

**ANALISIS PERUBAHAN TINGGI TEKANAN AKIBAT SUDUT BELOKAN 90⁰
DAN 45⁰ DENGAN MENGGUNAKAN
FLUID FRICTION APPARATUS**

Nurnawaty¹⁾ dan Sumardi²⁾

¹⁾ Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : nurnawaty@unismuh.ac.id

²⁾ Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : Sumardi.galaxy@gmail.com

Abstrak

Head losses atau kehilangan tinggi tekanan merupakan suatu fenomena rugi-rugi aliran di dalam sistem perpipaan. Head losses sangat merugikan dalam aliran fluida di dalam sistem perpipaan, karena head losses dapat menurunkan tingkat efisiensi aliran fluida. Head losses yang terjadi pada prinsipnya dapat dinyatakan dalam dua bagian besar, yaitu minor losses dan mayor losses. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besarnya kehilangan nilai tinggi tekanan akibat sudut belokan dan juga nilai penurunan tekanan (pressure drop) pada belokan 90⁰ dan 45⁰. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengalirkan fluida pada rangkaian pipa (fluid friction apparatus) yang mengalami melokan 90⁰ dan 45⁰. Dengan menggunakan persamaan mayor losses dan minor losses akan didapat nilai perubahan tinggi tekanan. Hasil eksperimen menunjukkan nilai perubahan tinggi tekanan terbesar terjadi pada sudut 90⁰ sebesar 41.685 cm dan nilai perubahan tinggi tekanan terendah terjadi pada sudut 45⁰ sebesar 27.790 cm. Sedangkan untuk nilai pressure drop tertinggi terjadi pada sudut 90⁰ sebesar 5.8 N/cm² terendah terjadi pada sudut 45⁰ sebesar 3.4 N/m². Semakin tinggi nilai sudut belokan maka semakin tinggi pula nilai kehilangan tinggi tekanan yang terjadi. Kehilangan tinggi tekanan terjadi karena adanya gesekan yang terjadi antara partikel air dan dinding pipa dan juga sudut beokan yang menyebabkan terjadi perubahan aliran pada aliran air sehingga menyebabkan terjadinya gelembung

Kata Kunci : *Belokan 45⁰ dan 90⁰, pressure drop, Head Losses*

Abstract

Head losses are phenomenon of flow losses in the piping system. Head losses are very detrimental in fluid flow in the piping system, because head losses can reduce the level of fluid flow efficiency. Head losses that occur in principle can be expressed in two major parts, namely minor losses and major losses. The purpose of this study was to determine the magnitude of changes in the value of high pressure due to the angle of the turn and also the value of pressure drop on curves 90⁰ and 45⁰. This research was carried out by flowing fluid in a fluid friction apparatus which experienced 90⁰ and 45⁰ slides. By using major losses and minor losses equations will be obtained the value of high pressure changes. The experimental results show that the highest value of change in the highest pressure occurs at 90⁰ angles of 41,685 cm and the highest value of change in the lowest pressure occurs at an angle of 45⁰ at 27,790 cm. While the highest pressure drop occurs at the 90⁰ angle of 5.8 N / cm², the lowest occurs at an angle of 45⁰ at 3.4 N / m². The higher the value of the bend, the higher the value of head losses that occurs. Head losses occurs because of the friction that occurs between water particles and the pipe wall and also the angle of the bend which causes a change in flow in the flow of water, causing bubbles to occur

