

PENGARUH RUGI TINGGI TEKANAN TERHADAP VARIASI JENIS PIPA DENGAN KETINGGIAN YANG BERBEDA

Sri Suwasti¹⁾

Abstrak: penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh rugi tekanan terhadap bilangan Reynold dengan memvariasikan tinggi penempatan berbagai jenis pipa secara bergantian. Hasil analisis menunjukkan bahwa panjang saluran pipa relatif jauh/panjang maka kehilangan tinggi tekanan /head losses yang terjadi cenderung juga lebih besar sehingga sangat mempengaruhi jenis aliran, debit aliran, dan kecepatan aliran. Rugi tinggi tekanan terbesar terdapat pada pipa galvanis, hal ini sangat dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan dalam pipa tersebut.

Kata Kunci: Rugi tinggi tekanan, bilangan Reynold, material pipa, debit.

I. PENDAHULUAN

Fluida cair merupakan fluida yang sangat berpengaruh penting terhadap perkembangan teknologi. Sifatnya yang tak mampu mampat menyebabkan fluida ini adalah bahan dasar yang sangat potensial untuk dimanfaatkan. Penerapan dan pemanfaatan fluida cair sangat beragam, guna memenuhi kebutuhan pokok hingga tambahan. Oleh karena itu fluida cair adalah pembahasan yang tak akan pernah usai dalam perkembangan teknologi.

Sebagaimana kita ketahui bahwa fluida adalah sesuatu yang dapat mengalir dari tempat yang satu ke tempat lain. Proses pengalirannya membutuhkan sebuah sarana atau saluran, contohnya adalah pipa. Pada proses pengaliran fluida dalam saluran tersebut khususnya pipa terjadi beberapa fenomena diantaranya adalah hilangnya tekanan fluida akibat gaya gesek pipa, sehingga dapat ditentukan jenis aliran pada pipa tersebut.

Dalam mekanika fluida, **bilangan Reynolds** adalah rasio antara gaya inersia (v_{sp}) terhadap gaya viskos (μ/L) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen.

Bilangan Reynold merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan, seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain, untuk memberikan kriteria dalam menentukan *dynamic similitude*. Jika dua pola aliran yang mirip secara geometris, mungkin pada fluida yang berbeda dan laju alir

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

yang berbeda pula, memiliki nilai bilangan tak berdimensi yang relevan, keduanya disebut memiliki kemiripan dinamis.

Fluida dengan jenis air dipengaruhi oleh berat jenis, kerapatan dan kekentalan fluida. Kekentalan zat cair menyebabkan terbentuknya gaya-gaya geser antara dua elemen zat cair dan keberadaannya menyebabkan kehilangan tenaga selama pengaliran. Berdasarkan hukum Newton tentang kekentalan menyatakan bahwa tegangan geser antara dua partikel zat cair yang berdampingan adalah sebanding dengan perbedaan kecepatan dari kedua partikel (gradient kecepatan).

Aliran dalam Pipa Lurus

Pipa merupakan saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan penampang aliran penuh. Fluida yang dialirkan melalui pipa tersebut dapat berupa zat cair atau gas. Aliran fluida ada beberapa macam antara lain aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulente.

Menurut Reynolds ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan analisa aliran yaitu kekentalan zat cair (μ), rapat massa zat cair (ρ), dan diameter pipa (D). Kekasaran hanya berpengaruh pada aliran turbulente.

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran itu dinamakan laminar, transisi atau turbulente.

$$Re = \frac{VD \rho}{\mu} \quad (1)$$

Dimana:

- V = kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (m/s)
- D = adalah diameter dalam pipa (m)
- ρ = adalah masa jenis fluida (kg/m^3)
- μ = adalah viskositas dinamik fluida (kg/m.s) atau (N. det/ m^2)

Dilihat dari kecepatan aliran, menurut (Mr. Reynolds) diasumsikan/dikategorikan laminar bila aliran tersebut mempunyai bilangan Re kurang dari 2300, Untuk aliran transisi berada pada pada bilangan Re 2300 dan 4000 biasa juga disebut sebagai bilangan Reynolds kritis, sedangkan aliran turbulente mempunyai bilangan Re lebih dari 4000.

