

Pengaruh Hambatan Cincin Terhadap Fenomena *Flooding* Dalam Aliran Dua Fase Berlawanan Arah Pipa Vertikal

Nur Robbi, Slamet Wahyudi, Denny Widyanuriyawan
 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
 Jalan. Mayjend Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
 Phone: +62-341-587711, Fax: +62-341-554291
 E-mail: nurrobbift@gmail.com

Abstract

Two-phase flow is widely used in daily life and industry, such as the installation of sludge pumps that drain liquid and solid or on the installation of air condition that drain freon fluid in the gas and liquid phase. However, in the two-phase flow also did not rule out the occurrence of barriers, barriers occur because of the crust, reduction and enlargement of the pipe. Besides that the two-phase flow is also very useful as a coolant in the pipeline contained hot phase therein. In a Variation of ring barriers $D_p/D_c = 1$, $D_p/D_c = 1,06$, $D_p/D_c = 1,125$, and $D_p/D_c = 1,2$, the fluid is streamed from the top passing through the water injector, while the air from the compressor is streamed from the down through the air injector. Water pressure ranging from 3-6 L/min and the air was varied ranging from 3-10 L/s. The test results obtained the flooding phenomenon that occurs because of the pressure difference in the pipe that causes fluid that move from the top through the injector can not go down but it back upwards because of the air pressure is greater than the water. In the ring barriers $D_p/D_c = 1$, $D_p/D_c = 1,06$, $D_p/D_c = 1,125$, and $D_p/D_c = 1,2$, the fastest flooding phenomenon occurs on the ring barriers $D_p/D_c = 1,2$ in water debit 6 L/min, air 6 L/s, this is because the bigger barriers make the occurrence of the phenomenon of flooding be faster, flooding phenomenon is also due to pressure differences in the test tube, the bigger debit of air and water make the flooding phenomenon be faster.

Keywords: *The phenomenon of flooding, air and water discharge, pressure differences.*

PENDAHULUAN

Aliran dua fase merupakan aliran yang sering dipakai dalam kehidupan sehari-hari, aliran dua fase ini banyak ditemukan pada berbagai instalasi mesin, seperti instalasi pompa air lumpur yang mengalirkan zat cair dan padat atau pada instalasi AC (*Air Condition*) yang mengalirkan fluida freon dalam fase gas dan cair. Aliran dua fase adalah aliran yang terdiri dari dua macam zat yang berbeda fase yang mengalir pada waktu yang bersamaan dalam satu saluran [1]. Aliran dua fase sendiri dapat dikelompokkan menjadi aliran dua fase cair-gas, aliran dua fase cair padat, aliran dua fase gas-padat. Aliran dua fase bisa terjadi pada saluran horisontal, vertikal, miring atau membentuk sudut. Tebal film dan fenomena *flooding* dengan menggunakan suatu instalasi *water injector* berbentuk *annular* berlubang banyak. Proses

flooding terjadi pada kecepatan aliran udara 2,904 m/s [2]. Aliran dua fase gas cairan yang melewati pipa vertikal mengalami perubahan karakteristik *flow patern* yang dipengaruhi oleh kecepatan superficial cairan dan kualitas volumetrik gas. Pada setiap kecepatan superficial cairan untuk kualitas volumetrik gas menengah (*medium*) terjadi *homogeneous bubbly flow* dan *dense bubbly flow* untuk kisaran kualitas volumetrik gas yang tinggi [3]. *Flooding* ditentukan oleh kecepatan kritis udara, yang membentuk gelombang film pada bagian bawah saluran pipa uji, dan merambat keatas searah dengan aliran udara, yang mengakibatkan lonjakan beda tekanan secara tiba-tiba pada manometer diatas injektor cairan. Fenomena *flooding* selalu diawali dengan ketidakstabilan aliran film diikuti adanya pola aliran seperti *droplet*, aliran acak serta tetesan-tetesan air. Saat *flooding* pola

aliran tersebut saling berinteraksi dan membentuk gelombang. Pada permukaan film yang bergerak ke atas searah dengan aliran udara dan gradien tekanan meningkat tajam [4].

