

STUDY EKSPERIMENTAL PERILAKU ALIRAN FLUIDA PADA SAMBUNGAN BELOKAN PIPA

Hariyono, Gatut Rubiono, Haris Mujianto

Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi

Email: rubionov@yahoo.com

ABSTRACT

Pipe network is common instalation in daily life. Elbow is a component in pipe network. This research is aimed to get fluida flow behavior in elbow. The experiment is conduct with fluid flow apparatus with number of elbows. The apparatus consist $\frac{3}{4}$ inch diameter of PVC pipe and a pump which generate water flow and pressure. Volume flow rate is vary by valve opening which are $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ and full open. The flow rate is measured using flow meter and a stopwatch. This flow rate is used to get Reynold number. The pressure before and after elbow are measured using U tipe manometer. The measurement takes 5 times at 5 measurement points. The result shows that fluid flow tend to have pressure decreasing. Much elbow number caused greater pressure decreasing. The maximum pressure occur at Re 3049,60 at first point measurement which is 592,52 kg/m². The minimum pressure occur at Re 1532,45 at fifth point measurement which is 8,18 kg/m².

Keywords: fluid flow, elbow, volume flow rate, Reynold

I. PENDAHULUAN

Air dan bahan cair lain seperti minyak, bensin adalah kebutuhan pokok yang bisa dikatakan terpenting, karena kalau kita perhatikan dalam kehidupan hampir semua atau apapun yang akan kita lakukan pasti akan membutuhkan yang namanya air. Dalam pembahasan ini bagaimana air itu bisa kita manfaatkan secara maksimal untuk kebutuhan masyarakat umum. Keberadaan air sangat berarti di masyarakat. Kebutuhan-kebutuhan ini juga menyangkut penyediaan air bersih atau air minum sampai dengan kebutuhan di bidang industri.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah meninjau berbagai topik yang berkaitan dengan gerakan fluida. Prinsip-prinsip aturan dasar yang menyangkut massa, momentum dan energi telah dikembangkan dan diterapkan, dengan menggunakan asumsi-asumsi yang agak kasar pada banyak situasi aliran. Perpindahan fluida (cairan atau gas) di dalam sebuah saluran tertutup (biasanya disebut sebuah pipa jika penampangnya bundar atau saluran *duct* jika bukan) sangat penting di dalam kehidupan sehari-hari. Perhatian sejenak pada keadaan di sekeliling kita akan menunjukkan bahwa terdapat banyak variasi penerapan dari aliran pipa.

Penerapan tersebut mencakup mulai dari jalur pipa besar Alaska buatan manusia yang menyalurkan minyak mentah hampir sejauh 800 mil melintasi Alaska, sampai ke sistem pipa alamiah yang lebih kompleks (dan pasti tidak kurang kegunaannya) yang menyalurkan darah ke seluruh tubuh kita dan

udara keluar masuk paru-paru kita. Contoh-contoh lain termasuk pula air pada pipa-pipa rumah dan sistem distribusi yang mengirimkan air dari sumur kota ke rumah-rumah.

Seiring dengan laju perkembangan industri dan peningkatan jumlah penduduk berdampak pada semakin meningkatnya kebutuhan air serta instalasi yang semakin besar, hal ini ditunjukkan dengan model instalasi yang menggunakan banyak selang-selang dan pipa-pipa menyalurkan fluida hidrolik atau fluida lainnya ke berbagai komponen kendaraan-kendaraan dan mesin-mesin. Sebuah contoh lain adalah dimana kualitas udara di dalam gedung-gedung dijaga pada tingkat yang nyaman dengan distribusi udara yang terkondisi (dipanaskan, didinginkan, dilembabkan/ dikeringkan) melalui suatu jaringan pipa atau saluran *duct* yang rumit. Meskipun sistem-sistem ini berbeda, prinsip-prinsip mekanika fluida yang mengatur gerakan fluidanya adalah sama.

