

Deteksi Kebocoran Pipa Pada Aliran Dua Fase Plug Menggunakan Analisis Fluktuasi Beda Tekanan

Budi Santoso^{1)*}, Indarto²⁾, Deendarlianto³⁾, Thomas S. Widodo⁴⁾

¹⁾Program Pascasarjana Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM

²⁾Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM

³⁾Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, UGM

Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281

⁴⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UNS

Jl. Sutarni 36A Surakarta 57126

E-mail: msbudis@yahoo.co.id; budisant@mail.uns.ac.id

Abstrak

Jaringan perpipaan adalah bagian penting dari infrastruktur transportasi fluida. Sedangkan, deteksi kebocoran pipa pada aliran dua fase menggunakan parameter aliran (debit dan tekanan) masih sangat jarang diteliti. Penelitian ini melakukan pendekatan percobaan pada kebocoran pipa untuk aliran dua fase plug. Campuran air-udara dialirkan pada pipa horisontal berdiameter (D) 24 mm. Kebocoran buatan dilakukan dengan *solenoid valve* pada posisi bagian bawah pipa. *Differential pressure transducer* (DPT) diletakkan sebelum dan sesudah posisi kebocoran dan dihubungkan dengan peralatan data akuisisi kecepatan tinggi. Sinyal fluktuasi beda tekanan terekam sebagai data *random time series*. Analisis kebocoran dengan menggunakan mean, *Probability Density Function* (PDF), *Autocorrelation*, *Power Spectral Density* (PSD) dilakukan untuk sinyal fluktuasi beda tekanan *upstream* dan *downstream*. Hasil analisis memperlihatkan pola data sebelum dan sesudah terjadi bocor dapat dibedakan dengan jelas atau dengan kata lain kebocoran pipa pada aliran dua fase plug dapat dideteksi.

Kata kunci: Kebocoran pipa, aliran plug, aliran dua fase, fluktuasi beda tekanan

Abstract

Pipe network was an important part of the fluid transport infrastructure. On the other hand, the pipeline leak detection in two-phase flow using the flow and pressure parameters is very rarely studied. The air-water mixture flows in a horizontal pipe diameter of 24 mm and the fluctuation of differential pressure were recorded by the data acquisition on the sampling rate of 400 Hz. The artificial leak were established by the solenoid valve at the bottom position of the pipe. Differential pressure transducer (DPT) are placed before and after the leak position and connected by high-speed data acquisition equipment. Mean, Probability Density Function (PDF), Autocorrelation and Power Spectral Density (PSD) were applied for analyzing the leak. The pipeline leak in two-phase flow plug can be identified.

Keywords: Pipeline leak, plug flow, two-phase flow, differential pressure fluctuations

1. PENDAHULUAN

Pecahnya saluran pipa dapat disebabkan oleh korosi, perubahan/fluktuasi tekanan yang besar, kesalahan produk dan pengaruh eksternal. Kebocoran pipa ini harus segera dideteksi agar pemompaan dapat dihentikan, kerugian produk dan kerusakan lingkungan dapat dihindari, dan sistem perpipaan dapat diperbaiki. Perpipaan aliran dua fase selalu ditemukan pada industri perminyakan, industri kimia, pembangkit tenaga uap dan pembangkit tenaga nuklir. Beberapa permasalahan khusus kebocoran pipa pada aliran dua fase adalah:

- Fluktuasi tekanan lokal karena pola aliran tertentu atau slip antar fase,
- Posisi kebocoran disekeliling pipa (apabila kebocoran pada bagian bawah maka fase cair yang bocor dan apabila diatas fase gas yang bocor).
- Metode deteksi kebocoran yang menggunakan parameter internal aliran untuk saluran pipa dua fase masih jarang.

Ketika fluida dua fase mengalir di dalam pipa dapat memberikan pola aliran yang berbeda dan karakteristik slip antar fase. Hal ini sangat meningkatkan ketidakpastian dalam deteksi kebocoran, dimana harus menentukan karakteristik (pola aliran) sebelum suatu titik kebocoran dapat dikenali. Diskontinyu kecepatan superfisial cairan dan gas yang ditimbulkan pada titik kebocoran memperlihatkan indikasi sangat nyata dari suatu kebocoran. Perubahan kecepatan superfisial gas dan cairan juga mengubah *liquid holdup* dan mengakibatkan perubahan besarnya penurunan tekanan.

