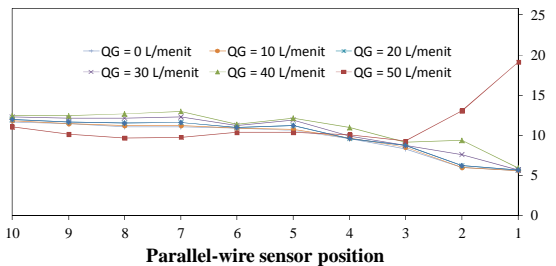
3.3 Tebal Film Rata-rata pada Masing Sensor

Gambar 9 menunjukkan hubungan antara tebal film terhadap posisi sensor pada $Q_L = 0,1$ L/min. Sesuai dengan penjelasan sebelumnya, debit udara dinaikkan setiap 15 detik. Pada kondisi awal ($Q_G = 0$ L/min), tebal film sekitar 5 mm di setiap posisi sensor. Dengan kenaikan debit udara, tebal film di setiap sensor menjadi naik ($Q_G = 10$ L/min sampai $Q_G = 60$ L/min).



Gambar 9 Tebal film air rata-rata pada $Q_L=0,1$ L/min

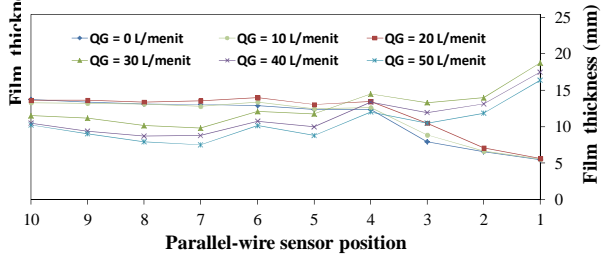
Selanjutnya debit dinaikkan $Q_G = 70$ L/min terlihat perubahan yang sangat mencolok di sensor 1 dimana tebal film rata sekitar 18 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi *onset of slugging*. Pada kondisi tersebut akan terjadi keadaan dimana gelombang akan berkembang memenuhi penampang pipa (terbentuk *slug*) dan terdorong menuju *upper-tank*. Selanjutnya *slug* akan terpecah dan berubah menjadi aliran *churn* sebelum mencapai *upper-tank*. Hal tersebut akan terjadi secara periodik.



Gambar 10 Tebal film air rata-rata pada $Q_L=1,0$ L/min

Gambar 10 menunjukkan hubungan antara tebal film terhadap posisi sensor pada $Q_L=1,0$ L/min. Pada kondisi awal ($Q_G = 0$ L/min), tebal film di sensor 1 sekitar 5 mm. Pada posisi sensor selanjutnya (sensor 2 sampai sensor 4) terlihat adanya kenaikan tebal film. Hal ini menunjukkan adanya lompatan hidrolik pada posisi tersebut. Tebal film belum terlihat adanya perubahan yang berarti saat debit udara dinaikkan sampai $Q_G = 20$ L/min. Ketika debit udara dinaikkan menjadi $Q_G = 30$ L/min, tebal film pada sensor 2 mulai terlihat lebih tebal. Hal ini menunjukkan bahwa lompatan hidrolik bergerak mendekati *elbow*. Selanjutnya debit udara dinaikkan menjadi $Q_G = 40$ L/min, tebal film pada sensor 2 semakin terlihat lebih tebal. Hal ini menunjukkan bahwa lompatan hidrolik bergerak semakin mendekati *elbow*. Ketika debit dinaikkan lagi menjadi $Q_G = 50$ L/min terlihat perubahan yang sangat mencolok di sensor 1 dimana tebal film rata sekitar 19 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi *onset of slugging*. Pada kondisi tersebut akan terjadi keadaan dimana gelombang akan berkembang memenuhi penampang pipa (terbentuk *slug*) dan terdorong menuju *upper-tank*. Selanjutnya sebagian *slug* akan terpecah sebelum mencapai

upper-tank. Hal tersebut akan terjadi secara periodik.



Gambar 11 Tebal film air rata-rata pada $Q_L=2,0$ L/min

Gambar 11 menunjukkan hubungan antara tebal film terhadap posisi sensor pada $Q_L=2,0$ L/min. Pada kondisi awal ($Q_G = 0$ L/min), tebal film di sensor 1 sekitar 5 mm. Pada posisi sensor selanjutnya (sensor 2 sampai sensor 4) terlihat adanya kenaikan tebal film. Hal ini menunjukkan adanya lompatan hidrolik pada posisi tersebut. Tebal film di sensor 1 belum terlihat adanya perubahan yang berarti saat debit udara dinaikkan sampai $Q_G = 20$ L/min. Namun tebal film pada sensor 2 sampai 4 terlihat lebih tebal. Ketika debit udara dinaikkan menjadi $Q_G = 30$ L/min, tebal film pada sensor 1 sampai sensor 3 terlihat secara drastis lebih tebal sedangkan pada sensor 4 sampai sensor 10 menjadi lebih tipis. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi *onset of slugging*. Pada kondisi tersebut akan terjadi keadaan dimana gelombang akan berkembang memenuhi penampang pipa (terbentuk *slug*) dan terdorong menuju *upper-tank*. Selanjutnya sebagian *slug* akan terpecah ketika mencapai mulut *upper-tank*. Hal tersebut akan terjadi secara periodik. Selanjutnya debit udara dinaikkan menjadi $Q_G = 40$ L/min, tebal film pada sensor 1 sampai sensor 3 terlihat semakin menebal sedangkan pada sensor 4 sampai sensor 10 semakin menipis. Ketika debit dinaikkan lagi menjadi $Q_G = 50$ L/min terlihat perubahan dimana tebal film rata lebih rendah dari sebelumnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi *zero liquid penetration*. Pada kondisi tersebut tidak ada air yang mengalir masuk ke dalam lower-tank.