Viskositas

Viskositas fluida merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekularnya. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperatur hal ini disebabkan gaya-gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan berturunya viskositas dari zat cair tersebut.

Rapat jenis (density)

Density atau rapat jenis (ρ) suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam massa persatuan volume; sifat ini ditentukan dengan cara menghitung nisbah (ratio) massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut. Hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{dm}{dV} \text{ (kg / m}^3\text{)} \quad (2)$$

dimana:

m = adalah masa fluida (kg)
V = adalah volume fluida (m³)

nilai density dapat dipengaruhi oleh temperatur semakin tinggi temperatur maka kerapatan suatu fluida semakin berkurang karena disebabkan gaya kohesi dari molekul–molekul fluida semakin berkurang.

Debit Aliran

Debit aliran dipergunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada masing masing pipa eksperimen dimana rumus debit aliran

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Dimana:

Q = adalah debit aliran (m³/s)
v = adalah kecepatan aliran (m/s)
A = adalah luas penampang (m²)
V = adalah volume fluida (m³)

Koefisien Gesek

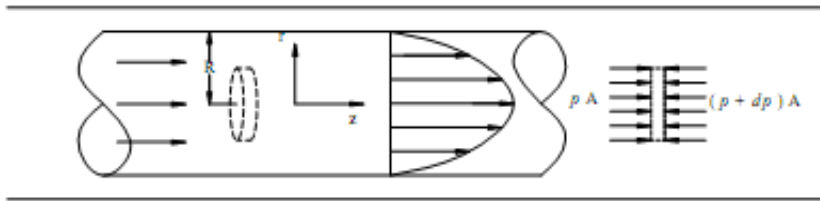
Koefisien gesek dipengaruhi oleh kecepatan, karena distribusi kecepatan pada aliran laminar dan aliran turbulen berbeda, maka koefisien gesek erbeda pula untuk masing–masing jenis aliran .

Pada aliran Laminar dalam pipa tertutup (closed conduits) mempunyai distribusi vektor kecepatan seperti pada gambar (1). Pada aliran laminar vektor kecepatan yang berlaku adalah kecepatan dalam arah z saja, sehingga analisa gaya Z adalah

$$pA + \tau dA_p - (p + dp) A = 0 \quad (4)$$

Dengan memasukkan nilai $A = \pi r^2$, maka didapat

$$\tau (2\pi r dz) - \pi r^2 dp = 0 \quad (5)$$



Gambar 1. Distribusi tegangan aliran laminar dalam pipa bulat

Jika aliran dianggap sebagai fluida Newtonian maka persamaannya menjadi:

$$\mu \frac{du}{dr} = \frac{r}{2} \left[\frac{dp}{dz} \right] \quad (6)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan tersebut didapat

$$u = \frac{r^2}{4\mu} \left[\frac{dp}{dz} \right] + C_1 \quad (7)$$

Dengan memasukkan $C_1 = -\frac{R^2}{4\mu} \left[\frac{dp}{dz} \right]$ dengan kondisi batas kondisi batas $u = 0$ dan $r = R$ maka

$$u = \frac{r^2}{4\mu} \left[\frac{dp}{dz} \right] - \frac{R^2}{4\mu} \left[\frac{dp}{dz} \right] = \frac{1}{4\mu} \left[\frac{dp}{dz} \right] (r^2 - R^2) \quad (8)$$

