# STUDI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN HEAD LOSS MAYOR (PIPA PVC DIAMETER 1/2") DENGAN VARIASI DEBIT ALIRAN UNTUK KONDISI REJIM ALIRAN LAMINAR FLUIDA FASA CAIR

**Mohammad Adib Wicaksono[1],Tito Hadji Agung Santoso[2],Thoharudin[3]**
Program Sudi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul Yogyakarta 55183
Mohammad.adib.2014@ft.umy.ac.id

**Intisari**

*Head loss* merupakan rugi-rugi aliran yang sering terjadi dalam sistem perpipaan. *Head loss* dibagi menjadi 2 yaitu head loss mayor dan *head loss* minor. *Head loss* terjadi diakibatkan oleh gesekan yang terjadi antara lapis-lapisan fluida yang satu dengan lainnya dan dapat terjadi juga antara lapis-lapisan fluida dengan dinding pipa. *Head loss mayor* terjadi pada pipa lurus, sedangkan *head loss minor* terjadi selain pada pipa lurus seperti elbow, fitting, percabangan, katup, dll. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi debit aliran fluida pada kondisi rejim aliran laminar terhadap nilai *head loss mayor* dan nilai koefisien gesek pada pipa PVC ½".

Metode pengambilan data yang dilakukan dengan memvariasikan debit aliran. Debit aliran yang akan masuk ke dalam sistem perpipaan akan disesuaikan dengan rejim aliran laminar yaitu pada 1 – 1,9 LPM yang nantinya dapat diatur menggunakan 2 gate valve dan diukur menggunakan alat rotameter. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan fluida yang berasal dari sumur dan memiliki panjang pipa 1 meter. Pada penelitian ini data yang diambil adalah perbedaan tekanan yang terjadi pada titik masuk dan keluar menggunakan alat *differential pressure* yang telah dikalibrasi, sehingga data selisih tekanan yang diperoleh pada saat pengujian, dapat dihitung *head loss* dan koefisien gesek yang terjadi.

Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa nilai *head loss* dan koefisien gesek dipengaruhi dengan bilangan Reynolds dari 1174,221 – 2231,25 dan debit aliran fluida. Pada debit aliran fluida dan bilangan Reynolds yang semakin naik akan menaikan nilai *head loss mayor* sedangkan nilai dari koefisien gesek akan menurun. Pada penelitian ini mengahasilkan nilai *head loss mayor* dari 8,19 . 10-4 m sampai 1,68.10-3 m, sedangkan nilai koefisien gesek yang dihasilkan dari 6,74.10-2 hingga 3,83.10-2.

**Keywords**: *Head loss mayor*, fluida air, turbulen, Reynolds, koefisien gesek.

## 1. PENDAULUAN

Setiap hari kita dapat menjumpai sistem perpipaan pada setiap konstruksi bangunan maupun pada sistem perpipaan pada industri dan lain sebagainya. Sistem perpipaan dalam penggunaanya banyak digunakan untuk mendistribusikan fluida dari satu tempat menuju tempat lainnya. Fluida yang digunakan pada sistem perpipaan bermacam-macam, mulai dari fluida gas hingga fluida yang bersifat cair. Pada sistem perpipaan di industri banyak menggunakan fluida-fluida yang memiliki viskositas yang paling tinggi hingga yang paling rendah.

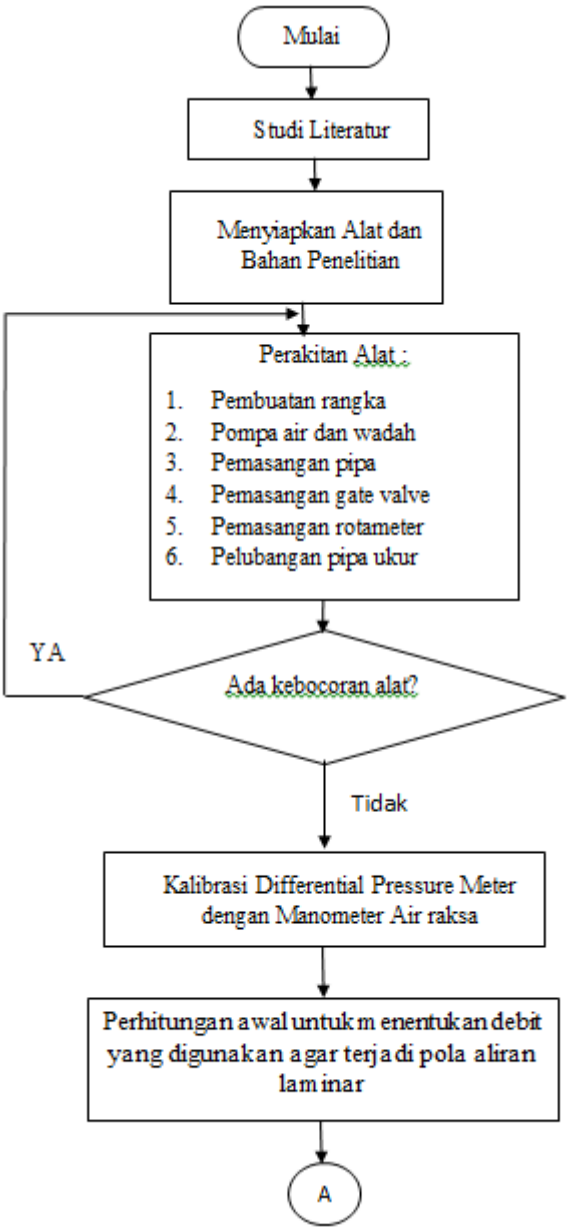
Pada sistem perpipaan terdapat permasalahan yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan dan *head loss* atau rugi-rugi aliran yang terjadi pada saat proses mengalirkan fluida. Pada umumnya proses terjadinya penurunan tekanan maupun rugi-