Deteksi kebocoran dapat dilakukan dengan cara penandaan tekanan dengan berbagai cara. Wu dan Wang [1] menggunakan algoritma wavelet untuk mendeteksi gelombang tekanan yang disebabkan oleh transisi keadaan dari tidak bocor ke bocor. Pencatatan waktu kejadian digunakan untuk menghitung posisi kebocoran. Pendekatan yang lain diberikan oleh Feng dkk. [2], dimana gradien tekanan dan gelombang tekanan negatif dikombinasikan dengan logika fuzzy untuk mendeteksi kesalahan/kebocoran. Kemudian, sebuah skema yang berbeda dari pengidentifikasian kebocoran dapat dilihat di Ge dkk. [3], dimana analisis parameter utama menggunakan komputerisasi pengenalan citra yang diterapkan untuk menyaring gelombang tekanan negatif yang disebabkan oleh pipa bocor. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Emara-Shabaik dkk. [4] berfokus pada

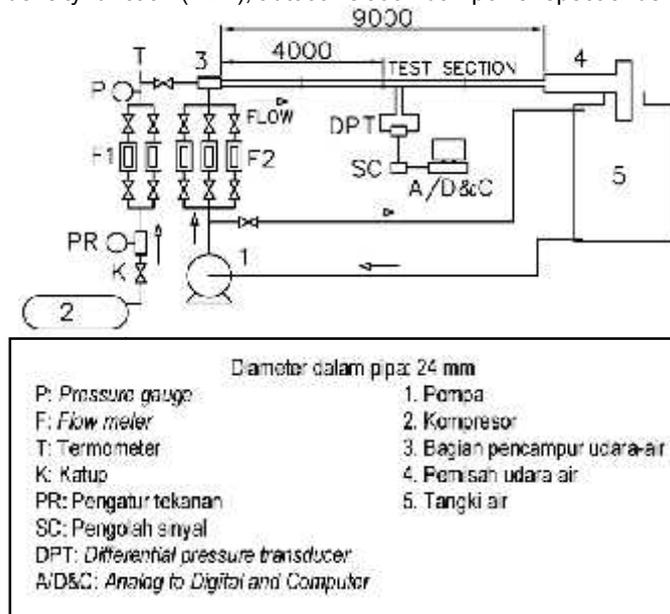
* Penulis korespondensi, phone: +62- 0274- 521673
E-mail: msbudis@yahoo.co.id; budisant@mail.uns.ac.id

penggunaan filter Kalman yang dimodifikasi untuk mengantisipasi besarnya kebocoran. Sebuah bank filter dari mode kebocoran dibuat dan logika keputusan diperkenalkan untuk mengisolasi kebocoran. Metode ini agak mirip dengan yang diperkenalkan oleh Verde [5]. Billmann dan Isermann [6] menggunakan suatu model dinamis yang melibatkan pengaruh gesekan. Bila terjadi kebocoran, teknik korelasi diterapkan untuk mendeteksi, mengukur dan menemukan kebocoran.

Perbedaan penelitian ini dengan para peneliti terdahulu adalah menggunakan menggunakan aliran dua fase sedangkan yang para peneliti terdahulu menggunakan aliran fluida satu fase. Kebocoran diidentifikasi dengan membedakan sinyal fluktuasi perbedaan tekanan antara yang tidak terjadi kebocoran dengan yang terjadi kebocoran.