3. Kesimpulan

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil pembacaan tebal film air dengan menggunakan metode *parallel-wire* dapat:

1. mengidentifikasi aliran *counter-current* dengan pola aliran *stratified*, aliran *wavy* dan aliran *slug* yang terbentuk dari berbagai variasi laju aliran air dan gas.
2. Mengidentifikasi lokasi terjadinya lompatan hidrolik yang terbentuk pada pipa *hotleg*.
3. Mengidentifikasi terjadinya *onset of slugging*.

Ucapan Terima Kasih

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

Daftar Pustaka

- Badarudin, A., Indarto, Deendarlianto, Saka, A., Purwoto B. R., Arman, M., 2015, *Mengukur Tebal Cairan pada Aliran Dua Fase Udara-Air Berlawanan Arah dalam Pipa Kompleks pada Bagian Horizontal Menggunakan Pengolahan Citra*, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-21, PSIT-UGM, Yogyakarta.
- Coney, M.W.E., 1973. *The theory and application of conductance probes for the measurement of liquid film thickness in two-phase flow*, Journal of Physics E: Scientific Instruments Volume 6.
- Deendarlianto, Akiharu Ousaka, Akira Kariyasaki, Tohru Fukano, 2005. *Investigation of liquid film behavior at the onset of flooding during adiabatic counter-current air-water two-phase flow in an inclined pipe*, Nuclear Engineering and Design, Vol. 235, pp. 2281-2294.
- Fukano, T., 1998, *Measurement of time varying thickness of liquid film flowing with high speed gas flow by a constant electric current method (CECM)*, Nuclear Engineering and Design 184, 363-377.
- Geraci, B.J. Azzopardi, H.R.E. van Maanen, 2007. *Effect of inclination on circumferential film thickness variation in annular gas/liquid flow*, J. of Chem. Eng. Science V.62.
- Ki Yong Choi, Hee Cheon No, 1995. *Experimental Studies Of Flooding In Nearly Horizontal Pipes. International Journal Multiphase Flow*, Vol. 21, No. 3, pp. 419 - 436.
- Paras, S.V., A.J. Karabelas, 1991, *Measurement of local velocities inside thin liquid films in horizontal annular flow*, The European Two-Phase Flow Group Meeting, 27-29 May, 1991.
- Tsochatzidis, N. A., 1992. *A conductance probe for measuring liquid fraction in pipes and packed beds*, Int. J. Multiphase Flow Vol. 18, No. 5, pp. 653-667.



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. ID1801471

**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 : Apip Badarudin¹, Muhammad Arman²
Judul Makalah : *Interpretasi Hasil Pengukuran Tebal Cairan pada Aliran Dua Fase Udara-Air Berlawanan Arah Menggunakan Metode Parallel-wire dalam Pipa Kompleks*
Pukul : 10.30 – 10.45 WIB
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
Ruang : A.24
Moderator : Ir. Eka Yawara, MT.
Notulen : Agus Dwi Iskandar, S.Pd, M.Eng

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 : 7 Orang (Daftar Hadir Terlampir)

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

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Moderator,

Ir. Eka Yawara, MT.

Pemakalah,

Apip Badarudin¹,
Muhammad Arman²



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 : Apip Badarudin¹, Muhammad Arman²
Judul Makalah : *Interpretasi Hasil Pengukuran Tebal Cairan pada Aliran Dua Fase Udara-Air Berlawanan Arah Menggunakan Metode Parallel-wire dalam Pipa Kompleks*
Pukul : 10.30 – 10.45 WIB
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
Ruang : A.24

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 |
|--|---|
| 1. Kenapa sensor parallel wire 5mm, bisa mendeteksi atau bisa mengukur? | 1. Semakin tebal airnya, semakin konduktivitasnya semakin bertambah sehingga bisa dilihat dari arus DC. |
| 2. Apakah penelitian ini bisa mengukur ketebalan pada aplikasi perpipaan di angkatan laut? | 2. Bisa, banyak diaplikasikan dibidang perpipaan dengan jarak ideal 5mm, diameter kawat 0,49mm |

4. Penutup: Oleh Moderator.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Moderator,

Ir. Eka Yawara, MT.

Pemakalah,

Apip Badarudin¹,
Muhammad Arman²