rugi aliran diakibatkan karena pada fluida cair yang digunakan memiliki tingkat molekul yang lebih padat sehingga gesekan pada aliran di dalam pipa menjadi lebih besar.
Pada sistem perpipaan rugi-rugi aliran atau *head loss* juga dapat terjadi karena desain suatu sistem perpipaan yang mempunyai banyak belokan atau percabangan. Rugi-rugi aliran atau *head loss* juga bisa terjadi karena adanya gesekan pada dinding-dinding pipa, perubahan luas penampang, dan lain-lain. Salah satu dampak dari suatu aliran yang mengalami *head loss* adalah pemakaian daya yang menjadi lebih besar dan efisiensi perbandingan antara input dan output pada suatu sistem perpipaan juga menjadi lebih besar.

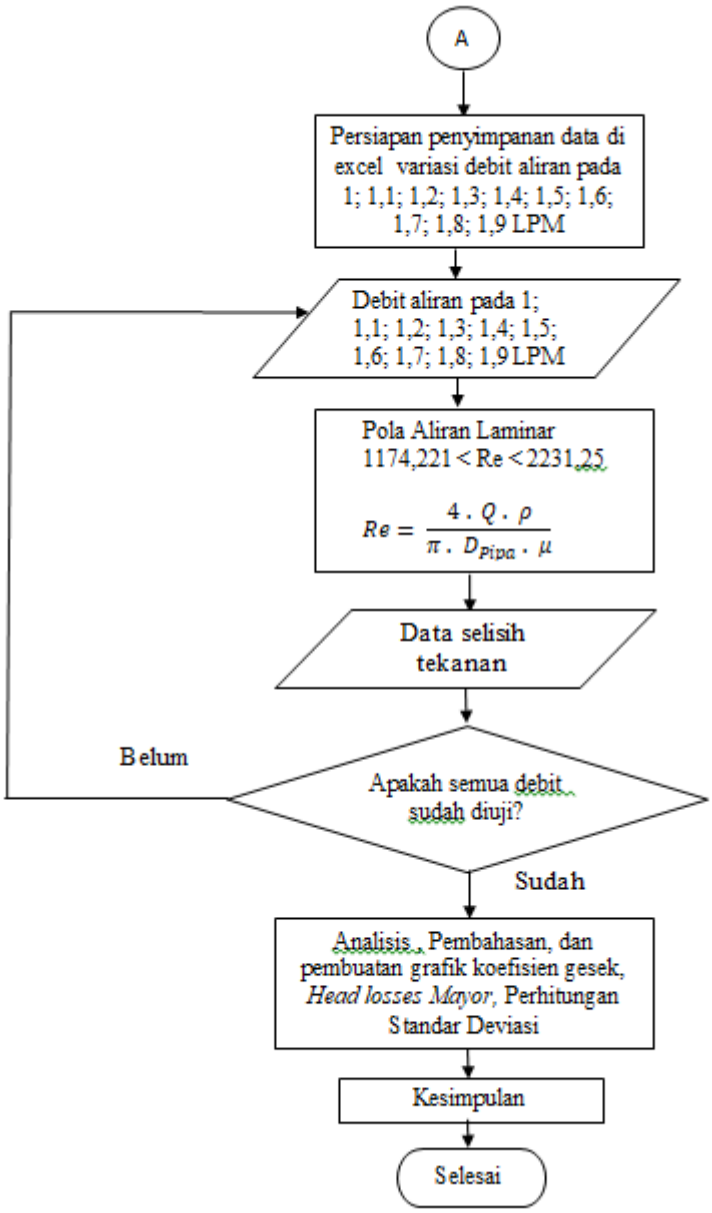
Menurut Kozak dkk,. (2013) penelitian yang dilakukan menggunakan pipa dengan bentuk bergelombang dan mempunyai diameter 9,1 mm, 13,0 mm, 19,7 mm, dan 26,7 mm. Menurut helmizar (2010) penelitian yang dilakukan menggunakan pipa PVC dengan diameter ¾". Peneliti-peneliti sebelumnya masih perlu dilakukan lagi, penelitian tentang head loss mayor maupun tentang koefisien gesek, masih kurang detail dikarenakan penggunaan pipa PVC untuk penelitian pengukuran *head loss* masih kurang. Pada kondisi-kondisi lingkungan, khususnya yang terjadi pada rejim aliran laminar menggunakan pipa PVC dengan diameter ½" , panjang 1 m dan menggunakan fluida air dengan suhu lingkungan masih kurang. Sehingga menuntut dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui hasil *head loss mayor* dan koefisien gesek yang terjadi pada aliran laminar, menggunakan pipa PVC dengan diameter ½" dan panjang 1 m. Pada penelitian ini menggunakan variasi kecepatan aliran fluida dan angka *Reynolds* yang masih berada pada aliran laminar.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dibuatnya diagram alir merupakan gambar peyederhanaan proses-proses atau tahapan yang dilakukan. Dengan adanya diagram alir maka proses penelitian akan dilakukan sesuai dengan gambar dari diagram alir yang telah direncanakan.