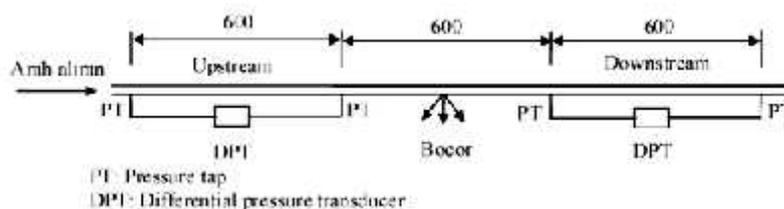
2. PERALATAN PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2. Air dialirkan dari tanki (5) oleh pompa (1) dan mengalir melalui flowmeter air (F2) kedalam pencampur udara-air (3). Udara disuplai dari kompresor (2) dan mengalir melalui flowmeter udara (F1) ke pencampur udara-air (3). Kemudian udara-air yang tercampur mengalir melalui seksi uji dan pemisah udara-air (4), dimana udara dipisahkan ke atmosfer dan air mengalir ke dalam tangki untuk disirkulasikan. Pipa uji terbuat dari pipa transparan dengan diameter dalam (D) 24 mm. Panjang inlet ke seksi uji adalah 4,5 m dan panjang seksi uji adalah 2,5 m. Panjang seksi uji ke outlet adalah 2 m. Data akuisisi yang dipakai adalah PCL-816 buatan Advantech. Kecepatan pengambilan data adalah 400 Hz selama 50 dt. Pola aliran diobservasi pada seksi uji. Visualisasi pola aliran menggunakan *high speed camera*. Pengolahan data menggunakan program MATLAB untuk memperoleh grafik beda tekanan dalam rangkaian waktu, mean, probability density function (PDF), autocorrelation dan power spectral density (PSD).



Gambar 1. Susunan peralatan eksperimen

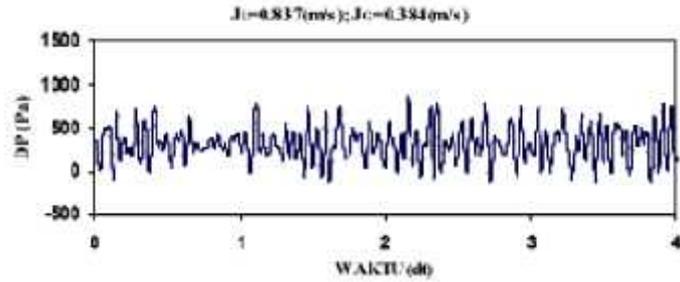
Bagian uji penelitian kebocoran pipa dapat dilihat pada Gambar 2. Dua buah DPT ditempatkan sebelum dan sesudah titik kebocoran untuk merekam beda tekanan. DPT dihubungkan dengan peralatan pengkondisi sinyal dan ADC yang menghasilkan data beda tekanan. Perlu ditegaskan jarak tap pengukuran adalah 600 (mm) (lihat Gambar 2). Kebocoran buatan dilakukan dengan *solenoid valve* pada posisi bagian bawah pipa. Pengukuran dilakukan pada rentang $J_G=0,255 - 0,510$ (m/s) dan rentang $J_L=0,837 - 1,255$ (m/s).



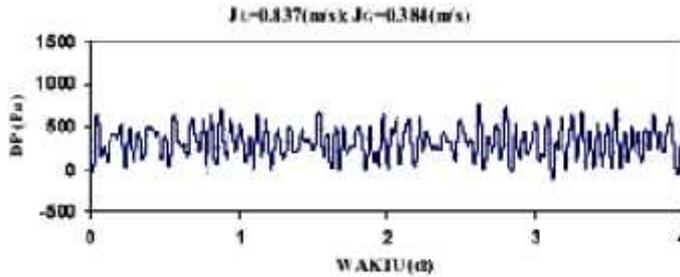
Gambar 2. Bagian pipa uji dan pemasangan DPT

3. HASIL DAN DISKUSI

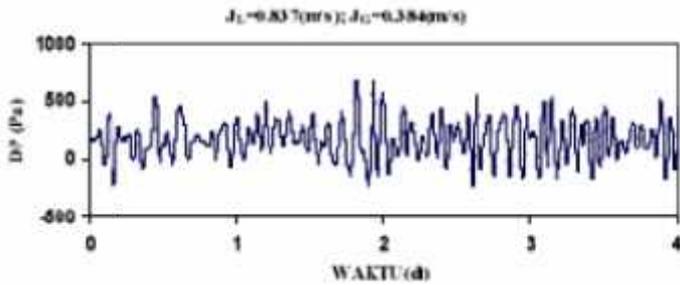
Gambar 3 memperlihatkan beda tekanan upstream dan downstream. Tekanan tersebut berupa data random dalam domain waktu. Untuk mendapat informasi yang diinginkan maka data ini dianalisis menggunakan mean, PDF, autocorrelasi dan PSD.