Dari persamaan kontinuitas didapat

$$Q = \int_A V \cdot dA = \int_0^R u 2\pi r dr = \int_0^R \frac{1}{4\mu} \left[\frac{dp}{dz} \right] (r^2 - R^2) 2\pi r dr$$

didalam aliran berkembang sempurna gradien tekanan (dp / dz) konstan, oleh karena itu $(p_2 - p_1) / L = -\Delta p / L$. Substitusikan kedalam pers.(9) maka debit

$$Q = -\frac{\pi R^4}{8\mu} \left[\frac{dp}{dz} \right] \quad (9)$$

Persamaan Darcy-Weisbach

$$Q = -\frac{\pi R^4}{8\mu} \left[\frac{-\Delta p}{L} \right] = \frac{\pi \Delta p R^4}{8\mu L} = \frac{\pi \Delta p D^4}{128\mu L} \quad (10)$$

$$\Delta h = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (11)$$

Substitusikan persamaan (10) dengan persamaan (11) maka didapat persamaan (12) dikenal dengan persamaan Hagen-Poiseulle dan berlaku untuk aliran laminar. Pada aliran turbulen persamaan koefisien gesek yang didapat berasal dari persamaan empiris Blassius,

$$f = \frac{64}{VD\rho/\mu} = \frac{64}{\text{Re}} \quad (12)$$

$$f = 0,316\text{Re}^{-4} \quad (13)$$

Persamaan diatas merupakan pendekatan fungsi gesekan terhadap fungsi kekasaran permukaan pipa dan fungsi bilangan Reynolds yang biasa dinyatakan dalam bentuk diagram Moody. Koefisien gesek yang umum digunakan dalam analisa adalah penurunan dari persamaan energi dan Hagen-Poiseulle.

$$\Delta p = \Delta p(D, L, e, v, \rho, \mu) \quad (14)$$

ditinjau dari persamaan energi yaitu,

$$\left[\frac{p_1}{\rho} + \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 \right] - \left[\frac{p_2}{\rho} + \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2 \right] = h_1 \quad (15)$$

Karena v_1 dan v_2 adalah sama dan pipa terletak secara horizontal maka nilai $z_1 = z_2$ maka didapat

$$h_1 = \frac{p_1 - p_2}{\rho} = \frac{\Delta p}{\rho} \quad (16)$$

dimana h_1 adalah nilai head losses yang terjadi.

Pada persamaan Hagen-Poiseulle didapat persamaan debit (Q) sebagai berikut

$$Q = \frac{\Delta P \pi D^4}{128 \mu L} \quad (17)$$

Dengan memasukan nilai Q dari persamaan kontinuitas yaitu $Q = A \cdot V$ dengan

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (18)$$

maka didapat,

$$\Delta P = 32 \frac{L \mu V}{D^2} \quad (19)$$

Kemudian dilanjutkan dengan memsubstitusikan Persamaan (16) kedalam persamaan (19) sehingga didapat,

$$h_1 = \left[64 \frac{\mu}{\rho V D} \right] \frac{LV^2}{2D} \quad (20)$$

Dimana nilai $f = 64 \frac{\mu}{\rho V D}$ merupakan fungsi koefisien gesek sehingga

$$f = \Delta h \frac{2 \cdot g \cdot D}{V^2 L} \quad (21)$$

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

B. Bahan dan Alat yang digunakan

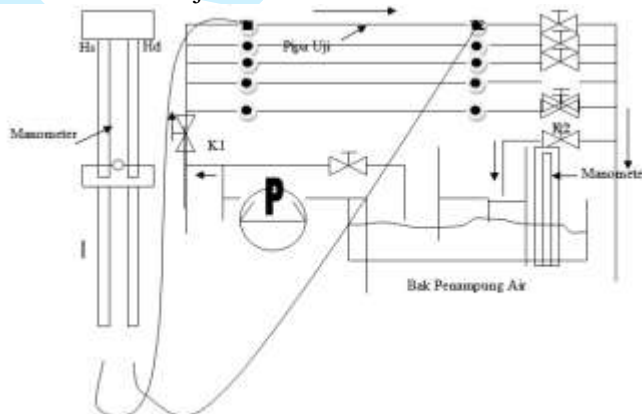
Fluida friction apparatus terdiri dari beberapa bahan pipa yang berbeda dan setiap pipa mempunyai diameter yang sama yakni 12.7 mm dan panjangnya 1000 mm.

