

Pengaruh Kemiringan Saluran Terhadap Fenomena Flooding Dengan Gangguan Pada Aliran Udara–Air Dan Udara–Minyak Tanah

Hendri Candra Mayana^{1*}

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

*hencanmay@gmail.com

Abstract

Some equipments which are used in petroleum industries, chemical industries, steam power-plants and nuclear reactors must avoid the flooding phenomena in order to work at optimal condition. The purpose of this research is to investigate the effects of inclination and obstacle on flooding onset at counter-current air-water and air-kerosene flows with porous inlet and sharp outlet. The model of obstacle was conformed to industrial application i.e .pipe joining or pipe scaling. Experiments were conducted in a plexyglass pipe of 25.4 mm diameter and 2500 mm length of test section at annular flow pattern. The variation of inclination of ducts are 90°, 80° and 60°. The geometry of the obstacle is a ring with rectangular cross sectional which is installed with a distance 600 mm or 1200 mm from the inlet. The result of the research indicated that the effects of inclination and obstacle of ducts are significant toward flooding onset. Flooding phenomena was indicated with drastic increase of pressure gradient above the liquid inlet. Flooding phenomena happened earlier of larger inclination of the ducts and nearer obstacle of the inlet. This phenomena also early happened at kerosene which have higher viscosity and lower surface tension than water

Keywords: Flooding, Counter-current flow, Inclination, Obstacle

Abstrak

Beberapa peralatan yang dipergunakan dalam industri perminyakan, kimia, pembangkit listrik tenaga uap dan reaktor nuklir harus menghindari fenomena flooding agar unjuk kerjanya dalam kondisi optimal. Penelitian ini bertujuan melihat sejauh mana pengaruh kemiringan saluran dan pengganggu terhadap permulaan flooding pada aliran udara-air dan udara-minyak tanah berlawanan arah dengan inlet cairan porous dan outlet sharp. Model pengganggu yang dipakai dalam penelitian disesuaikan dalam aplikasi industri berupa sambungan pipa maupun endapan kerak (*scaling*) yang menonjol. Penelitian dilakukan pada daerah pola aliran cincin, menggunakan pipa plexyglass berdiameter 25,4 mm, panjang seksi uji 2500 mm. Variasi kemiringan saluran 90°, 80° dan 60°. Geometri pengganggu berupa cincin berpenampang persegi, dipasang dengan jarak 600 mm atau 1200 mm dari inlet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh kemiringan saluran dan pengganggu sangat signifikan terhadap flooding. Flooding ditandai dengan naiknya gradien tekanan diatas inlet secara drastis. Flooding lebih awal terjadi pada kemiringan saluran yang lebih besar, pada saluran yang diberi media pengganggu lebih dekat dengan inlet. Fenomena ini juga lebih awal terjadi pada minyak tanah yang memiliki viskositas lebih tinggi dan tegangan permukaan lebih rendah dibandingkan dengan air. Kata kunci: kata kunci dituliskan dalam 5 kata yang sebaiknya merupakan subset dari judul makalah, ditulis dengan menggunakan huruf kecil kecuali untuk singkatan, dan dipisahkan dengan tanda baca koma untuk antar kata.

Keywords : Flooding, Counter-current flow, Kemiringan, Hambatan.

1. Pendahuluan

Sistem aliran dua fase beranekaragam. Bila dilihat dari fase-fasenya terdiri dari fase gas-cair, gas-padat dan cair-padat. Berdasar kedudukan atau posisi saluran ada aliran mendatar (horizontal), aliran tegak

(vertikal) dan miring, sedangkan bila ditinjau dari arah aliran fase-fasenya maka aliran ini terdiri dari aliran searah dan berlawanan arah. Pada sistem aliran dua fase gas-cair, aliran lapisan cairan ke bawah berlawanan arah dengan aliran gas ke atas (*counter-current flow*), banyak dijumpai dalam peralatan

industri perminyakan, industri kimia, dan pusat pembangkit tenaga uap. Bila debit cairan atau gas melebihi harga kritisnya maka sebagian cairan ada yang terangkat ke atas searah dengan gas dan fenomena ini yang disebut *flooding*. Peristiwa *flooding* dapat dijumpai dalam reaktor nuklir. Bila inti reaktor menjadi kering sebagian atau seluruhnya, kemudian diusahakan pembasahan dari atas (guna pendinginan), air yang masuk ke inti mengalir ke bawah dilawan oleh uap yang ke atas hasil dari perpindahan panas atau *flashing* karena penurunan tekanan dan mengakibatkan gagalnya usaha pendinginan. Hal ini disebut dengan LOCA (*loss of cooling accident*).