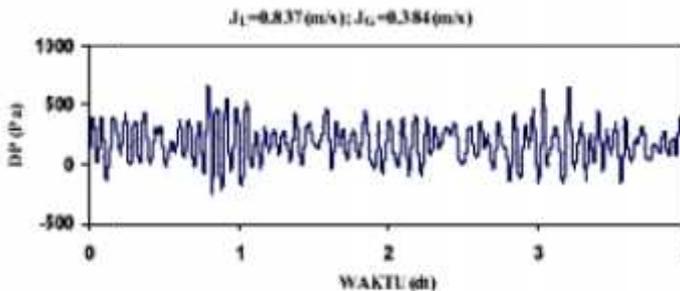
(a) Upstream Tidak Bocor



(a) Upstream Bocor



(a) Downstream Tidak Bocor



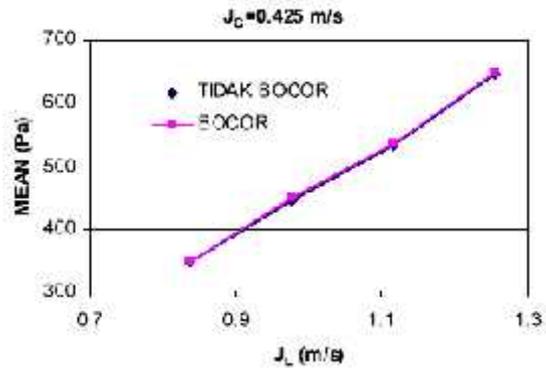
(a) Downstream Bocor

Gambar 3. Beda tekanan

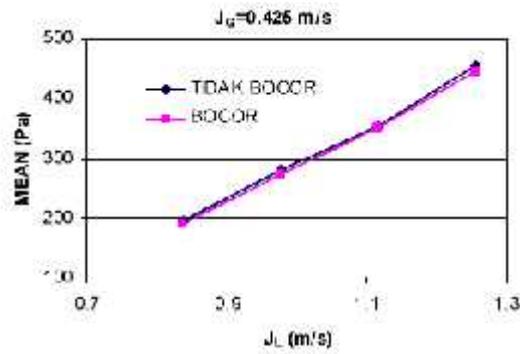
Gambar 4 memperlihatkan perbandingan beda tekanan kondisi tidak bocor dan bocor pada upstream dan downstream. Pada upstream, kondisi bocor tidak menghasilkan perubahan beda tekanan. Pada downstream, kondisi bocor menghasilkan beda tekanan lebih rendah apabila dibandingkan dengan kondisi tidak bocor. Hal ini diakibatkan perubahan tekanan pada titik kebocoran (menjadi tekanan atmosfer).

Kondisi bocor dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 5. Gambar 5 memperlihatkan perbandingan beda tekanan upstream dengan downstream pada kondisi tidak bocor dan bocor. Perbandingan beda tekanan kondisi bocor lebih tinggi dibanding dengan kondisi tidak bocor pada upstream. Demikian juga pada downstream, perbandingan beda tekanan lebih tinggi dibanding dengan kondisi tidak bocor.

Gambar 4 memperlihatkan PDF tekanan diferensial kondisi tidak bocor dan bocor pada upstream dan downstream. Gambar ini masih sulit membedakan kondisi tidak bocor dan bocor meskipun terlihat kondisi bocor mempunyai harga puncak yang cenderung lebih tinggi.