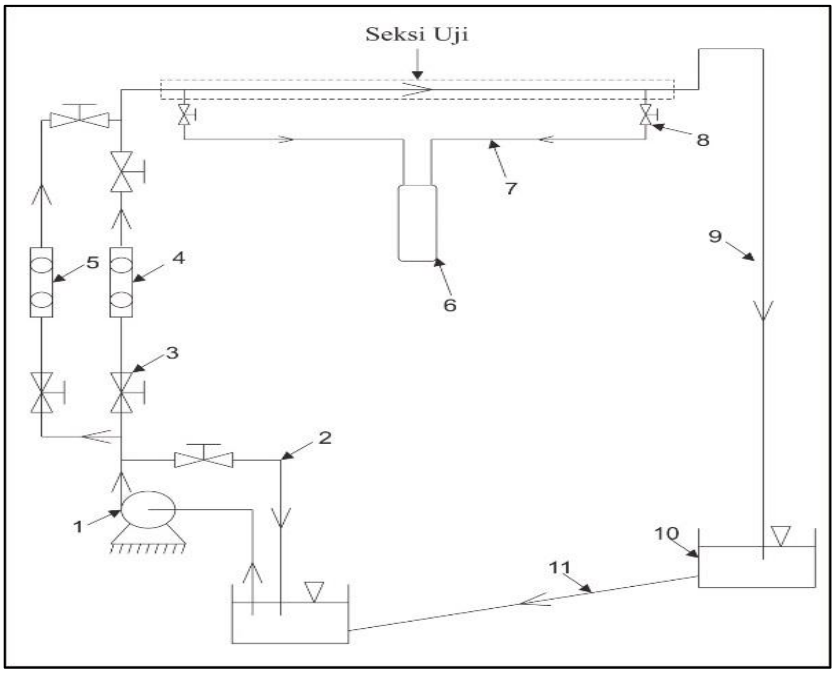



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian




Gambar 2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan memvariasi debit aliran fluida yang dialirkan kedalam pipa PVC berdiameter ½"dengan panjang 1 meter . Debit aliran yang digunakan pada penelitian ini adalah 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, LPM. Kemudian dilakukan pengambilan data selisih tekanan dengan menggunakan *Differential Pressure Meter* yang sebelumnya telah di kalibrasi menggunakan manometer air raksa. Data selisih tekanan yang didapatkan akan digunakan untuk menghitung besar *head loss mayor* dan koefisien gesek yang terjadi.




Gambar 2 Skema Alat Ui *Head Loss Mayor*

Keterangan :

1. Pompa Air
2. *Bypass*
3. *Goble Valve*
4. Rotameter 20 sampai 150 LPM
5. Rotameter 1 sampai 11 LPM
6. *Differential Pressure*
7. Selang
8. *Shut Off Valve*
9. Pipa
10. Tangki Air
11. Pipa Penghubung Tangki

Fluida merupaka suatu zat yang tidak mampu menahan tekanan geser tanpa berubah bentuk. Perubahan bentuk pada fluida akan terjadi secara terus menerus apabila tegangan geser terus terjadi. Aliran fluida dibedakan menjadi 3 jenis yaitu laminar, tansisi, dan turbulen. Aliran dapat dikatakan laminar apabila memiliki bilangan Reynolds < 2300. Aliran dapat dikatakan transisi apabila memiliki bilangan *Reynolds* 2300<Re<4000. Sedaangkan aliran dapat dikatakan sebagai transisi apabila memiliki bilangan *Reynolds* >4000. Untuk menghitung bilangan *Reynolds* dapat menggunakan *persamaan 1.*

$$Re = \rho \frac{D.v}{\mu} \quad (1)$$

Kecepatan aliran fluida adalah besar kecepatan fluida untuk mengalir atau bergerak di dalam pipa persatuan luas. Adapun rumus dari kecapatan aliran fluida dapat dilihat pada persamaan 2.

$$v = \frac{Q\ .4}{\pi\ .D^2} \quad (2)$$

*Head loss mayor* adalah besar nilai kehilangan energi yang diakibatkan karenan adanya gesekan antara fluida dengan permukaan pipa yang dilewatinya. *Head loss mayor* terjadi pada pipa lurus yang memliliki luas penampang yang tidak berubah atau tetap. Untuk mencari nilai *Head loss mayor* dapat menggunakan persamaan menurut Darcy-Waisbach adalah :

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

Hubungan antara selisih tekanan dan Head Loss pada pipa mendatar :

$$h_l = \frac{\Delta P}{\rho\ .g} \quad (4)$$

Tingkat kekasaran yang ada pada pipa dinilai sebagai faktor gesekan yang terjadi pada fluida saat mengalir. Faktor yang mempengaruhi besar koefisien gesek yang terjadi pada fluida di dalam pipa saat mengalir adalah kecepatan karena kecepatan pada aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen berbeda. Berikut adalah beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk mencari nilai koefisien gesek :

Persamaan untuk mencari koefisien gesek menurut menurut Darcy-weisbach.

$$f = \frac{h_l\ .D\ .\ 2.g}{L\ .\ v^2} \quad (5)$$

Persamaan untuk mencari koefisien gesek pada kondisi aliran laminar menurut Moody.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (6)$$

Persamaan untuk mencari koefisien gesek pada kondisi aliran Laminar menurut Garcia dkk.

$$f = \frac{16}{Re} \quad (7)$$

Persamaan untuk mencari koefisien gesek pada kondisi aliran transisi menurut Colebrook & White.

$$f_T = \left[2{,}457\ ln\ \frac{1}{(\frac{7}{Re})^{0,9} + 0{,}27(\frac{\varepsilon}{D})}\right]^{-2} \quad (8)$$

Persamaan untuk mencari koefisien gesek pada kondisi aliran turbulen menggunakan pipa halus menurut Moody.