Flooding disini adalah proses baliknya air karena terbawa oleh udara akibat tekanan air yang terlalu besar, hal ini terjadi pada aliran dua fase air-udara yang berlawanan arah vertikal pada saat kecepatan udara mencapai harga kritisnya. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *flooding* antara lain diameter dan panjang saluran, kekasaran permukaan dinding, sistem *inlet* dan *outlet* saluran [5]. Fenomena *flooding* sangat berbahaya bila terjadi pada sistem pendingin reaktor nuklir. Bila inti reaktor menjadi kering sebagian atau keseluruhan akan mengakibatkan gagalnya pendinginan pada inti reaktor sehingga dapat menyebabkan lelehnya material dinding [6].

Dalam aliran dua fase air dan udara juga tidak menutup kemungkinan terjadinya kerak yang terjadi didalam sistem perpipaan, sambungan pada sistem perpipaan, pengecilan dan pembesaran sistem perpipaan dan lain-lainnya. Yang menyebabkan terjadinya fenomena *flooding*. Oleh karena itu fenomena *flooding* perlu diteliti untuk diminimalisir hingga aliran air dalam pipa pada aliran dua fase air dan udara tidak terhenti. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah rekayasa ulang beberapa kemungkinan yang akan terjadi dalam kurun waktu lama adalah hambatan. Untuk melengkapi beberapa penelitian terdahulu dan memberikan sumbangan pemikiran bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya tentang fenomena *flooding* pada aliran dua fase air dan udara berlawanan arah, maka perlu dilakukan penelitian pada suatu bentuk jika terjadi hambatan dalam sistem perpipaan terhadap terjadinya fenomena *flooding*. Hambatan dalam sistem perpipaan ini adalah hambatan cincin. Tujuan yang ingin dicapai adalah melihat terjadinya fenomena *flooding* jika diberi hambatan dalam sistem perpipaan. Variasi hambatan mulai dari dari hambatan cincin

$D_p/D_c = 1$, $D_p/D_c = 1,06$, $D_p/D_c = 1,125$, dan $D_p/D_c = 1,2$. Pengamatan akan dilakukan pada gradien tekanan, pola aliran, dan batas kecepatan maksimal dari fluida fase air dan udara dengan adanya hambatan cincin ini sebelum terjadi *flooding* penuh.

METODE PENELITIAN

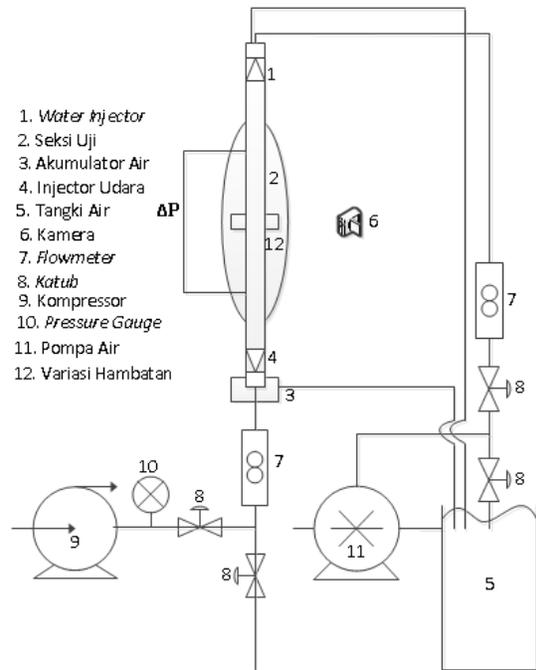
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental, dengan melakukan pengamatan pada seksi uji, berupa hambatan yang divariasikan mulai dari hambatan cincin $D_p/D_c = 1$, $D_p/D_c = 1,06$, $D_p/D_c = 1,125$, dan $D_p/D_c = 1,2$ dimana aliran udara dibuat berlawanan arah, fluida cair akan dialirkan dari atas setelah melewati injektor air dan fluida udara dari arah bawah setelah melewati injektor udara. Hal menjadi perhatian disini adalah bagaimana fenomena yang terjadi dengan adanya hambatan cincin dalam pipa aliran dua fase vertikal agar tidak terjadi *flooding* dengan cepat dan dua zat yang berbeda fase ini tetap dapat mengalir dengan lancar tanpa terhalang antara satu fase dengan fase yang lainnya. Contohnya disini adalah udara dapat menjadi sumbat dalam pipa bagi cairan yang bergerak kebawah membentuk film.