Instalasi pipa memiliki komponen-komponen antara lain pompa, pipa, sambungan dan katup. Tekanan air atau fluida yang mengalir dihasilkan oleh kerja pompa. Setiap komponen memiliki dampak yang berakibat pada kerugian tekanan. Kerugian tekanan berarti ada energi yang hilang. Untuk itu referensi atau teori yang berkaitan dengan desain instalasi pipa sangat diperlukan.

Helmizar, 2010 melakukan studi eksperimental pengukuran *head losses mayor* (pipa pvc diameter $\frac{3}{4}$ ") dan *head*

losses minor (belokan knee 90° diameter ¾") pada sistem instalasi pipa. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan *head losses mayor* pada pipa PVC lurus diameter ¾" dengan mencari nilai kekasaran. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan *head losses minor* pada pipa PVC lurus diameter ¾" dengan mencari nilai koefisien kerugian (K). Hasil penelitian menunjukkan nilai kekasaran rata-rata pada pipa PVC diameter ¾" adalah sebesar $\varepsilon = 0,000562$ dan koefisien *head losses minor* (K) pada knee (belokan) pipa PVC diameter ¾" adalah sebesar $K = 0,297920611$.

Muchsin dan Rachmat Subagyo, 2011 meneliti pengaruh variasi sudut terhadap koefisien kerugian pada percabangan pipa, hal ini disebabkan oleh separasi yang terjadi pada percabangan pipa mengakibatkan aliran menjadi turbulen, sehingga koefisien gesek menjadi tinggi dan menyebabkan penurunan tekanan yang akan berpengaruh pada energi yang dibutuhkan untuk pompa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Semakin besar bilangan Reynolds maka hambatan aliran akibat percabangan pipa akan berkurang. Perbedaan hasil eksperimen dengan perhitungan secara teoritis adalah sebesar 5%, sedangkan dengan penelitian lain sebesar 12,72%.

Nugroho AS et al meneliti tekanan air dengan metode pipe flow expert untuk pipa berdiameter 1', ¾', ½' di instalasi pemipaan rumah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar diameter pipa yang dipasang pada konstruksi disain yang sama akan menghasilkan flow semakin besar, semakin kecil diameter pipa pada instalasi konstruksi yang sama akan menghasilkan flow yang kecil.

Kustanto H, Yunianto J meneliti pengaruh variasi diameter pipa hisap pvc pada sistem perpipaan tunggal pompa sanyo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar diameter pipa isap yang dipakai menjadikan debit aliran yang dihasilkan lebih banyak dan akan menurunkan faktor gesekan, sedangkan nilai kehilangan energi/kerugian head angkat dan kerugian head tekan pada aliran pipa tersebut akan mengalami penurunan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perilaku aliran fluida pada sambungan belokan pipa. Perilaku aliran yang dimaksud dalam penelitian ini adalah besar kerugian tekanan yang disebabkan oleh sambungan belokan (*elbow*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Aliran Fluida Dalam Pipa

Aliran fluida di dalam sebuah pipa mungkin merupakan aliran laminar atau aliran turbulen. Osborne Reynolds (1842-1912), ilmuwan dan ahli matematika Inggris, adalah orang yang pertama kali membedakan dua klasifikasi aliran ini dengan menggunakan sebuah peralatan sederhana. Untuk laju aliran yang cukup kecil, guratan zat pewarna (sebuah garis-gurat) akan tetap berupa garis yang terlihat jelas selama mengalir, dengan hanya sedikit saja menjadi kabur karena difusi molekuler dari zat pewarna ke air di sekelilingnya. Untuk suatu laju aliran sedang yang lebih besar, guratan zat pewarna berfluktuasi menurut waktu dan ruang, dan olakan putus-putus dengan perilaku tak beraturan muncul di sepanjang guratan.