Selain itu *flooding* juga dapat dijumpai dalam peralatan-peralatan lain yang menggunakan aliran dua fase berlawanan arah, misalnya dalam kondensor, evaporator, kolom distilasi, reaktor kimia gas-cair. Kondisi *flooding* ini merupakan transisi aliran berlawanan arah menjadi searah. Sebenarnya fenomena ini tidak diinginkan terjadi pada peralatan, karena dapat mempengaruhi kinerja peralatan tersebut, yang pada akhirnya merugikan industri

Banyak hal yang dapat mempengaruhi terjadinya *flooding* pada suatu aliran dalam pipa, diantaranya geometri saluran, posisi saluran, viskositas cairan dan adanya pengganggu pada saluran. Seperti yang telah diungkapkan oleh beberapa peneliti sebelumnya mengenai fenomena terjadinya *flooding* serta hal-hal yang mempengaruhi terjadinya *flooding*.

Untuk melakukan pengujian pengaruh ukuran pipa pada pipa vertikal, kondisi masukan, tegangan permukaan dan viskositas cairan terhadap *flooding* [1]. Penelitian tentang pengaruh tegangan permukaan terhadap terjadinya *flooding*, dari hasil penelitiannya menemukan bahwa fenomena *flooding* pada pipa vertikal dipengaruhi oleh tegangan permukaan [2]. Untuk melakukan penelitian pengaruh posisi injector gas pada saluran vertical berdiameter 0,019 m. *Flooding* selalu dimulai dari bawah dengan adanya penyempitan saluran oleh film cairan. Dengan mempelajari efek geometri saluran terhadap *flooding* dengan propertis cairan.

Eksperimen *flooding* pada pipa miring dengan variasi kemiringan dan viskositas cairan [3]. Hasil penelitian mereka menyatakan bahwa semakin besar viskositas cairan (air, air campur CMC) maka *flooding* terjadi pada kecepatan udara yang lebih rendah, dan pada kemiringan yang lebih besar. Dengan melakukan studi eksperimen pengaruh pipa berdiameter kecil (6,7,8 dan 9 mm), sudut orientasi (30°-60°) dan sifat cairan (air dan minyak tanah) terhadap permulaan *flooding* [4]. *Flooding* akan lebih awal terjadi pada diameter pipa lebih besar (9mm), sudut orientasi lebih besar fluida berviskositas tinggi.

Pernyataan dengan adanya pengganggu aliran *film*, *flooding* terjadi pada kecepatan gas yang lebih rendah

(*flooding* lebih awal terjadi) [5]. Semakin besar diameter pengganggu, *flooding* lebih mudah terjadi. Untuk diameter pengganggu 30 mm permulaan *flooding* terjadi di daerah injector udara, pada diameter 26 mm permulaan *flooding* terjadi di daerah pengganggu aliran. Bahwa pengganggu pada aliran film dapat mempengaruhi terjadinya *flooding* baik itu mengenai jarak dari pengganggu maupun geometri dari pengganggu tersebut [6]. Semakin besar diameter pengganggu, *flooding* lebih muda terjadi dan posisi pengganggu aliran mempengaruhi terjadinya *flooding* semakin jauh dari injector cairan *flooding* lebih mudah terjadi.

2. Metode Penelitian

Bahan penelitian

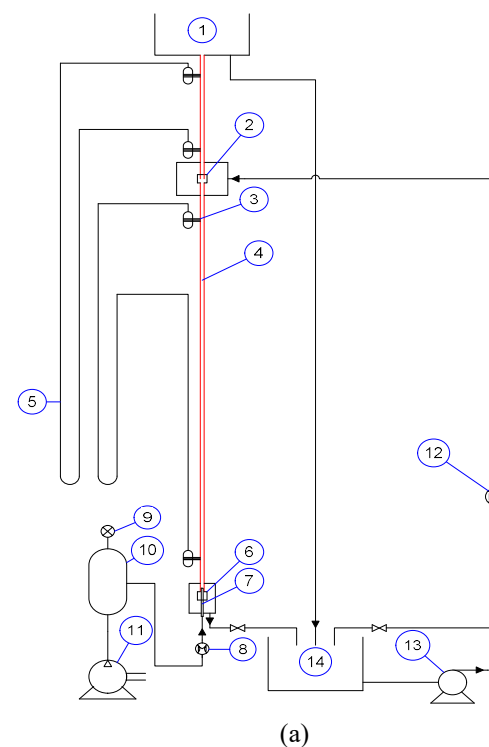
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Udara sebagai gas kerja, sebagai cairan adalah air dan minyak tanah. Penelitian dilakukan pada suhu kamar.