Keywords: *Bend 45⁰ and 90⁰, pressure drop, head losses*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air menjadi kebutuhan manusia yang sangat penting, begitu juga dengan seluruh makhluk hidup yang ada di bumi ini. Dalam pemenuhan air tersebut manusia melakukan berbagai upaya untuk mendapatkannya. Dalam hal ini pemenuhan air bersih untuk dikonsumsi, baik untuk air minum, maupun untuk kebutuhan rumah tangga lainnya. Sistem penyediaan air bersih dilakukan dengan sistem perpipaan dan non perpipaan. Penggunaan pipa banyak digunakan oleh umum, baik perusahaan-perusahaan sebagai pendistribusian air minum, minyak maupun gas bumi. Demikian juga dengan kebutuhan air pada rumah tangga, penggunaan pipa ini paling banyak digunakan baik untuk penyaluran air bersih maupun sanitasi. Jika sistem perpipaan memiliki banyak percabangan yang lebih banyak maka akan memperbesar rugi alirannya, selain itu aliran yang semula dalam keadaan laminar pada saat melalui pipa lurus yang koefisien geseknya besar akan berubah menjadi aliran turbulen. Kondisi aliran turbulen inilah yang dapat merugikan dalam sistem perpipaan tersebut, seperti akan menimbulkan getaran dan juga pengelupasan dinding pipa. Selain itu,

akibat yang paling mendasar dengan adanya kerugian aliran ialah dapat menyebabkan besarnya energy yang dibutuhkan untuk menggerakkan aliran fluida yang berdampak meningkatnya penggunaan listrik pada mesin penggerak fluida. Selain itu, kehilangan tinggi tekanan merupakan faktor yang perlu diperhatikan karena apabila kehilangan tinggi tekanan cukup besar dapat mengakibatkan tidak terdistribusinya air dengan baik.

Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana hubungan antara kehilangan energi akibat belokan dan kehilangan energi akibat gesekan dengan kecepatan aliran ?
- 2) Bagaimana penurunan tekanan (*pressure drop*) dalam pipa pada tiap perubahan sudut sambungan belokan pipa ?
- 3) Bagaimana pengaruh variasi sudut belokan terhadap perubahan tinggi tekanan pada pipa ?

TINJAUAN PUSTAKA

Penampang Saluran Tertutup (Pipa)

Saluran tertutup adalah saluran yang alirannya tidak dipengaruhi oleh tekanan udara secara langsung kecuali oleh tekanan hidrolis. Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang

digunakan untuk mengalirkan fluida denganampang aliran penuh (Triatmojo, 1996). 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. Kebutuhan ini juga menyangkut penyediaan air bersih atau air minum sampai dengan kebutuhan di bidang industri (Gatut Rubiono, 2016).

Rini Sriyani dan Triyantini Sundi P (2017) melakukan penelitian tentang perubahan debit terhadap penampang pada pipa. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada daerah sambungan (*fitting*) atau belokan (*bend*) menyebabkan kehilangan tekanan dalam instalasi pipa.

Kehilangan Energi Pada Saluran Pipa

Kehilangan energi karena gesekan dapat dirumuskan dengan berbagai persamaan antara lain :

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Dimana :

$$f = 64/Re \quad (\text{untuk aliran laminar, } Re < 2300)$$

$$Re = VD/v$$

Nilai kekasaran pipa, nilai koefisien Hazen William dan koefisien Manning untuk masing-masing pipa disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Nilai Kekasaran Manning

Material	K (cm)	K (inchi)
Concrete	3-30	0,012-0,12
Cast Iron	2,6	0,01
Galvanized Iron	1,5	0,006
Asphalted Cast Iron	1,2	0,0048
Commercial or Welded Steel	0,45	0,0018
PVC, Glass, Other Drawn Tubing	0,015	0,00006

Bilangan Reynolds

Bilangan *Reynolds* merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat membedakan suatu bilangan yang dilihat dari kecepatan aliran. Diasumsikan laminar bila aliran mempunyai bilangan Re kurang dari 2300, untuk aliran transisi berada pada bilangan Re 2300 dan 4000

$$Rn = \frac{v \times D}{\nu} \quad (2)$$

Dimana :

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/dt)}$$

$$\mu = \text{Viskositas dinamis (cP)}$$

$$D = \text{Diameter (m)}$$

Mayor Losses

Kerugian *mayor* adalah kehilangan tekanan akibat gesekan

aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan (Helmizar, 2010).