Sementara itu, untuk laju aliran yang cukup besar guratan zat pewarna dengan sangat segera menjadi kabur dan menyebar di seluruh pipa dengan pola yang acak. Ketiga karakteristik ini, yang masing-masing disebut sebagai aliran *laminar*, *transisi* dan *turbulen*. Kita tidak seharusnya menyebutkan besaran berdimensi sebagai "besar" atau "kecil" seperti "laju aliran yang cukup kecil". Untuk aliran pipa parameter tak berdimensi yang paling penting adalah bilangan Reynolds, Re yaitu perbandingan antara efek inersia dan viskos dalam aliran.

$$Re = \rho V D / \mu$$

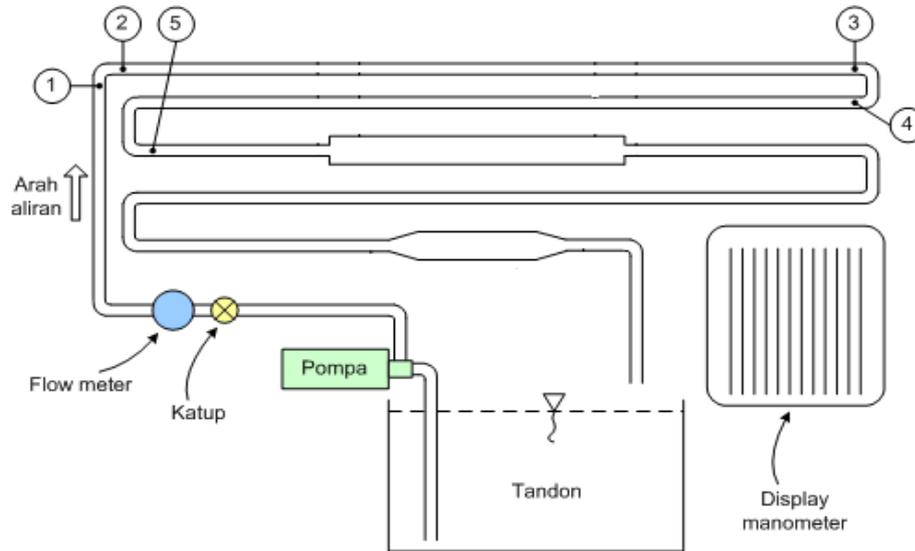
di mana V adalah kecepatan rata-rata di dalam pipa. Artinya, aliran di dalam sebuah pipa adalah laminar, transisi atau turbulen jika bilangan Reynoldsnya "cukup kecil", "sedang" atau "cukup besar". Bukan hanya kecepatan fluida yang menentukan sifat aliran, namun kerapatan, viskositas dan diameter pipa juga sama pentingnya. Parameter-parameter ini menghasilkan bilangan Reynolds. Perbedaan antara aliran pipa laminar dan turbulen dan ketergantungannya terhadap sebuah besaran tak berdimensi yang sesuai pertama kali ditunjukkan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883.

Kisaran bilangan Reynolds di mana akan diperoleh aliran pipa yang laminar, transisi atau turbulen tidak dapat ditentukan dengan tepat. Transisi yang aktual dari aliran laminar ke turbulen mungkin berlangsung pada berbagai bilangan Reynolds, tergantung pada berapa besar aliran terganggu oleh getaran pipa, kekasaran dari daerah masuk, dan hal-hal sejenis, lainnya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

1. Variabel bebas :
 - Jumlah belokan 90°
 - Variasi debit aliran dengan bukaan katup ¼, ½, ¾ dan bukaan penuh

2. Variabel terikat :
 - Beda tekanan sebelum dan sesudah belokan sambungan di 5 titik yang diukur melalui beda tinggi manometer.



Gambar 1. Sirkuit Fluida

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Debit dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}}$$

Contoh untuk data bukaan katup ¼, pengambilan data ke 1 dimana :

volume = 100 ml
waktu = 7,75 detik

Sehingga :

$$Q = \frac{100}{7,75}$$

$$= 12,90 \text{ ml/dt}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk debit yang lain. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata debit. Contoh perhitungan nilai debit rata-rata untuk bukaan katup ¼ :

$$Q_{\text{rata-rata}} = \frac{12,90 + 12,72 + 11,09 + 11,15 + 11,05}{5} = 12,24 \text{ ml/dt}$$