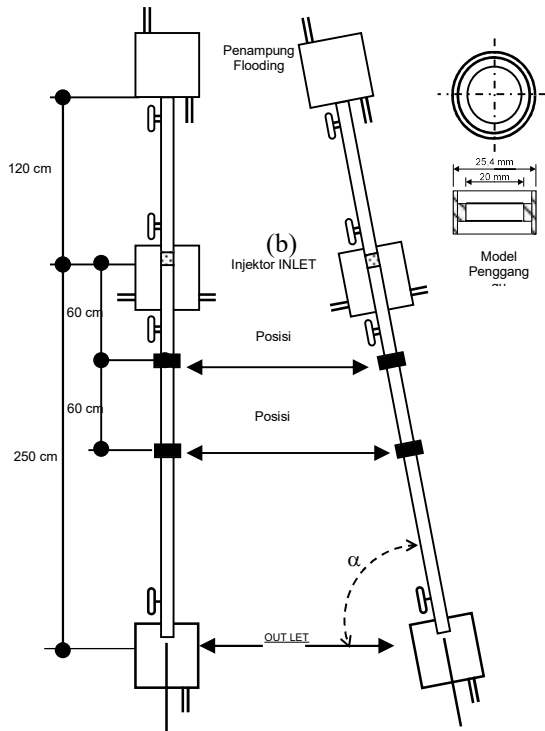
Tabel 1 Sifat fisis fluida kerja

Fluida Kerja	ρ (kg/m ³)	μ (kg/m.s)	σ (N/m ²)
Udara	1.2	1.8×10^{-7}	-
Air	1000	1.0×10^{-3}	72×10^{-3}
Minyak Tanah	775	1.3×10^{-3}	27×10^{-3}

Alat penelitian

Peralatan yang dipergunakan pada penelitian ini secara skematis diperlihatkan pada gambar berikut ini.





Gambar.1 a; Skema alat uji, b; Model seksi uji dan model media pengganggu

Keterangan;

- | | |
|------------------------|--------------------|
| 1. Penampung flooding | 8. Flowmeter udara |
| 2. Inlet porous | 9. Pressure gauge |
| 3. Penjebak udara | 10. Tabung udara |
| 4. Saluran uji | 11. Kompresor |
| 5. Manometer kolom air | 12. Flowmeter air |
| 6. Outlet sharp | 13. Pompa |
| 7. Injektor udara | 14. Penampung air |

3. Hasil Dan Pembahasan

Mekanisme Flooding pada saluran tanpa media pengganggu

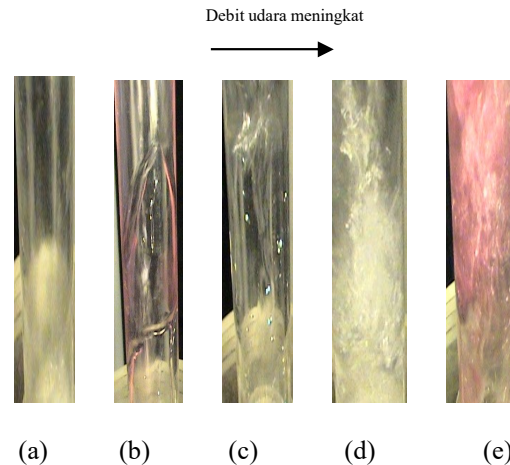
Permulaan *flooding* pada saluran tanpa pengganggu selalu dimulai dari bawah, di daerah dekat pemasukan udara, ini menunjukkan bahwa gangguan pada lapisan cairan akibat interaksi antara muka fase gas-cair berlawanan arah semakin ke bawah semakin besar. Gangguan aliran ini akan semakin besar apabila kecepatan gas dinaikkan.

