

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”  
**21 MEI 2016**

**PERBANDINGAN ANALISIS PRESSURE DROP PADA PIPA  
 LENGKUNG 90° DAN 135° MELALUI MODIFIKASI BAGAN MOODY  
 UNTUK LAJU ALIRAN**

**Muhammad Iqbal Sulthoni**

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember  
 iqbal.sulthoni@ymail.com

**ABSTRAK**

Aliran fluida dalam pipa akan mengalami penurunan tekanan atau pressure drop seiring dengan panjang pipa ataupun disebabkan oleh gesekan dengan permukaan saluran, dan juga ketika aliran melewati sambungan pipa, belokan, katup, difusor, dan sebagainya. Tujuan penulisan artikel ini adalah menganalisis pengaruh sudut kelengkungan pipa terhadap pressure drop dalam sistem pipa melalui modifikasi bagan moody untuk laju aliran. Metode penelitian ini berupa eksperimen murni. Hasil analisis menyimpulkan bahwa pressure drop pada fitting elbow 135° (0,0002795527 m) lebih besar dari pada fitting elbow 90° (0,0001956547 m) dikarenakan pada fitting elbow 135° membutuhkan pipa sepanjang 1m untuk mencapai titik pada kedudukan 0,7 meter dari acuan dasar sistem, berbeda dengan fitting elbow 90° yang hanya membutuhkan pipa sepanjang 0,7 meter untuk mencapai kedudukan yang sama dari dasar acuan sistem. Hal ini menyebabkan adanya penurunan tekanan yang sangat signifikan karena perbedaan jarak tempuh tersebut

**Kata kunci:** *Pressure Drop, Bagan Moody*

**PENDAHULUAN**

Aliran zat cair nyata (riil) lebih rumit bila dibandingkan dengan aliran zat cair ideal. Definisi dari zat cair riil adalah zat cair yang mempunyai kekentalan (viscosity), sedangkan zat cair ideal adalah zat cair yang tidak mempunyai kekentalan. (Streeter, 1985:110)

Kekentalan adalah sifat pada zat cair untuk dapat menahan tegangan geser. Rapat massa dan berat jenis adalah sifat zat cair yang dapat ditentukan pada kondisi zat cair tersebut statis (diam), sedangkan

kekentalan,  $\mu$  ( $\mu$ ) adalah sifat zat cair yang hanya dapat dinyatakan pada kondisi dinamik. Pada zat cair yang bergerak, tegangan geser akan bekerja diantara lapisan-lapisan zat cair, dan menyebabkan kecepatan yang berbeda-beda pada lapisan-lapisan zat cair tersebut. Aliran zat cair riil juga disebut aliran viskos. (Kodoatie, 2002:45)

Penggunaan pipa banyak digunakan oleh umum, baik perusahaan-perusahaan sebagai pendistribusian air minum, minyak maupun gas bumi. Demikian juga

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”**  
**21 MEI 2016**

dengan kebutuhan air pada rumah tangga, penggunaan pipa ini paling banyak digunakan baik untuk penyaluran air bersih maupun sanitasi. dikarenakan pipa merupakan sarana pendistribusian fluida yang murah, memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang. Baik berpenampang lingkaran maupun kotak. Material pipa bermacam-macam, yaitu baja, plastik, PVC, tembaga, kuningan, acrylic, dan lain sebagainya.

Kebutuhan air yang harus dipenuhi akan menentukan tipe dan ukuran sistem distribusi jaringan pipa yang di inginkan. Bila tekanan rendah maka akan menimbulkan masalah dalam pendistribusian jaringan pipa. Namun bila tekanan terlalu besar akan menyebabkan kehilangan energi.

Fenomena-fenomena dalam fluida dan pendistribusiannya dapat dipelajari dalam ilmu fisika atau secara spesifik dapat di dalam dalam ilmu mekanika fluida dan perpipaian. Dan dalam pendistribusian air tersebut sering sekali dipakai sambungan pipa (*fittings*), pipa lengkung, maupun flange. Tetapi dalam pendistribusian fluida yang digunakan untuk membelokan arah aliran fluida dipakailah pipa lengkung ataupun *elbow*. (Kodoatie, 2002:56)

Pipa lengkung maupun *elbow* terdiri dari bermacam-macam klasifikasi, tergantung dari radius

lengkung, sudut lengkung, maupun ada atau tidaknya tangent. Pada dasarnya aliran fluida dalam pipa akan mengalami penurunan tekanan atau *pressure drop* seiring dengan panjang pipa ataupun disebabkan oleh gesekan dengan permukaan saluran, dan juga ketika aliran melewati sambungan pipa, belokan, katup, difusor, dan sebagainya. Dan pada semua pipa lengkung fluida akan mengalami *pressure drop*, tetapi yang menjadi catatan perbedaan besar *pressure drop* tersebut terhadap sudut kelengkungan dari *fitting* sistem pipa tersebut. Dan yang akan kami analisis ialah pada fitting dengan kelengkungan  $90^0$  dan  $135^0$ .