- Pipa PVC
- Pipa Kuningan
- Pipa Tembaga
- Pipa Aluminium
- Pipa Galvanis
- Pompa
- Bak penampungan
- Pipa
- Stop watch
- Mistar Baja
- Jangka sorong
- Manometer

Bahan

- fluida yang digunakan pada alat ini adalah air.

C. Gambar Instalasi Alat Uji Head Losses



Gambar 2. Instalasi Alat Uji Head Losses

D. Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan semua peralatan yang diperlukan.
2. Membuka katup utama, K1 dan K2 secara penuh, menutup T1 dan T2 pada pipa uji.
3. Menjalankan pompa dan biarkan air mengalir agar sisa udara keluar.
4. Mematikan pompa sementara dan memasang selang pada T1 dan T2 untuk menghubungkan ke manometer.
5. Memastikan tidak ada sisa air dalam pipa uji, dengan cara membuka katup T1 dan T2 pada pipa uji. Kemudian menutup kembali katup T1 dan T2 setelah di pastikan tidak ada sisa air.
6. Menjalankan pompa, kemudian membuka T1 dan T2 pada pipa uji untuk memberi tekanan pada manometer (T1 dan T2 pada pipa lain yang belum diuji ditutup).
7. Mencatat waktu dan head (ketinggian) hingga pada volume yang telah ditentukan.
8. Mematikan pompa untuk mengakhiri percobaan pada data pertama pada pipa uji.
9. Mengulangi percobaan pada langkah 2 sampai 8 sebanyak 5 kali dengan mengatur katup K2.
10. Mengulangi percobaan diatas untuk pipa kuningan, pipa tembaga, pipa aluminium dan pipa galvanis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisa hasil percobaan maka dilakukanlah pengamatan dan pembahasan terhadap fenomena yang terjadi pada fluida yang mengalir dalam berbagai jenis pipa. Beberapa variabel dalam alat *head losses* menjadi aspek yang paling berpengaruh pada keadaan aliran fluida dalam pipa. Pertama adalah debit aliran, kedua adalah kecepatan aliran, ketiga viskositas fluida dalam pipa, keempat massa jenis fluida, dan posisi ketinggian pipa.

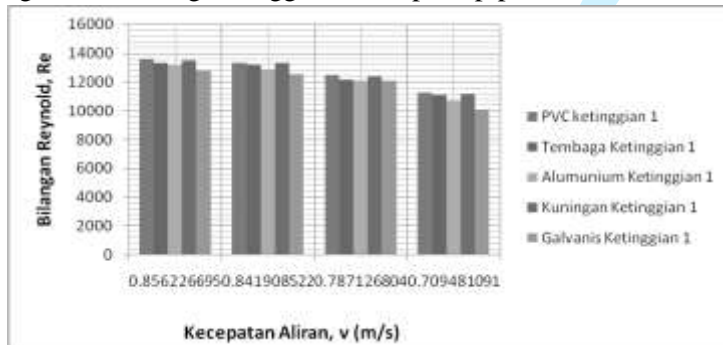
Apabila dikaji dari persamaan dasar debit aliran fluida (Q), yaitu perbandingan volume fluida terhadap waktu. Variabel yang paling berpengaruh dalam persamaan ini adalah volume dan waktu. Variabel volume dan waktu didapatkan pada proses pengambilan data, apabila luasan yang dilalui fluida bervariasi maka secara otomatis waktu yang digunakan fluida untuk memenuhi suatu volume juga bervariasi.. Kecepatan aliran pada pipa seringkali fluktuatif atau bervariasi, salah satu penyebabnya adalah kekasaran permukaan pipa. Kekasaran permukaan pipa mengakibatkan terjadinya gesekan antara fluida yang mengalir pada pipa dengan faktor kekasaran pipa.