Mekanisme Flooding pada saluran pakai media pengganggu

Penempatan pengganggu di sepanjang saluran mempunyai pengaruh terhadap mekanisme *flooding*. Lapisan cairan yang terbentuk pada dinding sangat halus akan menjadi tidak halus ketika melewati gangguan. Adanya pengganggu berbentuk cincin berpenampang persegi di dinding saluran dalam, akan mempersempit keliling permukaan lapisan cairan.

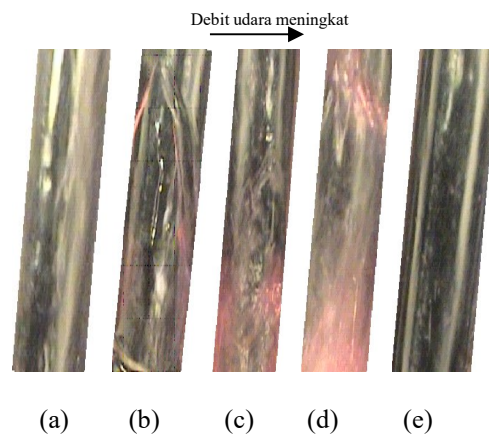
Dengan keliling yang lebih kecil, tebal lapisan cairan akan lebih besar untuk kondisi laju cairan yang sama. Permulaan *flooding* selalu dimulai dekat media pengganggu.

Fenomena Flooding pada posisi saluran vertikal (90°)



Gambar. 2 Fenomena *flooding* pada saluran vertikal (90°)

Fenomena Flooding pada saluran miring (80° dan 60°)



Gambar 3 Fenomena Flooding pada posisi saluran miring (80°)

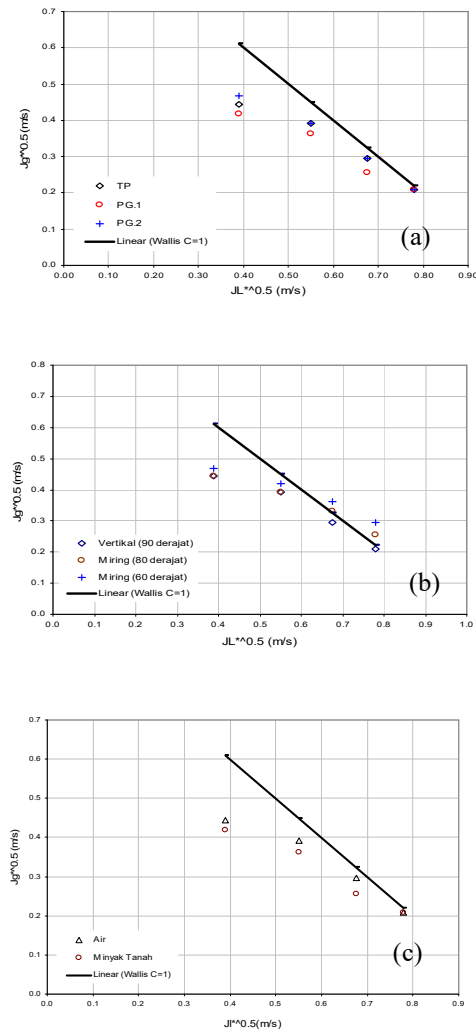
Kecepatan Gas dan cairan

Dari hasil pengamatan fenomena *flooding* dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Secara umum proses terjadinya *flooding* pada posisi vertikal dan miring sama. Terjadinya interaksi antara udara dan cairan pada saluran, namun belum begitu besar pengaruhnya (a), disaat penambahan debit udara pada permukaan lapisan cairan mulai muncul gelombang (b), seiring dengan penambahan debit udara gelombang yang muncul bertambah besar, sehingga sebagian dari cairan sudah ada yang terangkat ke atas (c,d). Pada saat debit udara berada pada titik maksimum hampir seluruh dari cairan naik ke atas (e).