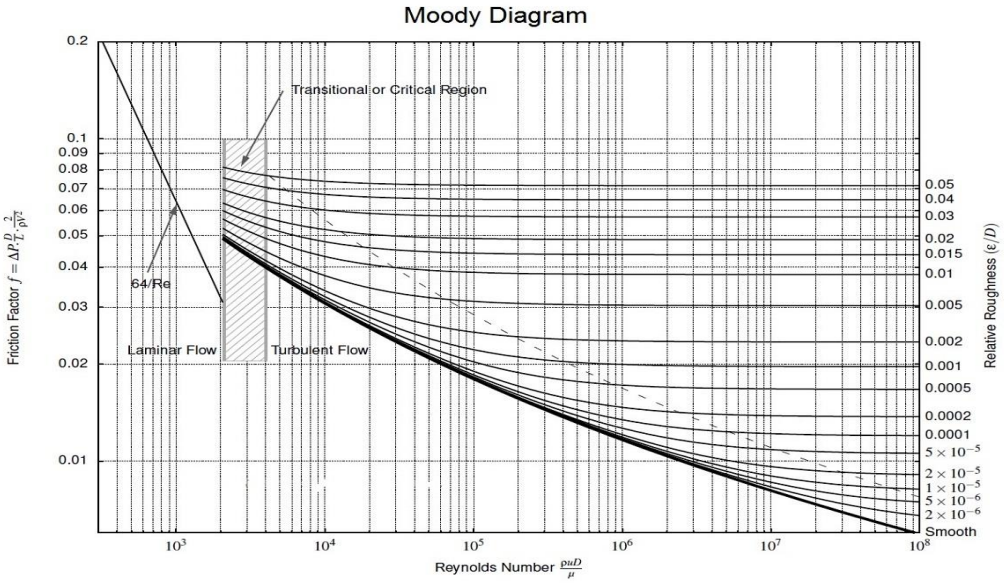
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.\log\{Re.\sqrt{f}\} - 0{,}8 \quad (10)$$

Keterangan :

- Q = Debit Aliran ($m^3/s$)
- $f$ = Koefisien gesek
- $h_l$ = *Head loss mayor* (m)
- Re = Angka *Reynolds*
- $\varepsilon$ = Kekasaran bahan (m)
- $\Delta P$ = Beda tekanan pada aliran masuk dan keluar (Pa)
- $D$ = Diameter pipa (m)
- $g$ = Percepatan gravitasi ($m/s^2$)

$L$ = Panjang (m)
$v$ = Kecepatan aliran fluida (m/s)
$\rho$ = Massa Jenis Fluida (kg/m³)

(Luwis F. Moody 1880-1953) telah mengembangkan hasil percobaan kedalam bentuk model matematika dan telah berhasil membuat sebuah grafik hubungan antara koefisien gesek dengan bilangan *Reynolds*.

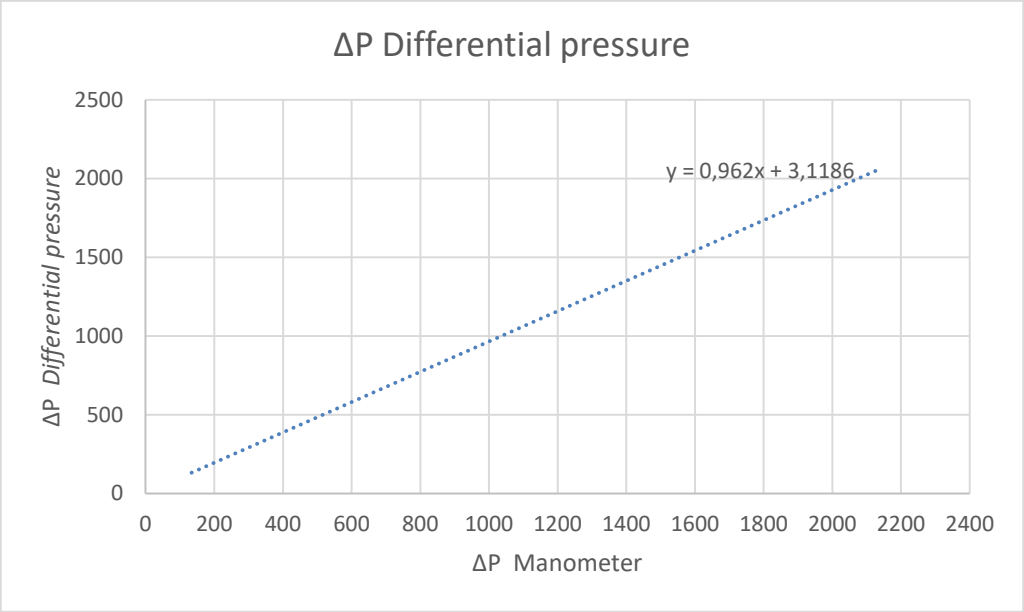



Gambar 3 Diagram Moody

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Table 1 Data Hasil Perhitungan Kalibrasi

| No. | Debit | | (ΔZ) Manometer Airaksa | | (ΔP) Differential Pressure | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (LPM) | ($m^3$/s) | (mm) | (Pa) | (InHg) | (Pa) |
| 1 | 7 | 0,000117 | 1 | 133,416 | 0,053 | 179,478 |
| 2 | 8 | 0,000133 | 2 | 266,832 | 0,084 | 284,456 |
| 3 | 9 | 0,000150 | 3 | 400,248 | 0,116 | 392,820 |
| 4 | 10 | 0,000167 | 4 | 533,664 | 0,141 | 477,480 |
| 5 | 11 | 0,000183 | 5 | 667,080 | 0,164 | 555,366 |
| 6 | 20 | 0,000333 | 11 | 1467,576 | 0,431 | 1459,530 |
| 7 | 22 | 0,000367 | 13 | 1734,408 | 0,504 | 1706,736 |
| 8 | 25 | 0,000417 | 16 | 2134,656 | 0,599 | 2028,442 |