**METODE PENELITIAN****1. Peralatan yang digunakan**

- a. Spesifikasi pompa air SHIMIZU (PS-116 BIT)

Voltage/Hz  
:220/50

Kapasitas Maksimal  
:29 l/min

Daya Hisap  
: max 9 m

Ukuran pipa  
: 1" x 1" (25.4)

Daya Output Motor  
: 125 W

Konsumsi Arus Listrik:  
1.3 A

Head Max : 30 m  
RPM

: 2900

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”

**21 MEI 2016**

- b. Spesifikasi pipa wavin tipe AW  
 Pipa tekan : ¾ inch  
 Fitting elbow : 90<sup>0</sup> dan 135<sup>0</sup>
- c. Roll meter

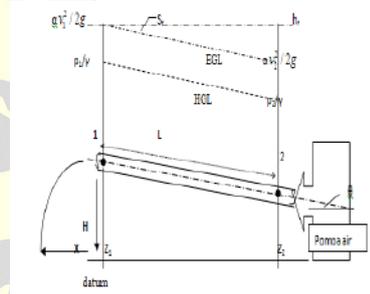
Pipa hisap : 1 inch

- e. Mencatat pada tabel percobaan
- f. Menganalisis data hasil percobaan

**2. Prosedur pengujian**

- a. Mempersiapkan alat penelitian
- b. Menghidupkan pompa air
- c. Mengatur debit masukan
- d. Mengamati jarak keluaran air pada fitting elbow 90 dan 135

**3. Desain alat penelitian**



**4. Teknik analisis data**

**Tabel 2.1.** Tabel penyajian data untuk pressure drop pada pipa lengkung 135<sup>0</sup>.

| fitting elbow 135 <sup>0</sup> | X | V | Re <sub>d</sub> | f | A | H <sub>f</sub> |
|--------------------------------|---|---|-----------------|---|---|----------------|
| Pengukuran I                   |   |   |                 |   |   |                |
| Pengukuran II                  |   |   |                 |   |   |                |
| Pengukuran III                 |   |   |                 |   |   |                |

**Tabel 2.2.** Tabel penyajian data untuk pressure drop pada pipa lengkung 90<sup>0</sup>

| fitting elbow 90 <sup>0</sup> | X | V | Re <sub>d</sub> | f | α | H <sub>f</sub> |
|-------------------------------|---|---|-----------------|---|---|----------------|
| Pengukuran I                  |   |   |                 |   |   |                |
| Pengukuran II                 |   |   |                 |   |   |                |
| Pengukuran III                |   |   |                 |   |   |                |

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”

**21 MEI 2016**

Setelah melakukan pengukuran pada alat dan bahan maka diketahui :

1. Menghitung nilai kecepatan aliran ( $v$ )

$$V = \sqrt{\frac{X^2 2g}{4H}}$$

2. Menghitung nilai bilangan reynolds ( $Re_d$ )

$$V = \frac{v Re_d}{d}$$

3. Menghitung nilai  $f$

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{k/d}{3,7} + \frac{5,74}{Re_d^{0,9}} \right) \right]^2}$$

4. Menghitung nilai  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{1}{2} f Re_d^2$$

5. Menghitung kerugian tinggi-tekan karena gesekan

$$\alpha = \frac{gd^3 h_f}{Lv^2}$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada dasarnya penurunan energi tinggi tekan (*pressure drop*) dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu panjang pipa, diameter pipa, viskositas kinematik zat cair, percepatan gravitasi dan yang paling penting adalah perbedaan tekanan pada ujung-ujung pipa tersebut. Untuk mengetahui perbedaan tekanan pada sistem pipa digunakan modifikasi bagan moody untuk laju aliran agar perhitungan matematisnya lebih mudah.