Pada prinsipnya pengaruh kemiringan saluran terhadap fenomena *flooding* secara mekanisme tidak begitu nampak, namun berpengaruh pada awal terjadinya *flooding*, dimana pada posisi vertikal lebih awal terjadi dari pada posisi miring untuk debit cairan dan udara yang sama. Hal ini disebabkan pada posisi miring, aliran cairan yang terjadi pada saluran tidak sempurna membentuk aliran cicin, lebih cenderung lapisan cairan tebal ke arah kemiringan. Sehingga gangguan yang terjadi pada aliran tidak merata, yang mengakibatkan gaya dorong cairan ke atas lebih besar.

flooding dari pada saluran tanpa media pengganggu. Hal ini karena pembentukan sumbatan pada saluran akibat adanya gangguan pada aliran. Pada kemiringan saluran yang lebih besar dari posisi horizontal *flooding* lebih awal terjadi. *Flooding* lebih awal terjadi pada aliran udara-minyak tanah, yang memiliki viskositas lebih besar dan tegangan permukaan lebih kecil. Hasil pengukuran ini juga dibandingkan dengan korelasi Wallis.

Kecepatan Gas dan Cairan Saat Flooding

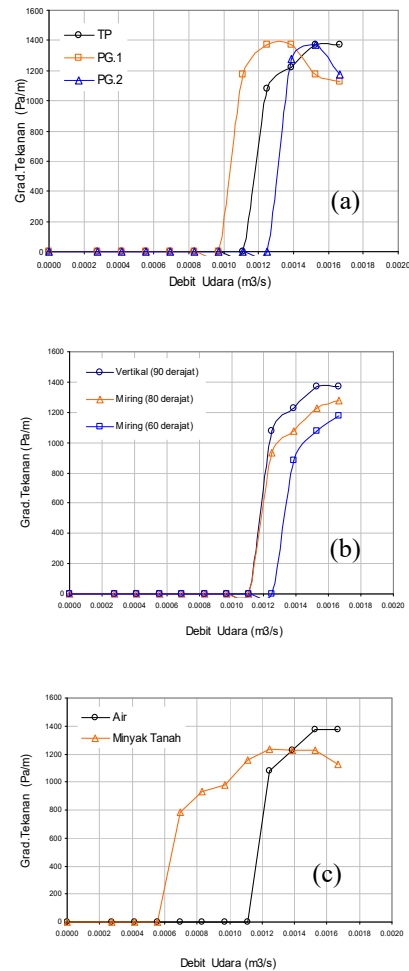


Gambar.4. Hubungan kecepatan udara dan kecepatan cairan saat *flooding* terhadap; (a) Jarak media pengganggu yang berbeda, (b) Berbagai variasi kemiringan saluran, (c) Pada Air dan Minyak Tanah

Hasil pengukuran kecepatan gas (udara) pada saat *flooding* ditampilkan pada Gambar 4 di atas. Terlihat bahwa *flooding* lebih awal terjadi pada kecepatan gas(udara) yang lebih rendah. Untuk saluran yang menggunakan media pengganggu lebih awal terjadi

Gradien Tekanan yang terjadi saat Flooding

a. Gradien Tekanan di atas inlet



Gambar 5. Hubungan antara gradien tekanan di atas inlet cairan dengan debit udara terhadap ; (a) media pengganggu; (b) variasi kemiringan saluran; (c) air dan minyak tanah

Dari Gambar 5 diatas dapat dilihat dimana fenomena *flooding* ditandai dengan kenaikan gradien tekanan secara drastis di atas inlet cairan. Kemiringan saluran dan media pengganggu yang dipasang pada saluran berpengaruh terhadap gradien tekanan.

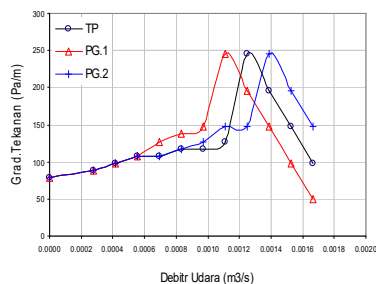
Semakin besar kemiringan saluran dari posisi horizontal, maka gaya gravitasi yang mempengaruhi berat gelombang akan mempengaruhi gradien tekanan yang terjadi. Semakin besar gaya gravitasi yang

terjadi semakin besar pula gradien tekanan yang ditimbulkan. Jadi Semakin besar kemiringan saluran maka gradien tekanan yang terjadi pun semakin besar.