Gambar 4. Grafik Kalibrasi *Differential Pressure Meter*

Pada gambar 4.1 diatas dapat dilihat kurva pada Δp menghasilkan persamaan untuk kalibrasi adalah y = 0,962x + 3,1186 yang mana variable "y" tersebut merupakan data Δp *differential pressure* sedangkan variable "x" merupakan data hasil kalibrasi sehingga persamaan untuk kalibrasi menjadi :

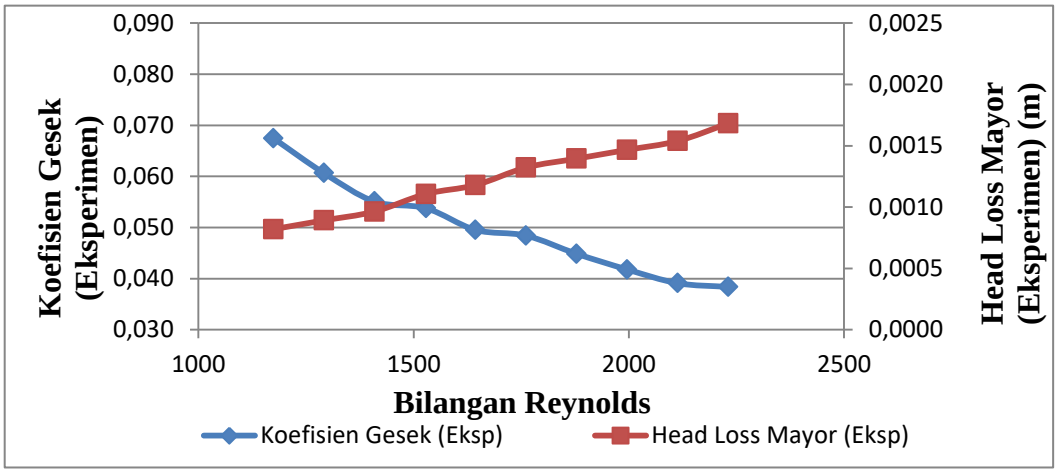
$$\Delta p_{Kalibrasi} = \frac{\Delta p_{Awal} - 3{,}1186}{0{,}962}$$

Table 2 Hasil Perhitungan *Head Loss Mayor*

| No | Re | Debit LPM | Hasil Perhitungan *Head loss Mayor* Eksperimen (Pa) | | | | | | Hasil Perhitungan *Head Loss Mayor* Teori (Pa) | | *Head Loss Mayor* untuk Pengecekan Kondisi | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Rata-rata | Moody | Garcia | Transisi | Turbulen |
| 1 | 1174,22 | 1 | $3{,}88 . 10^{-4}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $8{,}19 . 10^{-4}$ | $6{,}62 . 10^{-4}$ | $1{,}66 . 10^{-4}$ | $7{,}2 . 10^{-4}$ | $7{,}2 . 10^{-4}$ |
| 2 | 1291,63 | 1,1 | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $8{,}91 . 10^{-4}$ | $7{,}28 . 10^{-4}$ | $1{,}82 . 10^{-4}$ | $8{,}43 . 10^{-4}$ | $8{,}41 . 10^{-4}$ |
| 3 | 1409,06 | 1,2 | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $9{,}63 . 10^{-4}$ | $7{,}94 . 10^{-4}$ | $1{,}99 . 10^{-4}$ | $9{,}73 . 10^{-4}$ | $9{,}73 . 10^{-4}$ |
| 4 | 1528,83 | 1,3 | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $8{,}62 . 10^{-4}$ | $2{,}15 . 10^{-4}$ | $1{,}11 . 10^{-3}$ | $1{,}11 . 10^{-3}$ |
| 5 | 1643,9 | 1,4 | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}17 . 10^{-3}$ | $9{,}27 . 10^{-4}$ | $2{,}32 . 10^{-4}$ | $1{,}25 . 10^{-3}$ | $1{,}25 . 10^{-3}$ |
| 6 | 1761,32 | 1,5 | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}32 . 10^{-3}$ | $9{,}93 . 10^{-4}$ | $2{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}41 . 10^{-3}$ | $1{,}41 . 10^{-3}$ |
| 7 | 1878,75 | 1,6 | $1{,}82 . 10^{-3}$ | $1{,}82 . 10^{-3}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $7{,}48 . 10^{-4}$ | $1{,}39 . 10^{-3}$ | $1{,}05 . 10^{-3}$ | $2{,}65 . 10^{-4}$ | $1{,}57 . 10^{-3}$ | $1{,}56 . 10^{-3}$ |
| 8 | 1996,17 | 1,7 | $1{,}82 . 10^{-3}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}82 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}12 . 10^{-3}$ | $2{,}81 . 10^{-4}$ | $1{,}74 . 10^{-3}$ | $1{,}74 . 10^{-3}$ |
| 9 | 2113,59 | 1,8 | $2{,}18 . 10^{-3}$ | $1{,}82 . 10^{-3}$ | $1{,}46 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}53 . 10^{-3}$ | $1{,}19 . 10^{-3}$ | $2{,}98 . 10^{-4}$ | $1{,}91 . 10^{-3}$ | $1{,}91 . 10^{-3}$ |
| 10 | 2231,25 | 1,9 | $2{,}18 . 10^{-3}$ | $2{,}18 . 10^{-3}$ | $1{,}82 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}1 . 10^{-3}$ | $1{,}68 . 10^{-3}$ | $1{,}25 . 10^{-3}$ | $3{,}15 . 10^{-4}$ | $2{,}09 . 10^{-3}$ | $2{,}09 . 10^{-3}$ |