Tabel1. Faktor kekasaran berbagai jenis pipa

Material	$\epsilon = K$ (mm)
PVC	0,00152

Tembaga	0,00153
Alumunium	0,00155
Kuningan	0,00152
Galvanis	0,0152

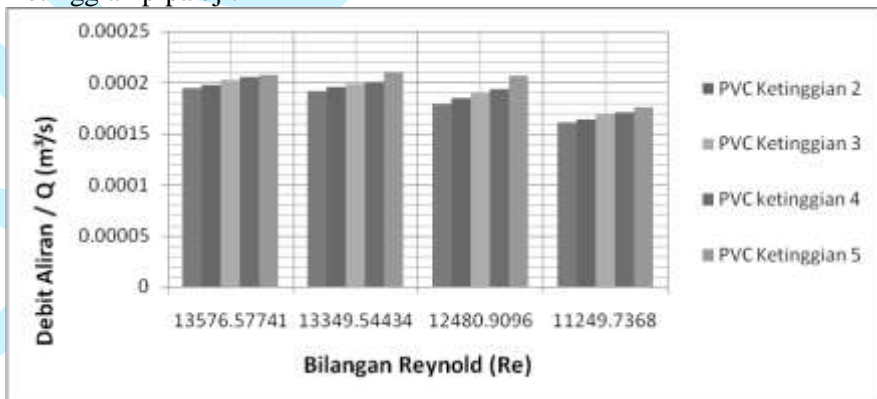
Berdasarkan hasil pengujian dan hasil percobaan di dapatkan hasil analisis yang menunjukkan perbedaan kecepatan dan bilangan Reynoldnya pada posisi ketinggian yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat / faktor kekasaran pipa sangat mempengaruhi kehilangan tinggi tekanan pada pipa / *head losses*.



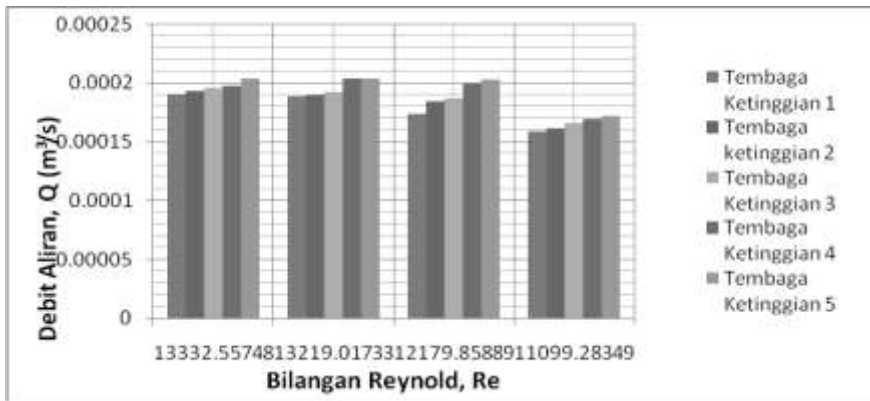
Gambar 3. Grafik Hubungan Bilangan Reynold dengan kecepatan aliran pipa untuk semua jenis pipa uji pada posisi ketinggian yang sama

Turbulensi aliran yang disebabkan oleh sambungan-sambungan pada instalasi pemipaan. Banyaknya sambungan yang berada pada sebuah instalasi pemipaan seringkali menyebabkan terjadinya turbulensi pada aliran sehingga *head losses* yang terjadi dalam aliran juga relatif lebih besar