Kerugian head akibat dari gesekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy – Weisbach yaitu :

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Dimana :

Hf = head mayor (m)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan (m/s)

g = gravitasi bumi (m/s²)

f = faktor gesek (didapat dari diagram mody)

Minor Losses

Kerugian *minor* adalah kehilangan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada katup-katup, sambungan Tee, sambungan belokan dan pada luas penampang yang tidak konstan (Helmizar, 2010). Pada aliran yang melewati belokan dan katup *head loss minor* yang terjadi dapat dihitung dengan rumus Darcy – Weisbach (White, 1988) yaitu :

$$H_m = k \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Dimana :

H_m = head minor (m)

v = kecepatan (m/dt)

g = gravitasi bumi (m/dt²)

k = Koefisien kerugian pada fitting

Penurunan Tekanan (Pressure Drop)

Pressure Drop adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik di dalam pipa atau aliran air (Hasris Mujiyanto, 2016).

Secara matematis, *pressure drop* pada pipa horizontal adalah sebagai berikut :

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (5)$$

Dimana :

Δp = *Pressure Drop* (N/m²)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

Δh = selisih ketinggian pada manometer (m)

g = gravitasi (m/s²)

Sambungan Belokan (Elbow)

Elbow atau belokan merupakan suatu piranti yang seringkali digunakan pada suatu sistem perpipaan (Sandi Setya W, 2015). Dalam perencanaan suatu sistem aliran, sulit dihindari adanya suatu belokan atau elbow. Adanya elbow dalam suatu sistem dapat menyebabkan terjadinya kerugian pada aliran. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan arah aliran fluida yang melalui saluran atau pipa tersebut.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik

Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dengan waktu penelitian selama 2 bulan mulai april – mei 2019.

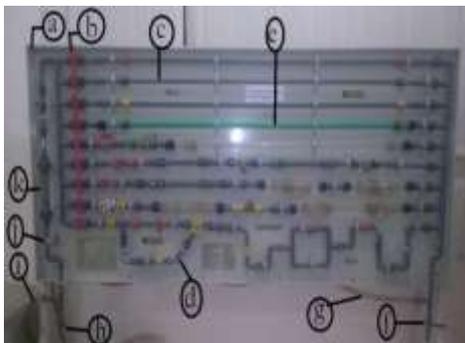
Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini akan menggunakan data primer yakni data yang diteliti langsung dari Laboratorium Hidrolika dengan menggunakan alat sistem jaringan perpipaan.

Alat dan Bahan

Fluid Friction Apparatus

Alat ini digunakan untuk menyelidiki fenomena aliran laminar, transisi dan turbulen dalam sistem pipa. Alat ini membantu dalam mempelajari aliran, teknik pengukuran aliran dan kerugian dalam berbagai macam pipa.



Gambar 1. *Fluid Friction Apparatus*

Keterangan :

- a) Dinding / papan rangkaian
- b) Keran pengatur aliran fluida
- c) Pipa PVC
- d) Rangkaian pipa yang mengalami belokan
- e) Rangkaian pipa

- f) Katup pembuangan air dari seluruh rangkaian pipa
- g) Selang output fluida
- h) Kran pembuangan dari input fluida
- i) Selang input fluida
- j) Sambungan selang input dengan rangkaian pipa
- k) Rotameter / *water flow meter*

Manometer

Manometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dengan menggunakan kolom cairan. Sebuah pengukur vakum digunakan untuk mengukur tekanan dalam ruang hampa yang selanjutnya dibagi menjadi dua subkategori, tinggi dan rendah vakum. Satuan dari alat ukur tekanan ini biasanya berupa psi (*pound per square inch*), psf (*pound per square foot*), mmHg (*millimeter of mercury*), bar, atm (*atmosphere*), N/m^2 (*pascal*).



Gambar 2. *Manometer*

Hydraulic Bench (Reservoir)

Alat ini berfungsi sebagai pemasok air dengan sirkulasi yang terkontrol dan *flowmeter* yang akurat untuk eksperimen mekanika hidrolis dan mekanika fluida.

Katup control yang dioperasikan dengan tangan menyesuaikan laju aliran air dari pompa. Sebuah kotak listrik di sisi bangku termasuk saklar pompa, casing sirkuit dan tampilan digital aliran.