Tabel 1. Debit Rata-Rata

| Bukaan katup | Debit (ml/dt) | | | | | Rata-rata |
|--------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| ¼ | 12,90 | 12,72 | 11,09 | 11,15 | 11,05 | 12,24 |
| ½ | 22,17 | 20,70 | 21,65 | 21,88 | 21,55 | 21,51 |
| ¾ | 23,53 | 23,75 | 23,20 | 23,42 | 23,98 | 23,49 |
| Penuh | 24,04 | 24,57 | 24,45 | 25,00 | 24,04 | 24,35 |

Bilangan Reynold dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho V D}{\nu}$$

Dimana :

- ρ = rapat jenis (kg/m³)
untuk air = 1000
- V = kecepatan aliran (m/dt),
- D = diameter pipa saluran (m),
- ν = viskositas kinematik (m²/dt)

$$\text{untuk air} = 8,01 \times 10^{-6}$$

Contoh untuk data bukaan katup ¼:

$$Q = V \times A \text{ atau } V = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

- Q = debit
- A = luas penampang pipa
- Diameter pipa sebesar ½ inchi sehingga :

$$D = \frac{1}{2} \times \frac{2,54}{100}$$

$$= 0,0127 \text{ m}$$

Sehingga luas penampang :

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,0127^2$$

$$= 0,000127 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran :

$$V = \frac{12,24}{0,000127}$$

$$= 0,000097 \text{ m/dt}$$

Bilangan Reynoldnya :

$$Re = \frac{1000 \times 0,000097 \times 0,0127}{8,01 \times 10^{-6}}$$

$$= 1532,45$$

Tabel 2. Bilangan Reynold

| Bukaan katup | Re |
|--------------|---------|
| ¼ | 1532,45 |
| ½ | 2693,27 |
| ¾ | 2942,15 |
| Penuh | 3049,60 |

Tekanan dihitung dengan rumus:

$$P = \rho g h$$

Dimana :

ρ = rapat jenis (kg/m³)

g = konstanta gravitasi = 9,8 m/dt²

h = beda tinggi manometer

Contoh perhitungan untuk data Re 1532,45 :

$$P = 1000 \times 9,8 \times 5/1000$$

$$= 45,78 \text{ kg/m}^2$$

Tabel 3. Tekanan

| Re | Tekanan (kg/mm ²) | | | | |
|---------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1532,45 | 45,78 | 31,72 | 20,60 | 15,70 | 8,18 |
| 2693,27 | 302,48 | 237,08 | 153,69 | 99,41 | 49,05 |
| 2942,15 | 562,44 | 500,31 | 366,24 | 297,57 | 217,46 |
| 3049,60 | 592,52 | 493,77 | 389,13 | 312,29 | 235,44 |

Kerugian head akibat gesekan dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach yaitu:

$$H_f = f \frac{LV^2}{D 2g}$$

Dimana :

f = koefisien gesek = 64/Re

L = panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/dt)

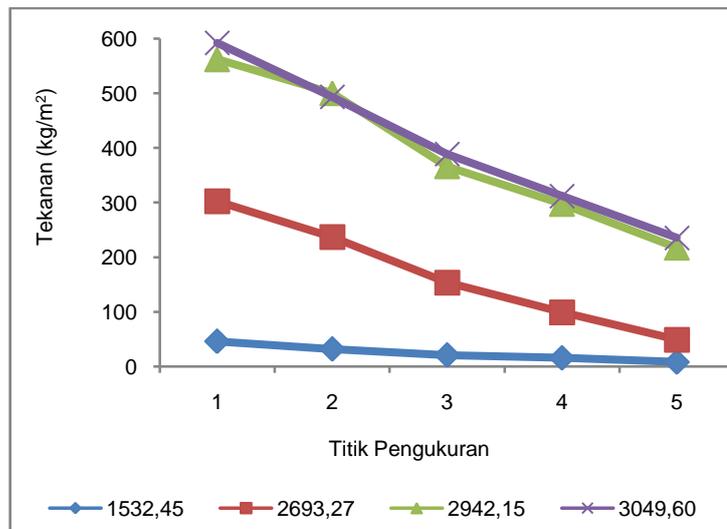
D = diameter pipa (m)

g = konstanta gravitasi (m/dt²)