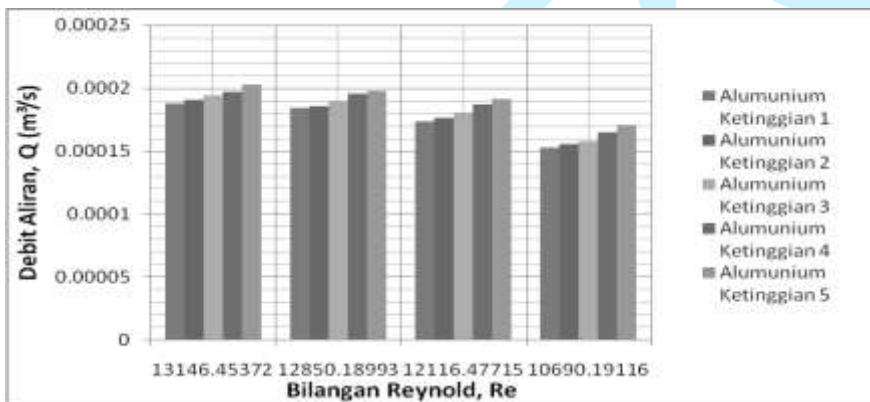
Berikut adalah data-data hasil percobaan terkait hubungannya dengan perbedaan ketinggian pipa uji.



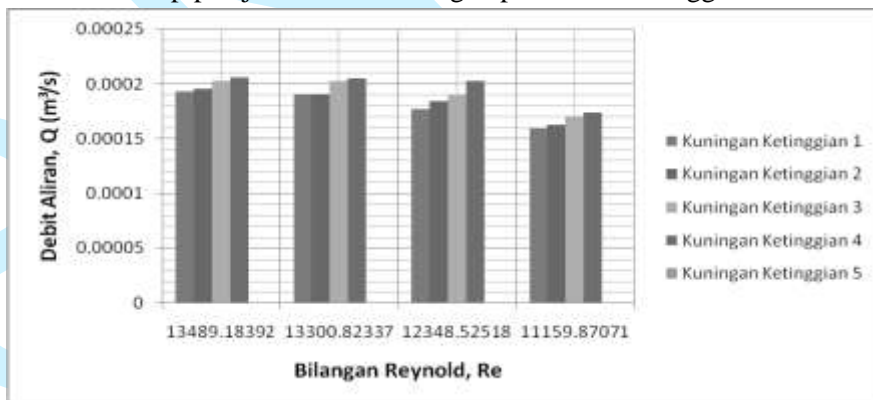
Gambar 4. Grafik hubungan antara debit aliran fluida dengan bilangan Reynold pada pipa uji PVC dengan perbedaan ketinggian



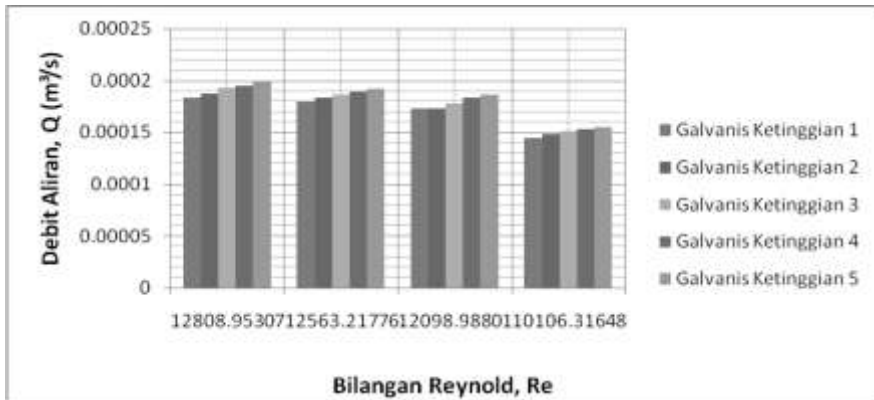
Gambar 5. Grafik hubungan antara debit aliran fluida dengan bilangan Reynold pada pipa uji tembaga dengan perbedaan ketinggian



Gambar 6. Grafik hubungan antara debit aliran fluida dengan bilangan Reynold pada pipa uji aluminium dengan perbedaan ketinggian.