Aliran fluida (air) didalam pipa digolongkan menjadi tiga jenis, 1.laminer, 2.transisi, 3.turbulen. Analisis untuk mencari nilai *pressure drop* dari ketiga jenis aliran tersebut sangat berbeda tergantung dari bilangan reynolds yang dihasilkan

dari sistem aliran tersebut. Bilangan Reynold adalah bilangan yang tidak mempunyai dimensi, yang menyatakan perbandingan gaya-gaya inersia terhadap gaya-gaya kekentalan. Percobaan yang dilakukan pada tahun 1884 oleh Osborn Reynolds dapat menunjukkan sifat-sifat aliran laminar dan turbulen. Dalam aliran laminar partikel-partikel zat cair bergerak di sepanjang lintasan-lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan atau laminae. Besarnya kecepatan-kecepatan dari laminae yang berdekatan tidak sama. Aliran laminar diatur oleh hukum yang menghubungkan tegangan geser ke laju perubahan bentuk sudut, yaitu hasil kali kekentalan zat cair dan gradien kecepatan atau

$$\tau = \mu dv/dy \quad (1)$$

Kekentalan zat cair tersebut dominan dan oleh karenanya mencegah setiap kecenderungan menuju ke kondisi turbulen. Sedangkan Dalam aliran turbulen partikel - partikel bergerak tidak teratur ke semua arah. Tegangan geser untuk aliran turbulen dapat dinyatakan sebagai

$$\tau = (\mu + \eta) \frac{dv}{dy} \quad (0-1)$$

dimana  $\eta$  (eta) = sebuah faktor yang tergantung pada rapat fluida dan gerakan fluida. Faktor pertama ( $\mu$ ) menyatakan efek - efek dari gerak viskos dan faktor kedua ( $\eta$ ) menyatakan efek - efek dari gerak turbulen. (Streeter, 1985:120)

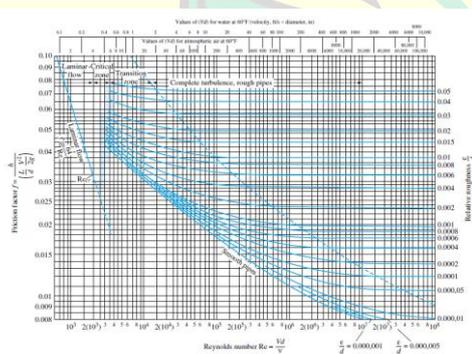
Untuk meliputi daerah kekasaran transisi, pada tahun 1939, Colebrook memadukan relasi dinding halus dan relasi kasar-

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016****“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”****21 MEI 2016**

sempurna menjadi suatu rumus interpolasi dengan cerdas. (Kodoatie, 2002:70)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

Ini merupakan rumus rancang-bangun yang diterima untuk gesekan bergolak. Rumus ini di grafikkan oleh Moody pada tahun 1944 menjadi sekarang apa yang dikenal dengan nama bagan Moody untuk gesekan pipa. Barangkali bagan Moody merupakan gambar yang paling terkenal dan berguna dalam mekanika fluida. Bagan ini seksama dengan toleransi ketelitian  $\pm 15\%$  untuk perhitungan rancang-bangun. Bagan tersebut dapat dipakai untuk aliran pipa yang bundar atau tidak bundar



**Gambar 1.** Bagan moody

Dan dapat pula dipakai untuk aliran saluran terbuka. Bahkan datanya dapat pula disesuaikan untuk memperoleh pendekatan untuk aliran lapisan batas (Streeter, 1985:129)

Bagian yang diarsir dalam bagan Moody menunjukkan daerah

transisi dari aliran berlapis ke aliran bergolak. Di daerah ini, bilangan Reynolds berkisar dalam selang  $2000 < Re < 4000$ , tidak ada faktor gesekan yang terandalkan. Perhatikan bahwa kurva kekasarannya mendatar di daerah kasar-sempurna disebelah kanan garis putus-putus. Dari hasil-hasil pengujian dengan pipa komersial, Moody memberikan nilai-nilai kekasaran rata-rata pipa, yang disajikan dalam tabel berikut ini.