Table 3 Hasil Perhitungan Koefisien Gesek

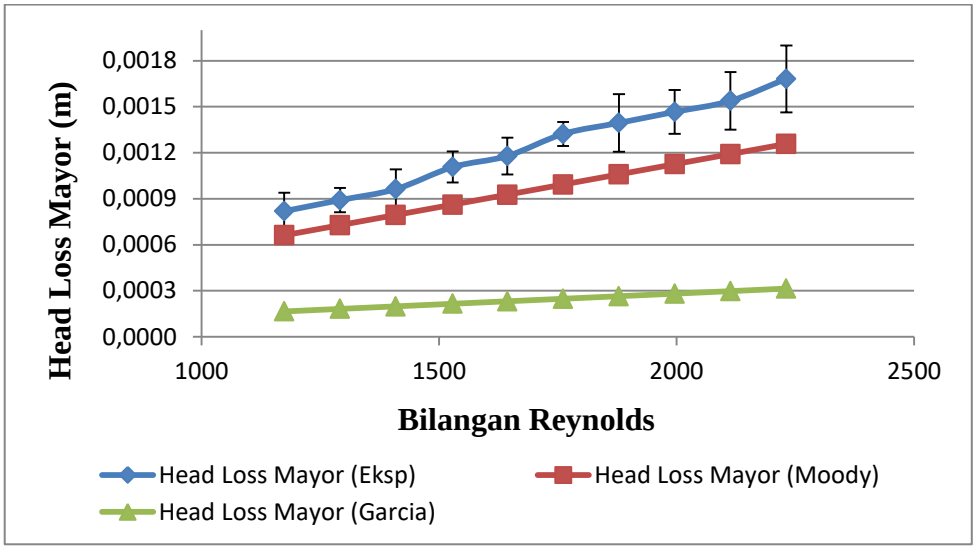
| No | Re | Debit LPM | Hasil Perhitungan Koefisien Gesek Eksperimen (Pa) | | | | | | Hasil Perhitungan Koefisien Gesek Teori (Pa) | | Koefisien Gesek untuk Pengecekan Kondisi | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Rata-rata | Moody | Garcia | Transisi | Turbulen |
| 1 | 1174,22 | 1 | $3{,}19 \cdot 10^{-2}$ | $9{,}11 \cdot 10^{-2}$ | $9{,}11 \cdot 10^{-2}$ | $6{,}15 \cdot 10^{-2}$ | $6{,}15 \cdot 10^{-2}$ | $6{,}7 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}45 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}36 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}9 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}9 \cdot 10^{-2}$ |
| 2 | 1291,63 | 1,1 | $5{,}09 \cdot 10^{-2}$ | $7{,}53 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}09 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}09 \cdot 10^{-2}$ | $7{,}53 \cdot 10^{-2}$ | $6{,}1 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}95 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}24 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}7 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}7 \cdot 10^{-2}$ |
| 3 | 1409,06 | 1,2 | $4{,}27 \cdot 10^{-2}$ | $8{,}39 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}27 \cdot 10^{-2}$ | $6{,}33 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}27 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}5 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}54 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}14 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}5 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}5 \cdot 10^{-2}$ |
| 4 | 1528,83 | 1,3 | $5{,}38 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}38 \cdot 10^{-2}$ | $7{,}12 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}38 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}63 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}4 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}19 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}05 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}4 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}4 \cdot 10^{-2}$ |
| 5 | 1643,9 | 1,4 | $6{,}16 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}14 \cdot 10^{-2}$ | $6{,}16 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}65 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}65 \cdot 10^{-2}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}89 \cdot 10^{-2}$ | $9{,}7 \cdot 10^{-3}$ | $5{,}2 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}2 \cdot 10^{-2}$ |
| 6 | 1761,32 | 1,5 | $5{,}37 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}37 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}05 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}05 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}37 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}8 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}63 \cdot 10^{-2}$ | $9{,}1 \cdot 10^{-3}$ | $5{,}1 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}1 \cdot 10^{-2}$ |
| 7 | 1878,75 | 1,6 | $5{,}87 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}87 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}72 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}56 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}4 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}5 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}41 \cdot 10^{-2}$ | $8{,}5 \cdot 10^{-3}$ | $5{,}05 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}04 \cdot 10^{-2}$ |
| 8 | 1996,17 | 1,7 | $5{,}20 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}18 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}20 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}15 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}15 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}2 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}21 \cdot 10^{-2}$ | $8{,}0$ Chart Area | $\cdot 10^{-2}$ | $4{,}9 \cdot 10^{-2}$ |
| 9 | 2113,59 | 1,8 | $5{,}55 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}64 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}73 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}81 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}81 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}9 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}03 \cdot 10^{-2}$ | $7{,}6 \cdot 10^{-3}$ | $4{,}8 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}8 \cdot 10^{-2}$ |
| 10 | 2231,25 | 1,9 | $4{,}98 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}98 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}16 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}52 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}52 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}8 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}87 \cdot 10^{-2}$ | $7{,}2 \cdot 10^{-3}$ | $4{,}7 \cdot 10^{-2}$ | $4{,}7 \cdot 10^{-2}$ |