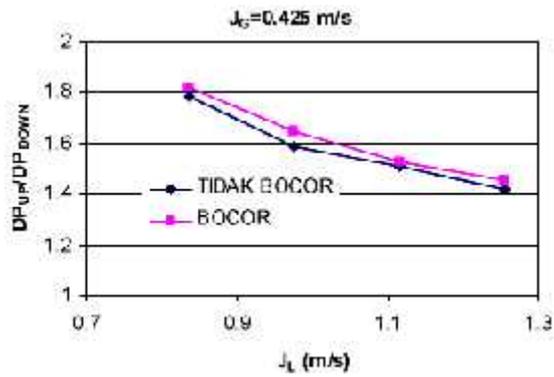


(a) Upstream

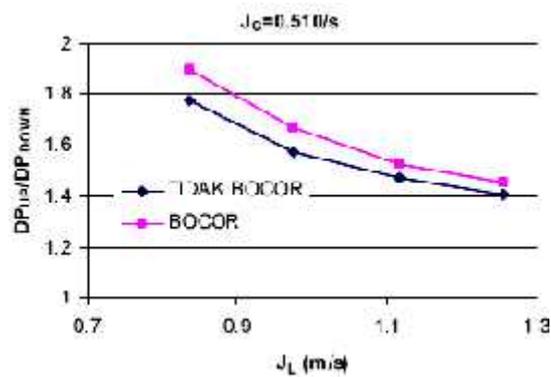


(b) Downstream

Gambar 4. Mean beda tekanan

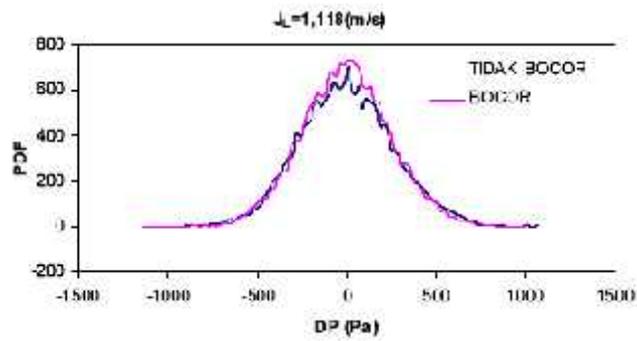


(a) $J_G = 0,425$ (m/s)

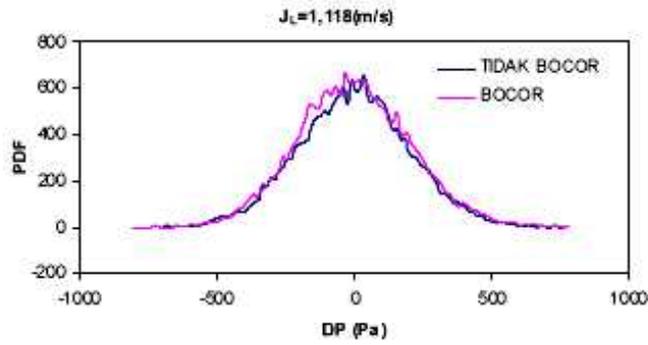


(b) $J_G = 0,510$ (m/s)