Contoh perhitungan untuk Re = 1532,45 :

$$H_f = 0,0418 \frac{1,00 \times 0,000097^2}{0,0127 \times 2 \times 9,8}$$

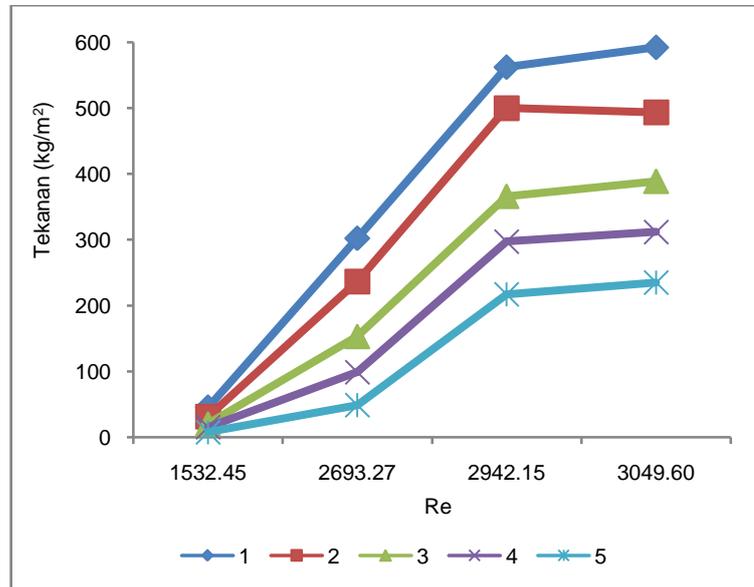
$$= 0,000000016 \text{ m}$$



Gambar 2. Grafik Tekanan Berdasarkan Titik Pengukuran

Grafik pada gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar atau semakin jauh titik pengukuran maka tekanan cenderung semakin menurun. Tekanan maksimum terjadi pada variasi Re 3049,60 pada titik

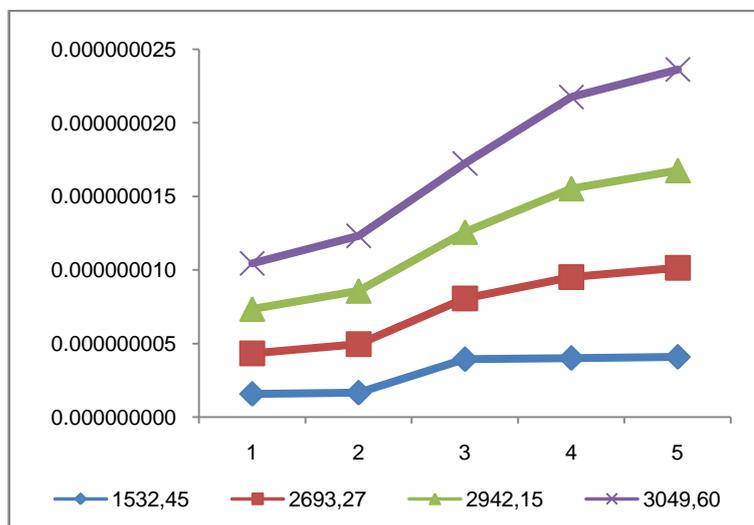
pengukuran ke 1 sebesar 592,52. Tekanan minimum terjadi pada variasi Re 1532,45 pada titik pengukuran ke 5 sebesar 8,18 kg/m².



Gambar 3. Grafik Tekanan Berdasarkan Bilangan Reynold

Grafik pada gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar bilangan Reynold maka tekanan cenderung semakin besar pula. Tekanan maksimum terjadi pada variasi

Re 3049,60 pada titik pengukuran ke 1 sebesar 592,52. Tekanan minimum terjadi pada variasi Re 1532,45 pada titik pengukuran ke 5 sebesar 8,18 kg/m².



