

FENOMENA KEHILANGAN ENERGI PADA PIPA MENGGUNAKAN PENDEKATAN MODEL FISIKA SKALA LABORATORIUM

Imam Suprayogi¹, Bochari², Joleha³, Amril⁴

ABSTRAK

Tujuan utama penelitian adalah melakukan kajian kehilangan energi pada pipa menggunakan pendekatan Model Fisik Skala Laboratorium guna penetapan grafik pola hubungan antara faktor gesek (f) terhadap Bilangan Reynolds (Re) serta grafik pola hubungan antara tinggi tekan (h) terhadap kecepatan aliran (v). Metode pendekatan yang digunakan adalah menggunakan model fisik skala laboratorium. Alat penelitian menggunakan *Pipe Friction Apparatus* yang dilengkapi *Hydraulic Bench* buatan *Armfield Inc*, Amerika Tahun 2006. Hasil utama penelitian membuktikan besaran hasil kehilangan energi dalam pipa (h_f) sangat dipengaruhi oleh parameter koefisien gesek (f), diameter pipa (D), panjang pipa (L) serta kecepatan aliran dalam pipa (v) dan jenis aliran dalam percobaan skala laboratorium adalah jenis aliran turbulensi.

Kata kunci: kehilangan energi, saluran pipa, skala laboratorium, pipe friction apparatus

ABSTRACT

*The main purpose of this research is doing a review of in-pipe energy loss using a laboratory-scale physical model approach to establish the graphic of relation pattern between friction factor (f) to Reynolds Numbers (Re) and also the graphic of relation pattern between pressure height (h) to the stream's velocity (v). This research used a laboratory-scale physical model approach. The instrument used was *Pipe Friction Apparatus* which equipped with *Hydraulic Bench* made by *Armfield Inc.*, USA in 2006. The main result proved that the amount of in-pipe energy loss (h_f) was highly influenced by the friction coefficient parameter (f), pipe diameter (D), pipe length (L) and also the velocity of in-pipe stream (v). The secondary result showed the type of stream in this laboratory-scale research was a turbulence one.*

Keywords: energy loss, pipe line, laboratory-scale, pipe friction apparatus

1. PENDAHULUAN

Sistem perpipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air. Sistem perpipaan adalah pengaliran pipa pembawa dan pipa pesat dari waduk ke turbin pembangkit listrik tenaga air, jaringan air minum di perkotaan, dan sebagainya.

Pengelolaan sumber daya air atau pengelolaan sumber - sumber air tidak akan lepas dari permasalahannya. Dikatakan oleh Suryadi (1986), pada pengelolaan sumber - sumber air ini dijumpai sejumlah besar kriteria - kriteria

berhubungan dengan kualitas dimana masing-masing kriteria berhubungan satu sama lain dan bersifat kompleks. Dengan adanya kriteria - kriteria yang kompleks inilah menjadi salah satu penyebab utama yang mendorong berkembangnya penggunaan model.

Di dunia teknik sipil model yang lazim dipergunakan sebagai alat bantu analisa adalah model fisik dan model matematik. Dikatakan Legowo (1998), pada model fisik, peniruan geometri dan fenomena fisik obyek yang akan dimodelkan dilakukan dengan cara membuat miniatur atau pengecilan ukuran menggunakan skala tertentu bagi fenomena yang akan diamati atau berpengaruh dominan pada proses yang

^{1,2,3}Teknik Sipil Universitas Riau

⁴Laboratorium Mekanika Fluida dan Plumbing Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau

diamati. Hasil pengamatan dan pengukuran pada model ini kemudian diterjemahkan untuk memperoleh gambaran mengenai besaran-besaran yang sesungguhnya terjadi atau akan terjadi pada prototip.