**Tabel 1.1** Nilai-nilai kekasaran rata-rata Moody

| Bahan (dalam keadaan baru)     | $E$          |          |
|--------------------------------|--------------|----------|
|                                | Ft           | Mm       |
| Baja keling                    | 0,003-0,03   | 0,9-9,0  |
| Beton                          | 0,001-0,01   | 0,3-3,0  |
| Bilah tahang-kayu              | 0,0006-0,003 | 0,18-0,9 |
| Besi cor                       | 0,00085      | 0,26     |
| Besi bersalut-seng             | 0,0005       | 0,15     |
| Besi-cor beraspal              | 0,0004       | 0,12     |
| Baja komersial atau besi tempa | 0,00015      | 0,046    |
| Tabung/pipa tarik              | 0,000005     | 0,0015   |
| Kaca                           | “halus”      | “halus”  |

Bagan Moody dapat dipakai untuk memecahkan hampir setiap soal yang berhubungan dengan rugi gesekan, dalam aliran melalui pipa yang

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”**  
**21 MEI 2016**

panjang. Tetapi banyak soal semacam itu memerlukan pengulangan beberapa kali, dan perhitungannya dengan menggunakan bagan itu harus diulang-ulang karena bagan Moody yang standar pada dasarnya adalah bagan rerugi-hulu. Asumsinya ialah, bahwa semua peubah diketahui, lalu Red dihitung, kemudian masuk kedalam bagan untuk mendapatkan  $f$ , dan dari sini  $h_f$  dihitung. Berikut ini adalah soal pokok yang lazimnya kita jumpai dalam perhitungan aliran pipa :

1. Diketahui  $d$ ,  $L$ , dan  $V$  atau  $Q$ ,  $\rho$ ,  $\mu$ , dan  $g$ , harus ditentukan rerugi hulu  $h_f$
2. Diketahui  $d$ ,  $L$ ,  $h_f$ ,  $\rho$ ,  $\mu$  dan  $g$ , harus ditentukan kecepatan  $V$  atau laju aliran  $Q$
3. Diketahui  $Q$ ,  $L$ ,  $h_f$ ,  $\rho$ ,  $\mu$  dan  $g$ , harus ditentukan garis tengah  $d$  dari pipa

Misalkan kita menghadapi soal 2, jadi kecepatan tidak diketahui. Maka kita harus memisahkan  $V$  dari  $f$  atau  $Re_d$  buat lagi bagan Moody. Hasil kali  $f$  dan  $Re_d^2$  menyingkirkan kecepatan

$$\alpha = \frac{1}{2} f Re_d^2 = \frac{gd^3 h_f}{Lv^2}$$

Kita dapat memakai parameter  $e/d$  sebab  $d$  diketahui. Sekarang kita membuat grafik  $Re_d$  versus parameter baru yaitu  $\alpha$ , ini untuk berbagai nilai  $e/d$  dalam gambar (?). Dengan data yang diketahui kita dapat menghiung  $\alpha$  dan  $e/d$ , memakai bagan itu untuk mencari  $Re_d$ , dan dari ini menghitung kecepatan  $V$  dan laju aliran  $Q = \frac{\pi V d^2}{4}$ . Tidak ada iterasi apapun yang harus dilakukan.

Gambar grafik

$$\alpha = Re_d^2 \frac{f}{2} = \frac{gd^3 h_f}{Lv^2}$$

Bukan ini saja, tetapi bagan itu tidak benar-benar perlu, sebab bila  $\alpha$  dimasukkan ke dalam rumus colebrook, persamaan ?,

$$Re_d = -\sqrt{8} \alpha \log \left( \frac{e/d}{3,7} + \frac{2,51}{\sqrt{2\alpha}} \right)$$

Jadi perhitungan itu dapat dikerjakan segera, dan bagan terutama berfungsi untuk meyakinkan kita secara visual. Untuk aliran berlapis, rumus Hagen-Poiseuille  $f = \frac{64}{Re_d}$  diatur ulang menjadi.

$$Re_d = \frac{\alpha}{32}$$

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan data yang bisa disajikan ialah sebagai berikut

**Tabel 2.1.** Tabel penyajian data untuk pressure drop pada pipa lengkung 135°

| fitting elbow 135° | X<br>(cm) | V<br>(m/s) | $Re_d$ | f | $\alpha$ | $H_f$ (m) |
|--------------------|-----------|------------|--------|---|----------|-----------|
|--------------------|-----------|------------|--------|---|----------|-----------|

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”**  
**21 MEI 2016**

|                |      |       |                        |         |                           |              |
|----------------|------|-------|------------------------|---------|---------------------------|--------------|
| Pengukuran I   | 34.7 | 0,923 | $0.019692 \times 10^6$ | 33,9249 | $0.006588 \times 10^{12}$ | 0,0002795527 |
| Pengukuran II  | 34.6 | 0,923 | $0.019692 \times 10^6$ | 33,9249 | $0.006588 \times 10^{12}$ | 0,0002795527 |
| Pengukuran III | 34.7 | 0,923 | $0.019692 \times 10^6$ | 33,9249 | $0.006588 \times 10^{12}$ | 0,0002795527 |