Gambar 3 Grafik Perbandingan *Head Loss Mayor* Eksperimen dan *f* EksperimenTerhadap Angka *Reynolds.*

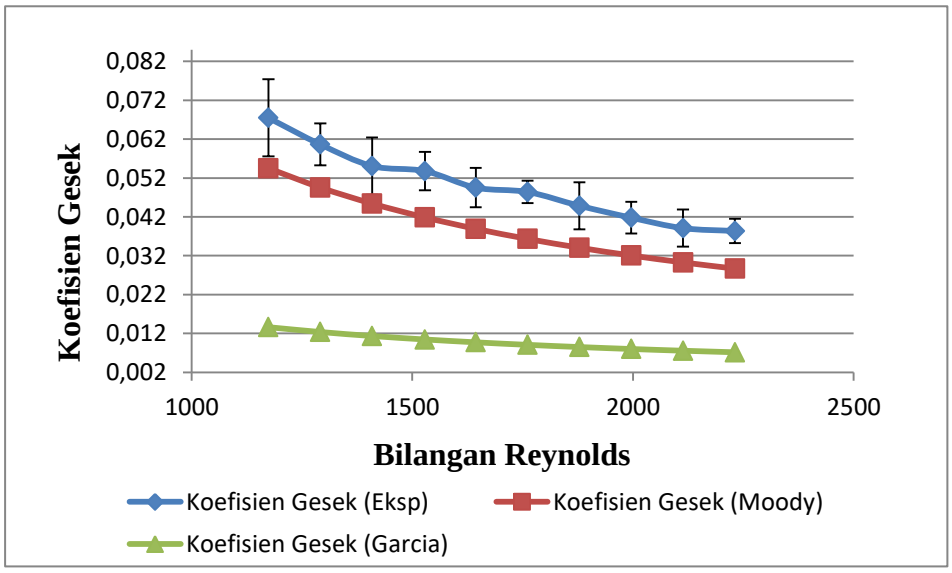
Pada grafik hubungan antara koefisien gesek eksperimen dan *head loss mayor* eksperimen dapat dilihat pada gambar 4. Pada grafik *head loss mayor* berbanding lurus dengan kecepatan aliran fluida yang terjadi dan angka *Reynolds* ketika terus meningkatnya kecepatan fluida dan angka Reynolds maka nilai dari head loss mayor juga terus meningkat. Pada grafik diatas berbanding terbalik dengan koefisien gesek yang terjadi, apabila *head loss mayor* berbanding lurus sedangkan koefisien gesek berbanding terbalik, ketika terus meningkatnya kecepatan fluida dan angka Reynolds maka nilai koefisien gesek yang terjadi akan menurun. Pada grafik koefisien gesek, titik 3 ke-4 dan titik 4 ke- 5, mengalami penurunan hanya saja grafik menjadi tidak menurun secara siginifikan tetapi grafik menjadi gelombang karena data f atau koefisien gesek pada titik 3 hingga 6 memiliki selisih yang konstan, berbeda dengan titik 1 hingga 3 yang memiliki selisih yang besar. Pada titik 3 ke-4 memiliki selisih f = 0,001 sedangkan titik 4 ke-5 mengalami kenaikan selisih yaitu 0,004 sehingga grafik menjadi naik, dan ketika menuju titik 5 ke-6 mengalami penurunan selisih yang sama yaitu 0,001, sehingga pada grafik berbentuk gelombang. Hasil eksperimen ini sesuai dengan Penelitian yang

dilakukan Everts dan Mayer (2018), Burger (2010), Garcia et al,. (2018), DRAAD et al,. (1998), Srivastava et al,. (2013), Chilton and Stainsby et al,. (1998), Tam dkk (2012), dan Heshmati dan Erturk (2016).




Gambar 4 Grafik Perbandingan *Head Loss Mayor* Eksperimen dan *Head Loss Mayor* Teori Terhadap Angka *Reynolds*

Pada grafik hubungan antara *head loss mayor* eksperimen dan *head loss* teori dapat dilihat bahwa antara grafik eksperimen dan teori sudah sama mengalami kenaikan seiiring dengan meningkatnya kecepatan fluida dan angka Reynolds. Pada grafik terlihat pada titik 3 ke-4 mengalami kenaikan yang cukup besar dan terjadi juga pada titik 4 ke-5 dikarenakan nilai selisih tekanan atau $\Delta p$ pada titik tersebut juga mengalami kenaikan yang cukup besar dibandingkan dengan titik lain. Dapat disimpulkan bahwa nilai *head loss mayor* eksperimen mengalami kenaikan yang menurut *head loss mayor* teori juga mengalami kenaikan walaupun pada *head loss mayor* eksperimen tidak selalu mengalami kenaikan yang signifikan, jadi sudah sesuai dengan *head loss mayor* teori.




Gambar 5 Grafik Perbandingan f Teori dan f Eksperimen Terhadap Angka *Reynolds*

Pada grafik hubungan antara koefisien gesek eksperimen dan koefisien gesek teori dari beberapa peneliti mengalami selisih berkisar 0,1 dengan nilai terkecil pada peneliti Garcia. Pada penelitian eksperimen yang dilakukan masih jauh dari nilai koefisien gesek teori dikarenakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur aliran laminar hanya mampu membaca ketelitian 0,001 sedangkan untuk laminar agar mampu untuk mendekati nilai yang dihasilkan oleh peneliti koefisien gesek menurut Moody maupun Garcia adalah 0,0001, sehingga pada waktu proses pengambilan data dikarenakan perubahan yang terjadi sangat kecil alat yang digunakan tidak mampu, akibatnya data yang diambil terdapat data yang sama antara percobaan 1 dengan yang lainnya. Pada proses pengambilan data terdapat data yang sama sehingga mengakibatkan selisih antara eksperimen dan teori juga menjadi besar selain itu adanya perbedaan juga dapat disebabkan aliran yang sulit berada dalam keadaan stedy ketika berubah menjadi aliran turbulen baru berada dalam keadaan stedy. Perbedaan yang terjadi antara eksperimen dan teori memang jauh tetapi grafik yang dihasilkan pada eksperimen dan teori sudah mengikuti yaitu grafik koefisien gesek yang dihasilkan menurun pada teori menurut Moody dan menurut Garcia. Pada eksperimen juga mengalami penurunan walaupun tidak signifikan mengalami penurunan. Koefisien gesek yang terkecil yang mampu diukur adalah 0,0383 yang terjadi pada Re = 2231,25, dan koefisien gesek terbesar yang mampu diukur adalah 0,0674 yang terjadi pada Re = 1174,22.

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Semakin besar debit aliran dan angka Reynolds yang diberikan maka semakin besar nilai *head loss mayor* yang dihasilkan. *Head loss mayor* yang terkecil yang dapat diukur adalah 81,9 . $10^{-4}$ m terjadi pada Re = 1174,22 sedangkan untuk *head loss mayor* terbesar yang mampu diukur adalah 1,68 . $10^{-3}$ m terjadi pada Re = 2231,25.
2. Semakin besar debit aliran dan angka Reynolds yang diberikan maka semakin kecil nilai koefisien gesek yang dihasilkan. Nilai koefisien gesek eksperimen terbesar pada aliran laminar yang mampu diukur adalah 0,067, pada Re = 1174,22 sedangkan untuk nilai koefisien gesek terkecil adalah 0,038, pada Re = 2231,25.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

Chen, J. J., & Ackland, A. D. (1990). Correlationof Laminar, Transitional And Turbulent Flow Friction Factor. *Water Engineer Group. Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2. University of Auckland : New Zealand*.

Chilton, R. A., & Stainsby, R. (1998). Pressure Loss Equations For Laminar And Turbulent Non-Newtonian Pipe Flow. *JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING*.

Draad, A. A., Kuiken, G. D., & Nieuwstadt, F. T. (1998). Laminar-turbulent transition in pipe flow for Newtonian and non-Newtonian fluids. *United Kingdom, Volume 377, pp. 267-312*.

Everts, M., & Meyer, J. P. (2017). Relationship Between Pressure Drop And Heat Transfer Of Developing And Fully Developed flow In Smooth Horizontal Circular Tubes In The Laminar, Transitional, Quasi-Turbulent And Turbulent flow Regimes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*.

García, J. P., García, A., Martín, R. H., & Solano, J. P. (2017). Experimental Correlations On Critical Reynolds Numbers And Friction Factor In Tubes With Wire-Coil Inserts In Laminar, Transitional And Low Turbulent flow Regimes. *Experimental Thermal and Fluid Science 91 (64-79).*

Helmizar. (2010). Studi Eksperimental Pengukuran Head Loss Mayor (Pipa PVC Diameter ¾ ") dan Head Loss Minor (Belokan Knee 90° Diameter ¾") Pada Sistem Instalasi Pipa. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Volume 1, No. 2*.

Karyono, I. Y. (2018). Analisa Aliran Berkembang. *Universitas Indonesia*.

Popie, C. O., Kozak, M., Małecka, J., & Michalak, A. (2013). Friction Factor For Transient Flow. *Journal of Fluids Engineering, Volume 135, Vol. 135*.

Popie, C. O., Kozak, M., Małecka, J., & Michalak, A. (2013). Friction Factor For Transient Flow. *Journal of Fluids Engineering, Vol. 135*.

Pradhana, R. Y., & Widodo, E. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Tekan PVC Pada Pompa Aksial Untuk Kecepatan Gaya Dorong Air. *REM Jurnal, Volume 2, No. 1*.

Priyanto, E. S. (n.d.). Analisa Aliran Fluida Pada Pipa Acrylic Diameter12,7 mm (0,5 Inci) dan 38,1 mm (1,5 Inci).

Ramba, E. A. (2016). *Analisa Pengaruh Perubahan Debit Terhadap Perubahan Penampang Pada Pipa*.

Sihite, A. P., & Nasution, A. H. (2013). Analisis Kerugian Head Pada Sistem Perpipaan Bahan Bakar HSD Pltu Sicanang Menggunakan Program Analisis Aliran Fluida. *Jurnal e-Dinamis, Volume 4, No. 4*.

Sutrisno. (2014). Kajian Teoritik dan Experimental Friction Factor pada Pipa Galvanish dengan Aliran Fluida Air Panas. *Politeknosains, VOL. XIII NO. 2*.

Wibowo, P. A. (2013). *Analisis Penurunan Head Losses Pada Belokan Pipa 180o dengan Variasi Non Tube Bandle, Tube Bandle 0,25 Inchi, dan Tube Bundle 0,5 Inchi.*