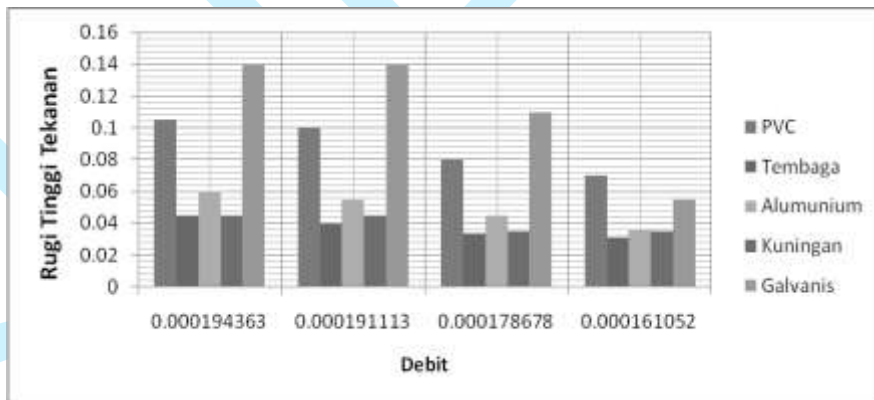
Gambar 7. Grafik hubungan antara debit aliran fluida dengan bilangan Reynold pada pipa uji kuningan dengan perbedaan ketinggian.



Gambar 8. Grafik hubungan antara debit aliran fluida dengan bilangan Reynold pada pipa uji galvanis dengan perbedaan ketinggian.

Secara keseluruhan gambar 3 sampai dengan gambar 8 Menunjukkan dengan jelas, pengaruh ketinggian pipa terhadap debit aliran fluida. Dari data-data dan grafik diatas menunjukkan posisi ketinggian kelima cenderung memiliki debit aliran yang relativ lebih besar. Hal ini disebabkan oleh panjang saluran yang dilalui oleh pipa itu berbeda. Apabila panjang saluran pipa relatif jauh/panjang maka kehilangan tinggi tekanan *head losses* yang terjadi cenderung juga lebih besar sehingga sangat mempengaruhi jenis aliran, debit aliran, dan kecepatan aliran.

Kemudian bagaimana dengan pipa uji terhadap pengaturan debit yang sama, berikut adalah grafik dan analisisnya.



Gambar 9. Grafik hubungan antara debit aliran fluida dengan Rugi Tinggi tekanan pada pipa uji dengan debit aliran yang sama

Dari grafik di atas dapat dilihat dengan jelas rugi tinggi tekanan (*head losses*) terbesar terdapat pada pipa galvanis, hal ini sangat dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan dalam pipa tersebut.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. panjang saluran pipa relatif jauh/panjang maka kehilangan tinggi tekanan */head losses* yang terjadi cenderung juga lebih besar sehingga sangat mempengaruhi jenis aliran, debit aliran, dan kecepatan aliran.
2. head terbesar terdapat pada pipa galvanis, hal ini sangat dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan dalam pipa tersebut.

B. Saran

Penelitian ini dapat menjadi informasi yang penting bagi akademisi secara khusus untuk meningkatkan pengetahuan tentang rugi tekanan yang terjadi pada berbagai jenis pipa dengan variasi tinggi pipa.

V. DAFTAR PUSTAKA

<http://coki.staff.gunadarma.ac.id>. Sistem Perpipaan dan Mesin-mesin Fluida. (diakses pada tanggal 4/8/2009).

<http://ft.unnes.ac.id>. Mata Kuliah Hidrolika I. (diakses pada tanggal 4/8/2009).

<http://Wikipedia.co.id>. Mekanika Fluida. (diakses pada tanggal 20/10/2009).

Reuben, M.Olson, dan Wright, Steven. J. 1993. *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik*. Oxvord: Erlangga

Munson, Bruce. R, Young, Donald. F, dan Okiishi, Theodore. H. 1997. *Fundamental Of Fluid Mechanics*. Ames, Iowa, USA: Erlangga

Welty J, R, W. Charles, R. Wilson, dan R. Gergory. 2000. *Dasar-Dasar Fenomena Transport*. New York: Erlangga