Masih menurut Legowo (1998), dalam model uji hidrolis, keunggulan model fisik dapat memberikan informasi lebih rinci pada titik-titik pusat perhatian pada pandangan tiga dimensi, disamping itu model fisik dapat mempresentasikan fenomena-fenomena yang belum pasti diketahui perumusannya. Dengan memanfaatkan keunggulan spesifik dari model fisik tersebut di atas, maka pada penelitian ini menitikberatkan fenomena kehilangan energi pada pipa menggunakan pendekatan model fisik skala laboratorium. Dari latar belakang penelitian tersebut di atas, maka tujuan utama dari penelitian adalah penetapan grafik pola hubungan antara faktor gesek (f) terhadap Bilangan Reynolds (Re) serta grafik pola hubungan antara tinggi tekan (h) terhadap kecepatan aliran (v).

Konsep Kehilangan Energi

Analisa momentum dasar dari aliran yang dikembangkan secara penuh untuk tabung yang lurus (*straight tube*) dari penampang melintang seragam (*uniform*) bahwa perbedaan tekanan ($p_1 - p_2$) antara dua poin dari tabung adalah karena efek viskositas (*fluid friction*). Prinsip dasar dari alat kehilangan energi tinggi tenaga yang hilang adalah proporsional dengan perbedaan tekanan (*loss*) adalah mengikuti Persamaan 1 sebagai berikut :

$$\Delta h = \frac{(p_1 - p_2)}{\rho \cdot g} \dots\dots\dots (1)$$

Faktor gesek (f) yang dihubungkan dengan tinggi tenaga yang hilang (Δh) menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut :

$$\Delta h = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

Penetapan kecepatan aliran mengikuti Persamaan 3 sebagai berikut :

$$v = \frac{4Q_t}{\pi D^2} \dots\dots\dots (3)$$

Hasil teori untuk aliran laminar adalah mengikuti Persamaan 4 sebagai berikut :

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan Re adalah bilangan Reynold dengan mengikuti Persamaan 5 sebagai berikut :

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \dots\dots\dots (5)$$

Untuk aliran turbulen jenis pipa halus berdasarkan kurva pencocokan terbaik dengan menggunakan data eksperimental mengikuti Persamaan 6 sebagai berikut :

$$f = 0.316 Re^{-0.25} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan $p_1 - p_2$ adalah perbedaan tekanan dalam t/m^2 , ρ adalah berat jenis air dalam t/m^3 , g adalah gaya gravitasi bumi dalam kg/m^2 , v adalah kecepatan rata - rata aliran dalam m/dt , L adalah panjang pipa dalam m , D adalah diameter pipa dalam m , Δh adalah pengukuran langsung menggunakan manometer yang terhubung dengan dua pencabangan bagian jarak L dalam m , Q_t adalah laju volume aliran dalam m^3/dt , ν adalah viskositas kinematik dalam m^2/dt Re adalah bilangan Reynold

3.BAHAN DAN METODE

Metode penelitian disusun berdasarkan latar belakang penelitian, identifikasi masalah, perumusan masalah serta tujuan utama dari penelitian.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Plumbing Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru. Waktu penelitian dilaksanakan pada tanggal 1 – 31 Mei 2013.

Alat – Alat Penunjang Kegiatan

Alat penelitian yang digunakan untuk percobaan kehilangan energi di pipa menggunakan *Pipe Friction Apparatus* dan *Hydraulic Bench* buatan *Armfield Inc*, Amerika Tahun 2006. *Pipe Friction Apparatus* selanjutnya disajikan seperti pada Gambar 1 seperti di bawah ini:



Gambar 2 .Pipe Friction Apparatus

Panjang Tes Pipa (L) : 0.500 m
 Diameter Tes Pipa (D) : 0.06 m
 Luas Penampang Tes Pipa (A) :
 0.003 m²

Perlengkapan alat pendukung yang lain adalah stop watch untuk menetapkan waktu untuk berbagai volume air di volumetric tank, Termometer untuk menetapkan suhu, alat untuk mengatur level dan alat silinder untuk mengatur laju aliran yang sangat rendah yang dikoneksikan dengan Hydraulic Bench. Alat Hydraulic Bench selanjutnya disajikan seperti pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Hydraulic Bench Apparatus

Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk kebutuhan penelitian adalah data primer yang terdiri dari data koleksi volume air (V) dalam lt, data waktu (t) dalam dt, data pengukuran suhu dalam °C, data

ketinggian inlet ke pipa tes dalam m dan data ketinggian outlet ke pipa tes dalam m

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengamatan di Laboratorium

Hasil Pengukuran Waktu Rata-rata untuk kondisi volume air konstan sebesar 20 lt yang diukur menggunakan alat bantu Hydraulic Bench. Untuk mendapatkan waktu rata - rata dilakukan percobaan sebanyak tiga kali percobaan yang hasil selengkapnya disajikan seperti pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hubungan antara Volume Air (lt) terhadap Waktu Rata – rata (menit)

No	Volume Air (lt)	Waktu Pengukuran t ₁ (menit)	Waktu Pengukuran t ₂ (menit)	Waktu Pengukuran t ₃ (menit)	Waktu Rata-rata (menit)
1	20	1.08	1.09	1.14	1.10
2	20	0.72	0.75	0.76	0.74
3	20	0.50	0.50	0.50	0.50

Sumber : Hasil Pengukuran di Lapangan Langkah selanjutnya dilakukan pengamatan ketinggian Inlet ke Pipa Tes (m) dan data ketinggian Outlet ke Pipa Tes (m) menggunakan pendekatan Pipe Friction Apparatus untuk mendapatkan hubungan antara ketinggian inlet (cm), ketinggian outlet (cm) dan beda ketinggian antara Inlet dan Outlet (cm) disajikan seperti pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hubungan antara Ketinggian Inlet (cm), Ketinggian Outlet (cm) dan Beda Ketinggian Antara Inlet dan Outlet (cm)

No	Ketinggian inlet ke pipa tes (cm)	ketinggian outlet ke pipa tes (cm)	Selisih Ketinggian inlet dan outlet pipa tes (cm)
1	81	84	3
2	82	84	4
3	80	82	2

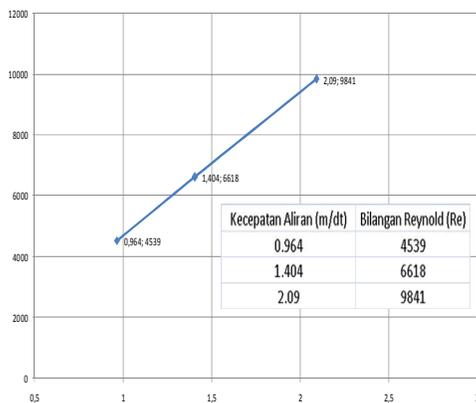
Sumber : Hasil Pengukuran di Lapangan

Langkah selanjutnya disajikan hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa untuk berbagai variasi perubahan waktu rata-rata pada kondisi debit air konstan yang bersumber dari hasil pengukuran Menggunakan *Hydraulic Bench* disajikan pada Tabel 3 seperti di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Laju Debit dan Kecepatan Aliran

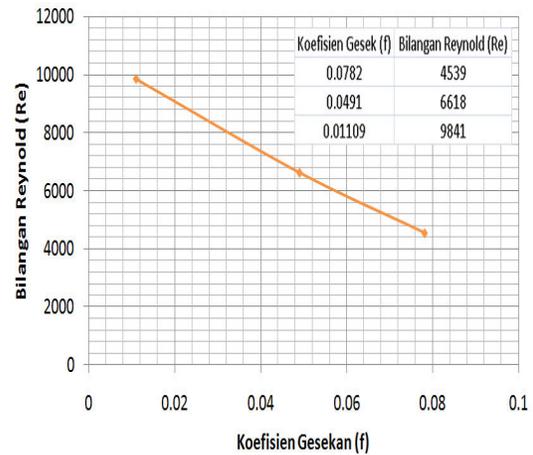
No	Volume Air (m ³)	Waktu (dtk)	Laju Debit (m ³ /dtk)	Kecepatan Aliran (m/dt)
1	0.00020	70	0.00030	0.964
2	0.00020	44.64	0.00045	1.404
3	0.00020	30.03	0.00067	2.09

Sumber : Hasil Perhitungan
Bersumber dari Persamaan 5 di atas, maka dapat dibuat grafik hubungan antara bilangan Reynold (Re) untuk berbagai variasi kecepatan aliran pada pipa yang merujuk dari Tabel 2 di atas, maka dapat disajikan seperti pada Gambar 3 di bawah ini.