Gambar 4. Grafik Re vs H_f

Grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar bilangan Reynold maka maka kerugian gesek cenderung semakin besar. Kerugian gesek maksimum terjadi pada variasi Re 3049,60 pada titik pengukuran ke 5 sebesar 0,0000000069.

Kerugian gesek minimum terjadi 0,0000000016.

Grafik hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin besar atau semakin jauh titik pengukuran maka tekanan cenderung semakin menurun. Hal ini disebabkan karena Titik pengukuran berada pada belokan

sambungan pipa. Pada belokan ini terjadi gesekan air dengan dinding pipa. Gesekan ini menyebabkan terjadinya energi yang hilang dalam bentuk tekanan. Kehilangan ini menyebabkan penurunan tekanan aliran tersebut.

Grafik hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin besar bilangan *Reynol* maka tekanan cenderung semakin besar pula. Hal ini disebabkan karena bilangan *Reynold* yang besar maka kecepatan juga semakin besar. Kecepatan aliran besar berarti kerugian karena gesekan dengan dinding kecil maka penurunan tekanan kecil. Pembahasan 2 alinea di atas dihubungkan dengan grafik hasil perhitungan besar kerugian gesek H_f .

Dari pembahasan di atas maka perilaku aliran fluida pada sambungan belokan pipa adalah terjadi penurunan tekanan dimana tekanan sebelum belokan lebih besar dari pada sesudah belokan. Kerugian gesek cenderung semakin besar jika kecepatan aliran atau bilangan *Reynold* juga bertambah besar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perilaku aliran fluida disambungan belokan pipa adalah terjadi penurunan tekanan.
2. Gesekan fluida dengan dinding pipa menyebabkan penurunan tekanan.
3. Semakin banyak belokan pada sistem pemipaan menyebabkan turunnya tekanan pada fluida yang mengalir didalamnya.
4. Perubahan bilangan reynold pada aliran fluida dapat menyebabkan perubahan pada aliran fluida.
5. Tekanan maksimum terjadi pada variasi Re 3049,60 pada titik pengukuran ke 1 sebesar 592,52. Tekanan minimum terjadi pada variasi Re 1532,45 pada titik pengukuran ke 5 sebesar $8,18 \text{ kg/m}^2$.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba pada variasi besar sudut sambungan atau variasi diameter pipa.

DAFTAR PUSTAKA

- Helmizar, 2010, *Studi Eksperimental Pengukuran Head Losses Mayor (Pipa Pvc Diameter ¾") dan Head Losses Minor (Belokan Knee 90° Diameter ¾") Pada Sistem Instalasi Pipa*. Universitas Bengkulu.
- Jamaludin, 2008. *Uji Kerugian Gesek Aliran Fluida Pasa Piipa Bentuk Lingkaran Dengan Tekanan Statis*. Universitas Negeri Makasar
- Kustanto H, Yuniyanto JP, *Kajian Pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap PVC Pada Sistem Perpipaan Tunggal Pompa Sanyo*, Teknik Mesin AT Warga Surakarta.
- Munson, Bruce R., Young, Donald F., and Okiishi, Theodore H. 2003. *Mekanika Fluida*, Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- Muchsin, Subagyo R, 2011. *Kaji Eksperimental Koefesien Kerugian Pada Percabangan Pipa Dengan Sudut 45°, 60° dan 90°*. Universitas Tadulaku, Palu.
- Nugroho AS, Palmiyanto MH, Nusantoro AEB, *Analisa Tekanan Air Dengan Metode Pipe Flow Expert Untuk Pipa Berdiameter 1', ¾', ½' Di Instalasi Pemipaan Rumah*, Jurusan Teknik Mesin AT Warga Surakarta.
- Sumarli. 2008. *Pola Aliran Dan Penurunan Tekanan Pada Aliran Dua Fase Gas-Cair Melewati Pengecilan Pipa Secara Mendadak*. Universitas Negeri Malang.
- Zainudin, I Made Adi Sayoga, I Made Nuarsa. 2012. *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa*. Universitas Mataram.