Gambar 4. Rasio Mean beda tekanan

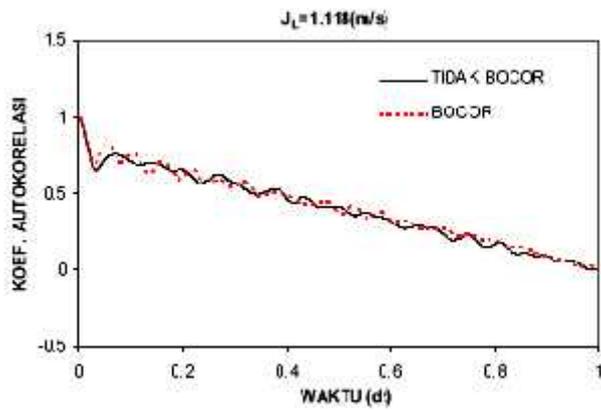


(a) Upstream

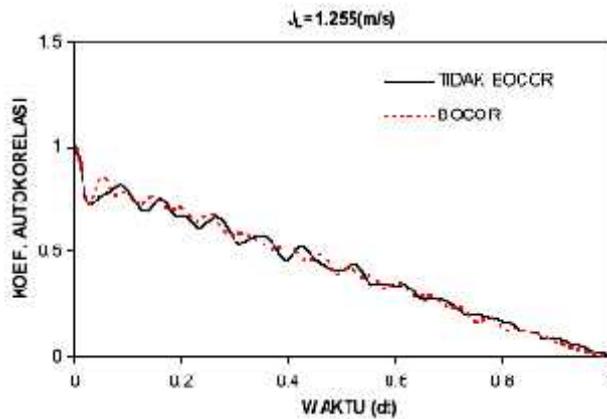


(b) Downstream

Gambar 5. PDF beda tekanan



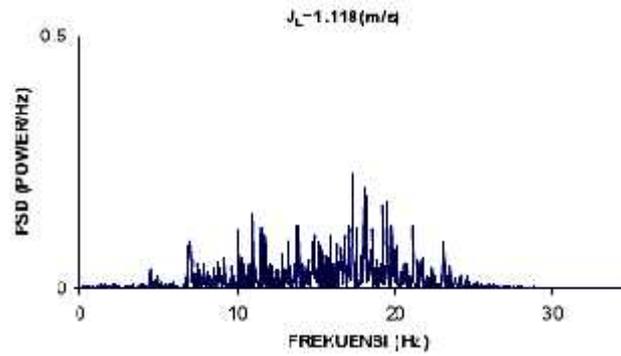
(a) Upstream



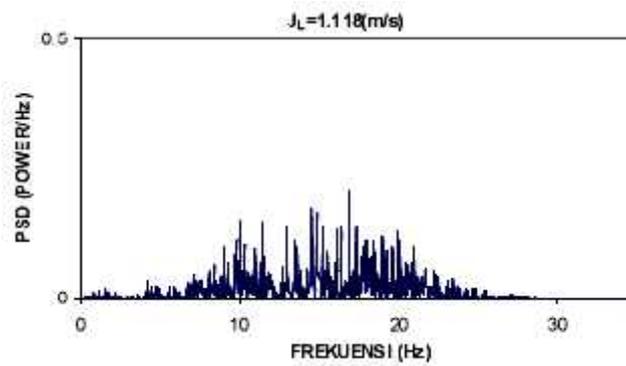
(b) Downstream

Gambar 6. Autocorrelation beda tekanan

Gambar 6 memperlihatkan autocorrelation beda tekanan kondisi tidak bocor dan bocor pada upstream dan downstream. Secara umum dapat dilihat kondisi bocor memiliki fluktuasi yang lebih besar dibanding dengan kondisi tidak bocor.