Dalam seksi uji penelitian ini menggunakan pipa transparan dengan diameter 36 mm ketebalan 2 mm, air melewati injektor air agar membentuk film yang *smooth* dan udara diinjeksikan dari bawah ke atas secara aksial melewati injektor udara. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menambahkan debit tekan air dan debit udara sampai terjadinya fenomena *flooding*, variasi debit air mulai dari 3-6 L/min, masing-masing variasi diberi perbandingan debit udara mulai 3-10 L/s mulai dari pipa sebagai seksi uji dengan hambatan cincin $D_p/D_c = 1$, $D_p/D_c = 1,06$, $D_p/D_c = 1,125$, dan $D_p/D_c = 1,2$. tekanan udara dibuat konstan 10 bar agar dalam pengambilan data tidak terjadi penurunan atau lonjakan secara tiba-tiba.

Dalam penelitian ini ditambah dengan desain hambatan pada saluran pipa dengan tujuan agar dapat mendeteksi sejak dini

apabila dalam aliran dua fase berlawanan arah terjadi hambatan seperti kerak-kerak, sambungan atau yang lain diluar dugaan sehingga dapat dilakukan tindakan *preventive*.

Instalasi alat penelitian terdiri dari tiga kategori, yaitu: alat utama, alat mendukung, dan alat ukur dan pengatur. Alat utama disini adalah pipa *acrylic* yang transparan agar bisa mengamati seksi uji. Alat pendukung disini berupa pompa air, compressor, pipa instalasi air, injektor udara dan air. Adapun alat ukur dan pengatur meliputi *flowmeter* air dan udara, *pressure gauge*, manometer U, *handycame*. Instalasi uji diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Instalasi penelitian

Prosedur pengambilan data

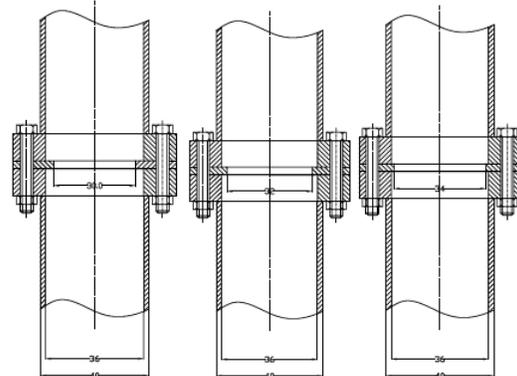
Langkah-langkah pelaksanaan pengujian :

1. Kompresor dijalankan sampai tekanan udara dalam tangki 10 bar.
2. Pompa dijalankan dan dibiarkan sampai akumulator air terisi 3/4 bagian.
3. Dengan menggunakan katup, debit air dapat dipertahankan mulai dari 3-6 L/min dan dapat dibaca pada skala *flowmeter* air.

4. Debit udara dinaikkan setiap satu skala *flowmeter* udara dimulai dari skala 3-10 L/s.
5. Amati perubahan gradien tekanan pada manometer U untuk mendeteksi awal terjadinya *flooding*.
6. Dengan menggunakan kamera digital atau *handycame* pola aliran dapat direkam dengan baik dan dilakukan dengan cermat untuk mendapatkan gambar fenomena *flooding*.
7. Catat debit udara saat terjadinya *flooding* dan rekam fenomena alirannya.

Desain hambatan cincin

Dalam penelitian ini dengan menambahkan variasi hambatan cincin dengan tujuan untuk mengetahui fenomena yang terjadi ketika terjadi dalam aliran dua fase air dan udara pada pipa vertikal seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Desain hambatan cincin