Tabel 2.2. Tabel penyajian data untuk pressure drop pada pipa lengkung 90<sup>0</sup>

| fitting elbow90 <sup>0</sup> | X (cm) | V (m/s) | Re <sub>d</sub>        | f       | $\alpha$                   | H <sub>f</sub> (m) |
|------------------------------|--------|---------|------------------------|---------|----------------------------|--------------------|
| Pengukuran I                 | 3,46   | 0,917   | $0.019627 \times 10^6$ | 33,9847 | $0.0065876 \times 10^{12}$ | 0,0001956547       |
| Pengukuran II                | 3,46   | 0,917   | $0.019627 \times 10^6$ | 33,9847 | $0.0065876 \times 10^{12}$ | 0,0001956547       |
| Pengukuran III               | 3,46   | 0,917   | $0.019627 \times 10^6$ | 33,9847 | $0.0065876 \times 10^{12}$ | 0,0001956547       |

Pada tabel hasil percobaan diatas dapat dijelaskan bahwa untuk fitting elbow 135<sup>0</sup> memiliki nilai h<sub>f</sub> sebesar 0,0002795527 m, dan pada fitting elbow 90<sup>0</sup> bernilai 0,0001956547 m. Pressure drop pada fitting elbow 135<sup>0</sup> lebih besar dari pada fitting elbow 90<sup>0</sup> dikarenakan pada fitting elbow 135<sup>0</sup> membutuhkan kan pipa sepanjang 1m untuk mencapai titik pada kedudukan 0,7 meter dari acuan dasar sistem, berbeda dengan fitting elbow 90<sup>0</sup> yang hanya membutuhkan pipa sepanjang 0,7 meter untuk mencapai kedudukan yang sama dari dasar acuan sistem. Hal ini menyebabkan adanya penurunan tekanan yang sangat signifikan karena perbedaan jarak tempuh tersebut. Faktor gesekan dari pipa itu sendiri bisa diabaikan karena peneliti membuat dua sistem dengan jenis pipa yang sama (wavin AW ¾).

**KESIMPULAN**

Pressure drop pada fitting elbow 135<sup>0</sup> (0,0002795527 m) lebih besar dari pada fitting elbow 90<sup>0</sup> (0,0001956547 m) dikarenakan pada fitting elbow 135<sup>0</sup> membutuhkan kan pipa sepanjang 1m untuk mencapai titik pada kedudukan 0,7 meter dari acuan dasar sistem, berbeda dengan fitting elbow 90<sup>0</sup> yang hanya membutuhkan pipa sepanjang 0,7 meter untuk mencapai kedudukan yang sama dari dasar acuan sistem. Hal ini menyebabkan adanya penurunan tekanan yang sangat signifikan karena perbedaan jarak tempuh tersebut. Besarnya nilai tak berdimensi alfa juga terpengaruh karena adanya perbedaan reynolds number walaupun bernilai kecil. Kekasaran dari pipa itu sendiri bisa diabaikan karena peneliti membuat dua sistem dengan jenis pipa yang sama (wavin AW ¾).

**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”**  
**21 MEI 2016**

---

**DAFTAR PUSTAKA**

WHITE, F.M., Viscous Fluid Flow,  
 2nd Ed. MCGraw-Hill (1991)

BENEDICT, R. P., Fundamentals of  
 Pipe Flow, John Wiley and Sons(  
 1980)

KODOATIE, R. J., Hidrolika  
 Terapan -Aliran pada saluran  
 Terbuka dan Pipa, Penerbit Andi,  
 Yogyakarta, (2002) ., Fluid  
 Mechanics, 8th Edition,  
 McGrawHill(1985)

DHAIT, G., Finite Element  
 Modeling of Fluids in  
 Computational Fluid Dynamics,  
 Lecture Series 1992-04, from  
 Karman Institute for Fluid  
 Dynamics(1992).

CONNOR, J.J., BREBIA, C.A.,  
 Finite Element Techniques for  
 Fluid Flow, Newnes-  
 Butterworths, London (1976)

Raswari, Teknologi dan Perencanaan  
 Sistem Perpipaan,  
 Universitas Indonesia, Jakarta,  
 1987.

Munson, Bruce R., and Young,  
 Donald F., Mekanika Fluida,  
 Erlangga, Jakarta, 2005.

M. Olson, Reuben., and Wright,  
 Steven J., Dasar- Dasar Mekanika  
 Fluida Teknik, Gramedia Pustaka  
 Utama, Jakarta

STREETER, V.L., WYLIE, E.B  
 , 1993