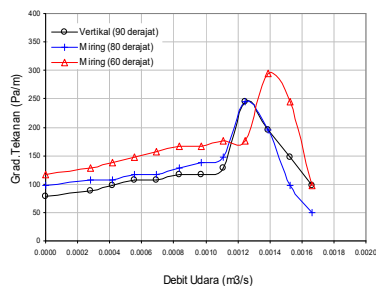
Dengan adanya media pengganggu pada saluran, mengakibatkan gradien tekanan yang terjadi di atas inlet cairan cukup tinggi saat *flooding*. Karena terjadinya penyempitan pada saluran dan terjadinya perubahan fase, dari satu fase menjadi dua fase di atas *inlet* cairan, kemudian gradien tekanan menjadi berfluktuasi karena pola aliran dua fase yang melewati saluran tidak merata, cenderung *plug-flow* (aliran sumbatan)

b. Gradien Tekanan di bawah inlet

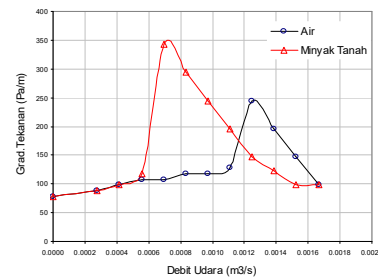
Gradien tekanan dibawah inlet cairan pada saat sebelum terjadinya *flooding*, gradien tekanan cenderung konstan, ada pun kenaikannya secara perlahan-lahan sangat kecil sekali. Kenaikan itu terjadi seiring dengan dinaikannya debit udara yang diinjeksikan. Pada saat mencapai puncaknya, terjadilah yang dinamakan *flooding* yang kemudian gradien tekanan secara perlahan-lahanpun menjadi turun. Turunnya gradien tekanan ini, disebabkan karena fluida yang berada di bawah *inlet* cairan sudah cenderung berganti menjadi satu fase yaitu fase gas, saat terjadi *flooding*, sebagian fase air terbawa oleh fase gas ke atas inlet cairan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Hubungan antara gradient tekanan di bawah inlet cairan dengan debit udara terhadap ; (a) media pengganggu; (b) variasi kemiringan saluran; (c) air dan minyak tanah

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa; Pengaruh kemiringan saluran dan media pengganggu sangat signifikan terhadap *flooding*. *Flooding* ditandai dengan naiknya gradien tekanan di atas *inlet* cairan secara drastis. *Flooding* lebih awal terjadi pada saluran yang menggunakan media pengganggu, pada posisi saluran vertikal (pada sudut kemiringan yang lebih besar), serta pada minyak tanah yang memiliki viskositas lebih besar dan tegangan permukaan yang rendah.

Pada debit cairan dan udara yang sama, gradien tekanan di atas dan dibawah *inlet* cairan, pada saluran yang diberi pengganggu lebih besar terjadi dibandingkan dari saluran yang tidak berpengganggu. Baik itu pada saluran kemiringannya besar maupun yang kecil, begitu juga untuk jenis cairan yang berbeda.

Daftar Pustaka

- [1] Chung K.S, Liu, C.P, Tien, C.L, 1980, 'Flooding in Two Phase Counter Current Flow-II', *Physico Chemical Hydrodynamice*, vol.I PP. 209-220.
- [2] Gardner, G.S, 1983, *Glooded Counter Current Two Phase Flow in Horizontal Tube and Channels*, Int.J, Multi phase Flow, Vol.17, No.4, PP. 367-382
- [3] Wibawa E.J. dan Indarto, 2002, *Studi Eksperimen Flooding pad Pipa Miring dengan Variasi Kemiringan dan Viskositas Cairan*, Tesis, Program Pascasarjana UGM Yogyakarta.
- [4] Mouza, A.A, Paras, S.V, Karabelas, A.J, 2003, *Incipient Flooding in Inclined Tubes of Small Diameter*. Int. J. Multiphase Flow 29. 1395-1412
- [5] Danang, 2004, *Pengaruh Jarak Pengganggu Terhadap Permulaan Flooding Inlet Smooth dan Outlet Sharp*, Tesis, Program Pascasarjana UGM Yogyakarta
- [6] Seno D., 2004, *Pengaruh Gangguan Terhadap Permulaan Flooding Aliran Gas-Cair Berlawanan Arah Pada Saluran Vertikal Dengan Inlet dan Outlet Bellmouth*, Tesis, Program Pascasarjana UGM Yogyakarta