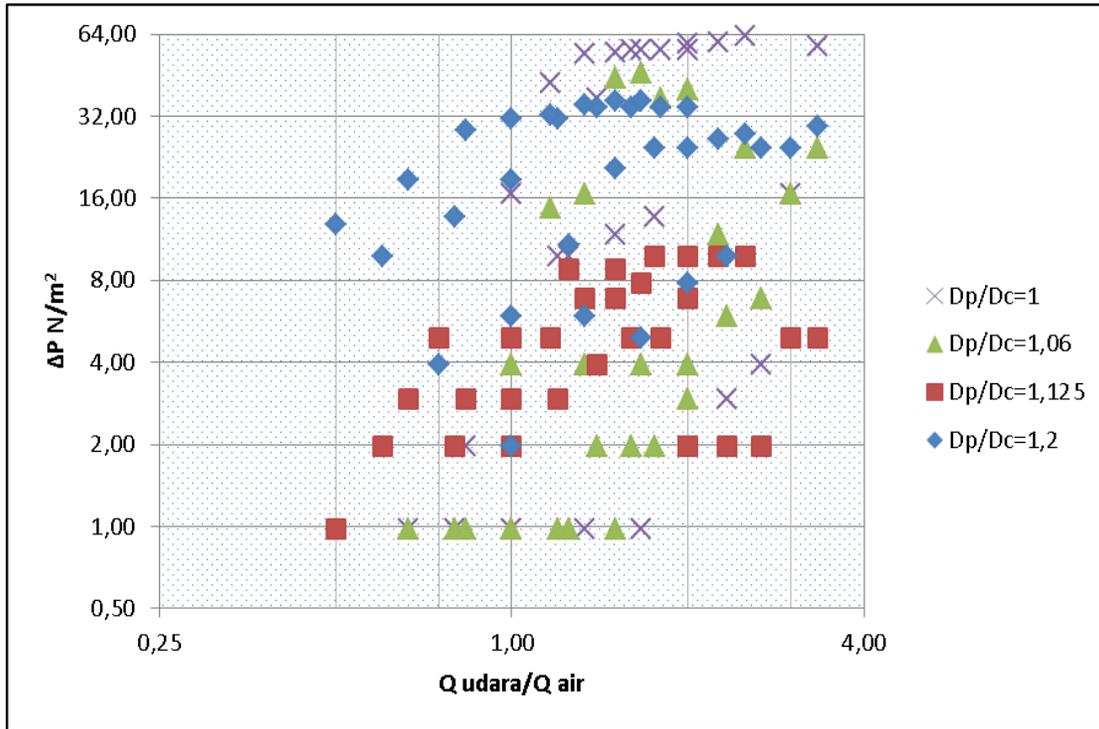
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan pengambilan data dalam penelitian aliran dua fase pipa vertikal dengan penambahan hambatan berupa cincin mulai dari hambatan cincin $D_p/D_c = 1$, $D_p/D_c = 1,06$, $D_p/D_c = 1,125$, dan $D_p/D_c = 1,2$, diperoleh data yang kemudian dilakukan pengolahan atau perhitungan untuk mendapatkan beda tekanan dalam pipa, debit air dan debit udara, massa alir air dan udara, fluks massa air dan udara, dan kecepatan superficial air dan udara. Perhitungan terhadap parameter penting dalam menganalisis

fenomena-fenomena yang terjadi dalam aliran dua fase vertikal dengan variasi hambatan.

Dari empat variasi dapat diperoleh perbandingan terhadap terjadinya fenomena

flooding yang lebih cepat dari masing-masing variasi hambatan cincin seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Gradien beda tekanan dan debit udara hambatan cincin

Pada variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1$, awal terjadinya *flooding* pada debit air 3 L/min pada debit udara 10 L/s. Sebagaimana terlihat pada gambar 3, perubahan secara drastis dalam penelitian hambatan cincin $D_p/D_c = 1$ terjadinya beda tekanan dimulai dari debit udara 9 L/s, hal ini menunjukkan bahwa dengan debit udara 9 L/s bisa membuat aliran air dalam pipa uji mengalami perubahan. Perubahan ditunjukkan dengan naiknya sebagian air keatas terbawa oleh udara, sehingga menimbulkan riak yang terjadi dalam pipa uji. Fenomena ini dinamakan dengan *flooding*, *flooding* terjadi dikarenakan terjadinya beda tekanan dalam seksi uji dikarenakan debit udara semakin besar

sehingga menimbulkan lapisan film bagian luar terbawa oleh udara naik keatas.

Pada variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,06$, awal terjadinya *flooding* pada debit air 3 L/min, udara pada debit udara 7 L/s. Sebagaimana terlihat pada gambar 4, bahwa perubahan secara drastis dalam penelitian hambatan cincin $D_p/D_c = 1,06$ terjadinya perubahan tekanan dimulai dari debit udara 7 L/s, hampir sama seperti yang terjadi dalam pengujian tanpa adanya hambatan cincin. Dalam variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,06$, ini menunjukkan bahwa pada debit udara 7 L/s bisa membuat aliran dalam pipa uji mengalami perubahan pada cairan yang mengalir dari atas melewati *water injector*. Perubahan ditunjukkan dengan naiknya sebagian air keatas terbawa

oleh udara, sehingga menimbulkan riak yang terjadi dalam pipa uji. Fenomena perubahan aliran riak ini dinamakan dengan *flooding*, *flooding* terjadi dikarenakan terjadinya beda tekanan dalam pipa uji antara air dengan udara.

Pada variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,125$, awal terjadinya *flooding* pada debit air 3 L/min pada debit udara 7 L/s. Pada gambar 5 perubahan secara drastis dalam penelitian dengan variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,125$ terjadinya perubahan tekanan dimulai dari debit udara 6 l/s dan air pada debit air 3 L/min, hal ini dikarenakan variasi hambatan cincin yang dipergunakan semakin kecil, sehingga terjadi perubahan karena melewati pengecilan pipa secara mendadak (*sudden contraction*). Dalam variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,125$ ini menunjukkan bahwa pada debit udara 4 L/s dan debit air 4 bisa membuat aliran dalam pipa uji mengalami perubahan pada cairan yang mengalir dari *water injector*. Perubahan ditunjukkan dengan naiknya sebagian air keatas terbawa oleh udara, sehingga menimbulkan riak dan gelembung yang terjadi dalam pipa uji. Fenomena ini dinamakan dengan *flooding*, *flooding* terjadi dikarenakan terjadinya beda tekanan dalam pipa uji antara air dengan udara dan ketebalan film.

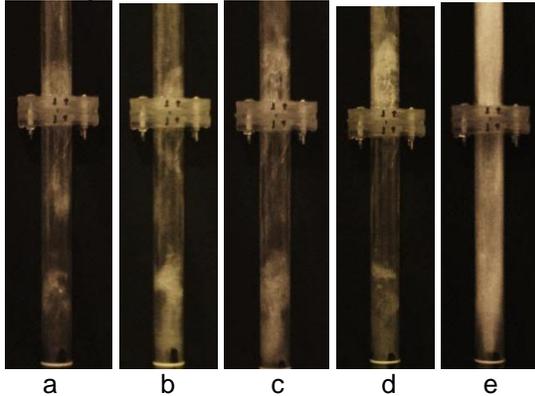
Pada variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,2$, awal terjadinya *flooding* pada debit air 3 L/min pada debit udara 8 L/s. Pada gambar 6, perubahan paling nampak yang terjadi dalam penelitian dengan variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,2$ dimulai dari debit udara 4 L/s dan air pada debit air 5 l/m, hal ini dikarenakan variasi hambatan cincin yang dipergunakan semakin kecil, sehingga terjadi perubahan karena melewati pengecilan pipa secara mendadak (*sudden contraction*). Dalam variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,2$ ini menunjukkan bahwa pada debit udara 4 L/s dan debit air 5 L/min. bisa membuat aliran dalam pipa uji mengalami perubahan pada cairan yang mengalir dari *water injector*. Perubahan ditunjukkan dengan naiknya sebagian air keatas terbawa oleh udara,

sehingga menimbulkan riak dan gelembung, dan jika dilakukan penambahan debit udara dan air secara terus menerus maka akan terjadi fenomena *flooding* total yang terjadi dalam pipa uji.

Dari hasil perbandingan pada gambar 3 diperoleh bahwa $D_p/D_c = 1$, yang menunjukkan bahwa diameter cincin semakin kecil maka hambatannya menjadi semakin besar. Fenomena *flooding* yang terjadi pada hambatan cincin semakin besar juga lebih cepat, hal ini dikarenakan beda tekanan dalam pipa yang disebabkan oleh debit udara dan debit air juga mengalami peningkatan, ketika debit air semakin diperbesar makan film yang terbentuk juga semakin tebal, hal ini bisa menyebabkan ruang gerak udara yang melewati bagian tengah film dalam pipa semakin menyempit sehingga lapisan luar film terbawa udara naik, jika debit udara semakin diperbesar air yang terbawa juga semakin banyak dan terjadilah *flooding*.

Hasil visualisasi pola aliran menunjukkan bahwa pada tekanan udara yang rendah dapat menyebabkan aliran menjadi *smooth* yang dapat ditunjukkan pada gambar 4(a). kejadian ini menimbulkan gejala terjadinya fenomena *flooding*. Fenomena *flooding* selalu diawali dengan ketidakseimbangan aliran film yang terjadi dikarenakan oleh interaksi aliran udara dengan aliran film pada air. Ketidakstabilan aliran film ditandai dengan timbulnya riak atau gelombang dipermukaan film. Gelombang ini merangkak naik mendekati jarak yang relatif terhadap sisi air keluar, dimana gaya dorong udara tidak mampu mengimbangi gaya beratnya air, sehingga gelombang tersebut terurai menjadi *droplet* serta membentuk tetesan-tetesan air. Bila udara dinaikkan semakin tinggi, dimana interaksi antara udara dan air akan membentuk gelombang permukaan seperti pada gambar 4(b). kejadian ini akan terus terjadi bila tekanan udara dinaikkan lagi sehingga gelombang film pada seluruh permukaan makin besar dan membentuk butiran cairan terbawa kedalam inti udara seperti pada gambar 4(c). Pada tekanan udara yang semakin tinggi, butiran

cairan akan semakin besar dan menyumbat, seperti pada gambar 4(d). kecepatan udara yang tinggi dapat mengakibatkan sebagian air terbawa ke atas seperti ditunjukkan gambar 4(e), dan pada saat itulah terjadi fenomena *flooding* total.



Gambar 4. Hambatan cincin $D_p/D_c = 1,2$

Aliran berlawanan arah terjadi apabila cairan dimasukkan kedalam pipa vertikal melewati sebuah injektor pada bagian atas mulai dari debit 3-6 L/min yang akan turun dengan membentuk film. Sedangkan udara dialirkan keatas melewati injektor pada bagian bawah dengan variasi tekan mulai dari 3-10 L/s.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian aliran dua fase berlawanan arah pipa vertikal dengan beda tekanan dalam pipa uji terbesar terdapat pada variasi tanpa hambatan dengan debit air 4 L/min dan udara 10 L/s dengan beda tekanan $62,78 \text{ N/m}^2$ dan dapat terjadi fenomena *flooding*.
2. Pada variasi hambatan cincin $D_p/D_c = 1,2$, beda tekanan yang terjadi dalam pipa uji cenderung berubah secara sistematis dan jarak antara variasi debit udara dan air sangat mempengaruhi.

Namun pada hambatan ini tidak sampai terjadi fenomena *flooding* total.

3. Dengan adanya hambatan cincin pada pipa, terjadinya *flooding* lebih cepat bila dibandingkan dengan tanpa hambatan cincin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumarli., 2008, Pola Aliran Dan Penurunan Tekanan Pada Aliran Dua Fase Gas-Cair Melewati Pengecilan Pipa Secara Mendadak, *Jurnal Teknologi Dan Kejuruan.*, Vol. 31, No. 1, Februari 2008: 50-62.
- [2] Mahmuddin, Samsul Kamal, Indarto, Dan Purnomo., 2008, Tebal Film Dan Fenomena *Flooding* Dalam Aliran *Annular* Berlawanan Arah Vertikal, *Makalah Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi.*, 2008-IST AKPRIND Yogyakarta.
- [3] Priyo., 2010, Eksperimental Karakteristik *Pressure Drop* pada Aliran Dua Fase Gas-Cairan Melewati Pipa Vertikal, *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.*, Vol. 1, No. 2, Mei 2010.
- [4] Muhammad Yusuf Baso., 2008, Pengaruh Viskositas Cairan Terhadap Kecepatan Kritis Pada Peristiwa *Flooding* dalam pipa Vertikal, *Jurnal.*, Vol. 7, No. 3, April 2008 UMI, 105-110.
- [5] Collier, J.G., 1972, *Convective Boiling and Condensation*, 2nd edition, Mc. Graw-Hill Book International Company., New York.
- [6] Munson, B.R., Young, D.F., Okiishi, T.H., 2002, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., United States of America. New York.