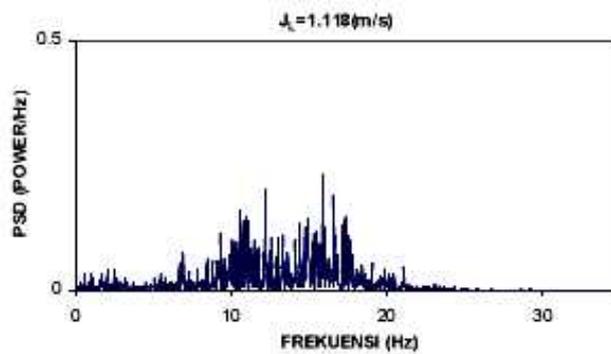


(a) Tidak bocor

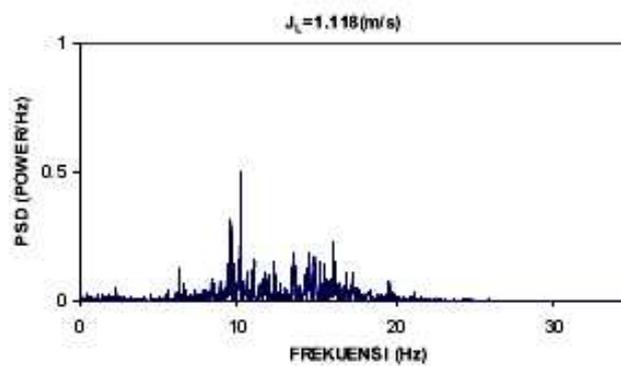


(b) Bocor

Gambar 7. PSD beda tekanan pada upstream



(a) Tidak bocor



(b) Bocor

Gambar 8. PSD beda tekanan pada downstream

Gambar 7 dan Gambar 8 memperlihatkan PSD beda tekanan kondisi tidak bocor dan bocor pada upstream dan downstream. Harga PSD tersebar antara rentang frekuensi 0 – 28 Hz. Kondisi tidak bocor dan bocor masih sulit dibedakan polanya, karena hal ini disebabkan keduanya masih pada pola aliran plug dan perubahan kecepatan superfisial fluida tidak memberikan perbedaan pola PSD.

4. SIMPULAN

Deteksi kebocoran aliran dua fase gas-likuid menggunakan parameter aliran fluida masih jarang diteliti. Alat analisis mean, PDF, autocorrelation dan PSD telah digunakan untuk menganalisis beda tekanan pada upstream dan downstream. Analisis beda tekanan menggunakan mean dapat membedakan kondisi tidak bocor dan bocor. Kondisi bocor akan menghasilkan perbandingan beda tekanan yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Sebagian dari penelitian ini telah didukung pembiayaan dari skim Penelitian Hibah Bersaing DIKTI Tahun Anggaran 2012.

DAFTAR NOTASI

J_L = kecepatan superfisial air (m/s)
 J_G = kecepatan superfisial udara (m/s)
DP = beda tekanan (Pa)
PDF = probability density function
PSD = power spectral density
DPT = differential pressure transducer

DAFTAR PUSTAKA

- [1] WU Ming dan Wang Wei-qiang, ***Application of Wavelet to Detect Pipeline Leak Point***, Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA'06), 2006.
- [2] Feng Jian dan Zhang Hua, ***Diagnosis and Localization of Pipeline Leak Based on Fuzzy Decision-Making Method***, Acta automatica sinica, Vol .31, No. 3: 484-490, 2005.
- [3] Ge Chuanhu, Wang Guizeng, dan Ye Hao, ***Analysis of the Smallest Detectable Leakage Flow Rate of Negative Pressure Wave-Based Leak Detection Systems For Liquid Pipelines***, Computers and Chemical Engineering, Vol. 32:1669–1680, 2008.
- [4] H. E.Emara-Shabaik, Y. A. Khulief dan I. Hussaini, ***A Non-Linear Multiple-Model State Estimation Scheme for Pipeline Leak Detection and Isolation***, J. Systems and Control Engineering, Vol 216: 498-504, 2002.
- [5] Cristina Verde, Nancy Visairo, dan Sylviane Gentil, ***Two Leaks Isolation in a Pipeline by Transient Response***, Advances in Water Resources, Vol. 30:1711–1721, 2007.
- [6] Billmann, L., dan R. Isermann, ***Leak Detection Methods for Pipelines***, Automatica, Vol. 23, 3: 381-385, 1987.
- [7] Scott, S. L., dan M. A. Barrufet, ***Worldwide Assessment of Industry Leak Detection Capabilities for Single & Multiphase Pipelines***, Project report to Minerals Management Service, 2003.

SPS 007610



BAN-PT

Sertifikat Akreditasi

Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi Republik Indonesia

Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 027/BAN-PT/Ak-XIV/S1/IX/2011, menyatakan bahwa Program Studi Sarjana
Teknik Mesin, Universitas Udayana, Denpasar terakreditasi dengan peringkat

Akreditasi A

Sertifikat akreditasi program studi sarjana ini berlaku 5 (lima) tahun, sejak tanggal 29 - September - 2011 sampai dengan 29 - September - 2016.

Jakarta, 29 - September - 2011


Adil Basuki Ahza
Sekretaris



Kamanto Sonarto
Ketua



BAN-PT adalah anggota

AQAN

www.aqan.org

www.aqan.org