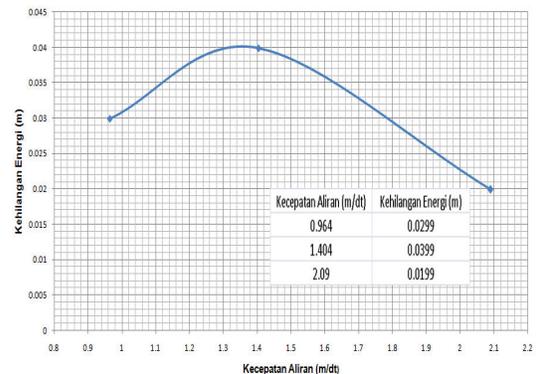
Sumber : Hasil Perhitungan
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Bilangan Reynold (Re) Untuk Berbagai Variasi Kecepatan Aliran Pada Pipa

Masih bersumber dari Persamaan 4 di atas, maka dapat dibuat grafik hubungan antara Koefisien Gesek (f) terhadap bilangan Reynold (Re) yang hasil selengkapnyanya disajikan seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Sumber : Hasil Perhitungan
Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Koefisien Gesek (f) pada Pipa terhadap Bilangan Reynolds (Re)

Masih bersumber dari Persamaan 2 di atas, maka dapat dibuat grafik hubungan antara kecepatan aliran pada pipa dengan diameter 0.06 m terhadap kehilangan energi yang hasil selengkapnyanya disajikan seperti pada Gambar 5 di bawah ini.



Sumber : Hasil Perhitungan
Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Aliran Pada Pipa Dengan Diameter 0.06 m Terhadap Kehilangan Energi

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian untuk percobaan Kajian Kehilangan Energi Pada Pipa Menggunakan Pendekatan Model Fisik Skala Laboratorium dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Bersumber dari hasil analisa di atas, maka merujuk nilai parameter Bilangan Reynold bahwa jenis aliran dalam percobaan skala laboratorium adalah Aliran Turbulen

2. Semakin kecil nilai koefisien gesek (f) maka memiliki kecenderungan Bilangan Reynold-nya semakin meningkat
3. Besaran hasil kehilangan energi dalam pipa (h_f) sangat dipengaruhi oleh parameter koefisien gesek (f), diameter pipa (D), panjang pipa (L) serta kecepatan aliran dalam pipa (v)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir Usman M Tang, MS selaku Ketua Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah berkenan memberi bantuan dana penelitian melalui dana BOPTN Universitas Riau Tahun 2013 untuk Kategori Penelitian Basis Laboratorium dan tak lupa kepada Ketua Laboratorium Mekanika Fluida dan Plumbing Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau yang telah berkenan memberi ijin penggunaan *Pipe Friction and Hydraulic Bench Apparatus* untuk keperluan pengambilan data primer, serta kepada Rafik Fajar Yunansyah, S.Psi, M.Si atas sumbang saran penyempurnaan dalam penulisan abstrak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.**2006. Instructional Mannual Pipe Friction Apparatus.USA :Armfield Inc.
- Anonim.**2006. Instructional Mannual Hydraulic Bench Apparatus.USA :Armfield Inc.
- Legowo, S.**1998.PengkajianPendangkalanMuara Sungai Di Pantai Utara PulauJawa Barat danRekayasaPemecahannya. Bandung : Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu (RUT III/3) Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Suryadi.**1986. Pengenalan Analisa Dengan Model Matematik Pada Masalah Air. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan No.2 Tahun,1-KW.II, Hal 3-6.

^{1,2,3}Teknik Sipil Universitas Riau

⁴Laboratorium Mekanika Fluida dan Plumbing Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau