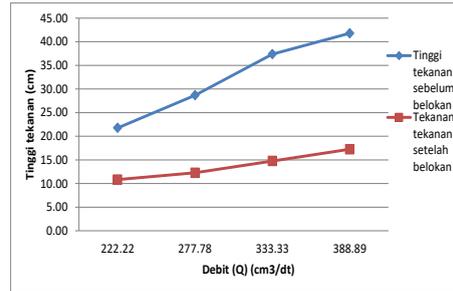


Gambar 3. *Hydraulic Bench*

HASIL DAN PEMBAHASAN

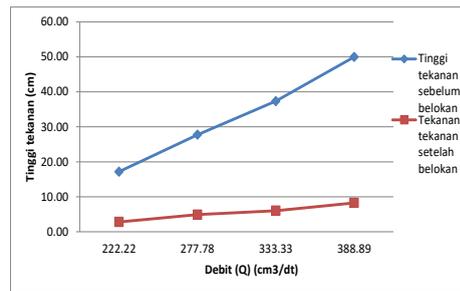
Berikut ini adalah hasil perubahan tinggi tekanan tiap belokan Tabel 2. Belokan pipa 90⁰ dari arah horizontal ke vertikal

No	Debit (Q) Cm ³ /dt	Tinggi tekanan sebelum belokan Cm	Tekanan tekanan setelah belokan Cm
1	222.22	21.76	10.82
2	277.78	28.67	12.27
3	333.33	37.37	14.76
4	388.89	41.78	17.25



Gambar 4. Grafik hubungan antara debit (Q) dan perubahan tinggi tekanan (He)

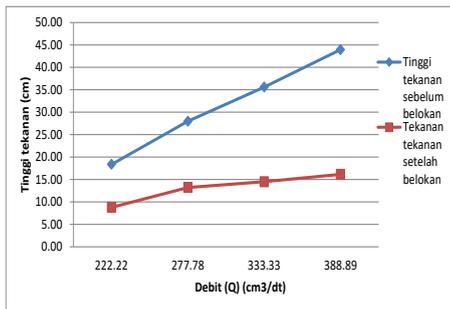
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan air berbanding lurus dengan debit air, semakin besar debit yang diberikan maka semakin besar pula tekanan yang terjadi dan sebaliknya jika debit air yang diberikan kecil maka kecil pula tekanan yang terjadi. Dari hasil pengujian juga menunjukkan bahwa setelah mengalami belokan maka tinggi tekanan air akan berkurang.



Gambar 5. Grafik hubungan antara debit (Q) dan perubahan tinggi tekanan (He)

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan air berbanding lurus dengan debit air, semakin besar debit yang diberikan maka semakin besar pula tekanan

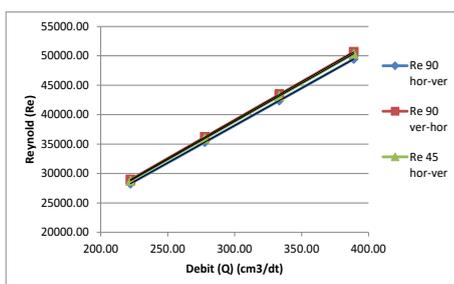
yang terjadi dan sebaliknya jika debit air yang diberikan kecil maka kecil pula tekanan yang terjadi. Dari hasil pengujian juga menunjukkan bahwa setelah mengalami belokan maka tinggi tekanan air akan berkurang.



Gambar 6. Grafik hubungan antara debit (Q) dan tekanan (P)

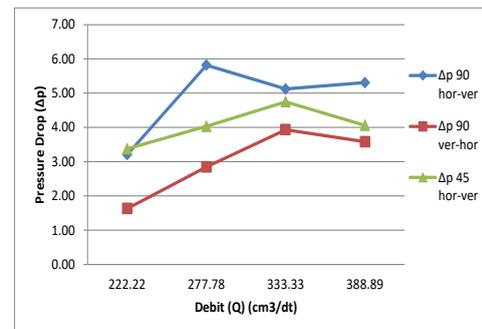
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan air berbanding lurus dengan debit air, semakin besar debit yang diberikan maka semakin besar pula tekanan yang terjadi dan sebaliknya jika debit air yang diberikan kecil maka kecil pula tekanan yang terjadi. Dari hasil pengujian juga menunjukkan bahwa setelah mengalami belokan maka tinggi tekanan air akan berkurang.

Bilangan Reynolds



Dari hasil dan grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar nilai debit maka nilai bilangan *Reynolds* juga akan besar. Nilai bilangan *Reynolds* terbesar terjadi pada sudut 90⁰ arah vertikal – horizontal. Dari hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa aliran pada pipa yaitu aliran turbulensi karena nilai bilangan *Reynolds* lebih besar dari 4000.

Pressure Drop

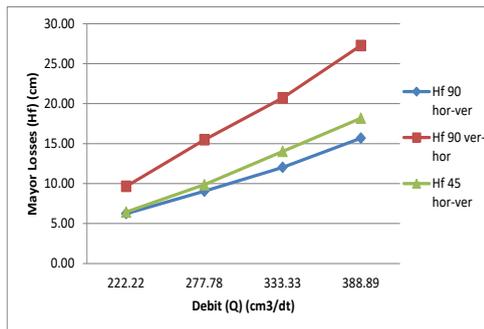


Gambar 8. Grafik hubungan antara debit (Q) dan *Pressure Drop*

Berdasarkan gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai *pressure drop* terbesar terjadi pada belokan sudu 90⁰ arah horizontal kearah vertikal dan nilai *pressure drop* cukup bervariasi.

Nilai *pressure drop* terbesar terjadi pada sudut belokan 90⁰ arah vertikal ke horizontal dan terendah terjadi pada sudut belokan 45⁰ arah horizontal ke vertikal.

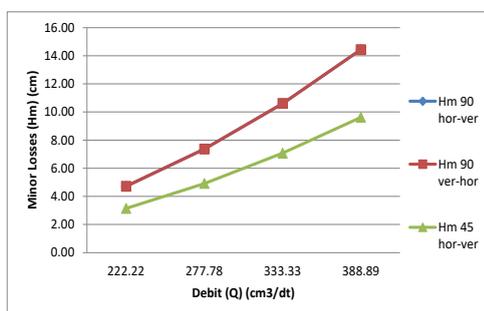
Mayor Losses



Gambar 9. Grafik hubungan antara debit (Q) dan *major losses*(Hf)

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *major losses* berbanding lurus dengan debit air, semakin besar debit yang diberikan maka semakin besar pula nilai *major losses* dan sebaliknya jika debit air yang diberikan kecil maka kecil pula nilai *major losses*. Nilai *major losses* terbesar pada sudut belokan 90⁰ arah vertikal ke horizontal dan terendah pada sudut belokan 45⁰ arah horizontal ke vertikal.

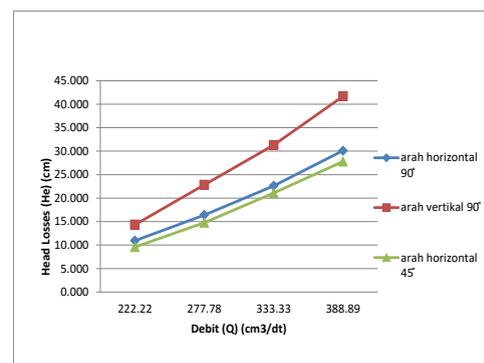
Minor Losses



Gambar 10. Grafik hubungan antara debit (Q) dan *minor losses*(Hm)

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *minor losses* berbanding lurus dengan debit air, semakin besar debit yang diberikan maka semakin besar pula nilai *minor losses* dan sebaliknya jika debit air yang diberikan kecil maka kecil pula nilai *minor losses*. Nilai *minor losses* terbesar terjadi pada sudut belokan 90⁰ arah vertikal ke horizontal dan terendah terjadi pada sudut belokan 45⁰ arah horizontal ke vertikal

Perubahan Tinggi Tekanan



Gambar 11. Grafik hubungan antara debit (Q) dan perubahan tinggi tekanan

Pada nilai perubahan tinggi tekanan, semakin besar sudut belokan maka semakin besar pula nilai perubahan tinggi tekanan yang terjadi. Perubahan tinggi tekanan terbesar terjadi pada sudut belokan 90⁰ dengan nilai 41.685 cm pada debit 388.89 cm³/dt, sedangkan nilai perubahan tinggi tekanan terkecil terjadi pada sudut belokan 45⁰ dengan nilai 27.790 cm pada debit 388.89 cm³/dt.

PENUTUP

Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dari hasil penelitian :

- 1) Kehilangan energi yang terjadi pada belokan pipa lebih rendah dibandingkan kehilangan energi yang terjadi akibat gesekan fluida.
- 2) *Pressure drop* pada sudut belokan cukup bervariasi. Dimana nilai *pressure drop* tertinggi terjadi pada sudut belokan yang lebih besar dibandingkan sudut belokan yang kecil.
- 3) Perubahan tinggi tekanan, semakin besar sudut belokan maka semakin besar pula nilai perubahan tinggi tekanan yang terjadi.

Saran

Adapun saran yang diberikan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Hendaknya alat penelitian lebih diperhatikan dengan teliti dalam pengambilan data, apalagi pada pemasangan manometer yang memerlukan ketelitian.
- 2) Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, diameter pipa dan juga sudut belokan divariasikan agar parameter yang digunakan bisa bertambah.
- 3) Untuk penelitian berikutnya perlu diperhatikan bahwa perubahan

tinggi tekanan juga bisa dipengaruhi oleh katup dan alat flowmeter.

DAFTAR PUSTAKA

- Gatut Rubiono, Hariyono, Haris Mujiyanto. 2016. *Study Eksperimental Perilaku Aliran Fluida pada Sambungan Belokan Pipa*. Universitas PGRI Banyuwangi.
- Haris Mujiyanto, Ahmad Aufa, Gatut Rubioni. 2016. *Pengaruh Rasio Diameter Pipa Terhadap Perubahan Tekanan pada Bernoulli Theorem Apparatus*. Universitas PGRI Banyuwangi.
- Hermizar. 2010. *Study Eksperimental Pengukuran Head Losses Mayor (Pipa PVC Diameter $\frac{3}{4}$) dan Head Losses Minor (Belokan Knee 90^0 Diameter $\frac{3}{4}$) pada Sistem Instalasi Pipa*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Bengkulu.
- Jusdi, dkk. 2019. *Analisa Pengaruh Debit Terhadap Perubahan Penampang Saluran Pipa*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
- Muchsin. 2011. *Menganalisis Kerugian Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran*. Universitas. Universitas Riau.
- Munson, Bruce R dkk. 2003. *Mekanika Fluida Jilid 2*. Erlangga : Jakarta.
- Rini Sriyani, Tryantini Sundi P. 2017. *Analisa Perubahan Debit Terhadap Penampang pada Pipa (Uji Laboratorium)*. Universitas Halu Oleo Kendari.
- Salimin. 2009. *Pengaruh Perubahan Aliran Terhadap Koefisien Kerugian*. Dinamika Jurnal

Ilmiah Teknik Mesin Universitas
Gunadarma Jakarta.

Sandi Setya Wibowo, Kun Suharno, Sri
Widodo. 2015. *Analisis Debit
Fluida pada Pipa Elbow 90⁰
dengan Variasi Diameter Pipa.*
Universitas Tidar Magelang.

Triatmodjo, Bambang, 1996, *Hidraulika
I*, Beta Offset, Yogyakarta.

Wendy Priana Negara. 2015.
*Perbandingan Analisis Pressure
Drop pada Pipa Lengkung 90⁰
Standar ANSI B36.10 dengan
COSMOSfloWorks 2007.*
Universitas Gunadarma Jakarta.