

FENOMENA PALU AIR (*WATER HAMMER*) MENGUNAKAN PENDEKATAN MODEL FISIK

Bochari¹, Joleha², Nurdin³, Amril⁴

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Riau, Pekanbaru 28293

⁴ Teknisi Laboratorium Mekanika Fluida dan Plumbing
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail : Boch007@yahoo.com

ABSTRAK

Pada sistem perpipaan satu masalah penting adalah masalah water hammer, ini disebabkan oleh adanya penutupan aliran secara tiba-tiba yang menyebabkan kenaikan tekanan air. Salah satu parameter yang berpengaruh terhadap tekanan tersebut adalah kecepatan aliran

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan aliran terhadap perubahan tekanan saat dilakukan penutupan katup secara mendadak, penelitian ini menggunakan alat tangki pendatar (surge tank). Metode penelitian yang dipergunakan pada penelitian ini, adalah model fisik skala laboratorium yang dikembangkan oleh Armfield UK tahun 2006.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kecepatan aliran akan meningkatkan cepat rambat gelombang dan tekanan water hammer. Pengaruh kecepatan aliran (v) terhadap tekanan (p) dan cepat rambat gelombang (v_c) ditunjukkan oleh persamaan regresi linier berikut ini

$$p = 683,7 v + 730,2 \text{ untuk titik 1}$$

$$p = 286,3 v + 963,1 \text{ untuk titik 2}$$

$$V_c = 4,97 v + 615,02$$

Kata Kunci : *kecepatan aliran, water hammer*

ABSTRACT

In piping system, one of the most problem is water hammer, it is caused by sudden closing gate, therefore high pressure fluctuation is occurred. One of parameters that affect pressure fluctuation is flow velocity.

In order to know it effect, research was conducted by using water hammer apparatus. Experiments were carried out in several flow velocity, parameter observed in water hammer were are wave height and creep velocity

Data shows that increasing flow velocity will raise both wave height and creep velocity. Mathematically, affect of flow velocity (v) on pressure (p) and creep velocity can be formulated by

$$p = 683,7 v + 730,2 \text{ untuk titik 1}$$

$$p = 286,3 v + 963,1 \text{ untuk titik 2}$$

$$V_c = 4,97 v + 615,02$$

Keywords : *flow velocity, water hammer*

1. PENDAHULUAN

Dalam saluran perpipaan permasalahan yang sering terjadi adalah terjadinya fluktuasi tekanan air akibat adanya penutupan aliran air yang terjadi secara mendadak. Perubahan aliran dari suatu keadaan tunak (*steady*) ke aliran tunak berikutnya, karena adanya penutupan dan pembukaan katup, selalu disertai dengan timbulnya tekanan, gelombang kecepatan dan besaran-besaran lain dikarenakan berubahnya tekanan, yang terjadi sesaat diseluruh jaringan pipa. Besarnya tekanan sesaat ini biasanya disebut *water hammer*, hal ini tergantung pada perubahan kecepatan aliran yang ditimbulkan.

Pada suatu perencanaan sistem pipa, kecepatan aliran dihitung berdasarkan kecepatan rata-rata disepanjang pipa yang berdiameter sama, dalam hal ini yang diperhatikan adalah debit aliran dan luas penampang pipa. Hubungan antara besarnya kecepatan rata-rata dengan kecepatan lokal yang mempengaruhi *water hammer* menjadi penting untuk diketahui.

Dari penelitian ini akan diketahui pola gelombang tekanan, durasi dan cepat rambat gelombang *water hammer* akibat perbedaan kecepatan aliran rata-rata. Dengan diketahuinya hal-hal tersebut maka diharapkan perencanaan saluran pipa dapat dilakukan dengan hasil yang lebih baik.

2. LANDASAN TEORI

Water Hammer

Diasumsikan sebuah pipa dengan sebuah katup berada pada ujungnya mengalirkan air dari sebuah tampungan. Jika sebuah katup ditutup dengan tiba-tiba, akan timbul tekanan dinamis di dalam yang disebut *water hammer*. Energi kinetik dari suatu pias air yang bergerak dalam pipa dikonversikan menjadi energi potensial dalam bentuk tekanan jika pias tersebut tiba-tiba berhenti karena penutupan katup. Energi kinetik yang hilang sama dengan energi tegangan yang didapatkan. Secara matematis dirumuskan

$$\frac{1}{2} \rho \frac{\pi}{4} d^2 L u^2 = \frac{1}{2} \frac{P^2}{K} \frac{\pi}{4} d^2 L \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- d = diameter pipa
- L = panjang Pipa
- P = tekanan
- u = kecepatan aliran
- ρ = berat jenis air
- K = konstanta

Persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi

$$P = U \sqrt{K \rho} \dots\dots\dots(2)$$

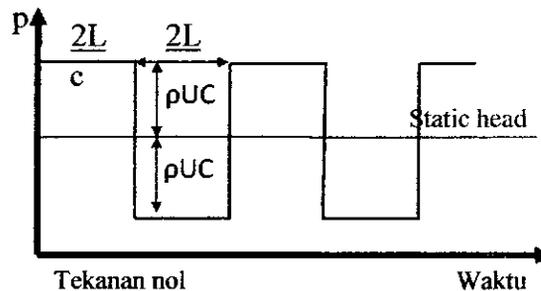
Kecepatan suara dipipa, c didefinisikan sebagai,

$$C = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \dots\dots\dots(3)$$

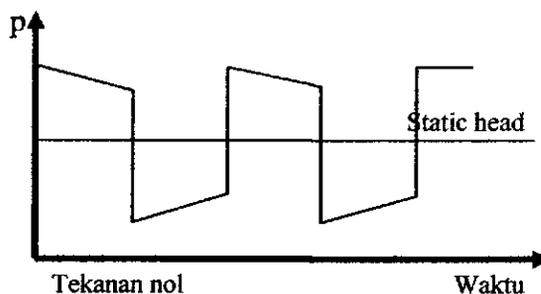
Sehingga didapatkan rumusan untuk tekanan p adalah :

$$P = U \sqrt{\rho C^2 \rho} = \rho U C \dots\dots\dots(4)$$

Kenaikan tekanan mendadak ini akan ditransmisikan dengan kecepatan suara dari tertutupnya katup di pipa menuju ke reservoir yang selanjutnya akan dikembalikan lagi ke arah katup. Kejadian ini akan berulang-ulang seperti diilustrasikan pada Gambar 1 dan Gambar 2



Gambar 1. Gelombang *water hammer* yang terjadi pada katup kondisi ideal



Gambar 2. Gelombang *water hammer* yang terjadi pada katup kondisi riil

Jika dilakukan pengukuran *water hammer* didua titik pada suatu pipa, ada

jeda waktu d/c antara tekanan yang terekam pada titik pertama dengan tekanan pada titik kedua, dengan d adalah jarak antar titik pengukuran. Maka pengukuran jeda waktu ini dapat digunakan untuk menentukan kecepatan suara di dalam air/pipa.

Perhitungan tekanan *water hammer* dapat didekati dengan pendekatan tekanan hidrostatik. Pada saat penutupan katup secara mendadak, terjadi kenaikan tekanan yang diindikasikan oleh kenaikan tinggi muka air ΔH yang dipengaruhi oleh kecepatan penutupan katup.

$$\Delta H = \frac{l \cdot dv}{g \cdot dt} \dots\dots\dots(5)$$

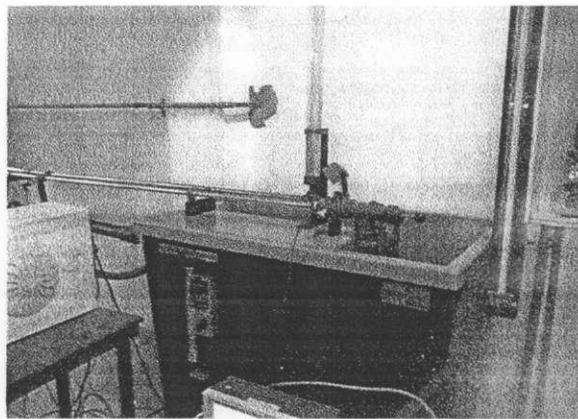
Dengan l = panjang pipa, g = percepatan gravitasi, dv = perubahan kecepatan aliran, dt = kecepatan penutupan katup.

Penambahan tekanan akibat *water hammer* selanjutnya dihitung dengan tekanan hidrostatik,

$$p = \gamma \cdot \Delta H \dots\dots\dots(6)$$

Alat – Alat Penunjang Kegiatan

Alat penelitian menggunakan alat pipa pendatar dan palu air (*pipe surge and water hammer apparatus*) buatan Armfield Inc, Amerika Tahun 2006. Alat tersebut disajikan pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 3 . Alat Pipa Pendatar (*Surge Tank Apparatus*)

Dengan a adalah penampang melintang dari pipa seluas $0.3204 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, A adalah penampang melintang dari tangki pendatar seluas $1.521 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ dan L adalah panjang dari pipa dengan panjang 3.0 m. Perlengkapan alat pendukung yang lain adalah *stop watch* untuk menetapkan waktu untuk berbagai volume air di *volumetric tank*.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk kebutuhan penelitian yang berjudul *Penomena Palu Air (Water Hammer)* Menggunakan Pendekatan Fisik adalah data primer pengukuran tinggi tekanan air (p) dan besar kecepatan aliran (m/dt)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Bersumber dari hasil penelitian di laboratorium menggunakan alat pipa pendatar (*pipe surge apparatus*),

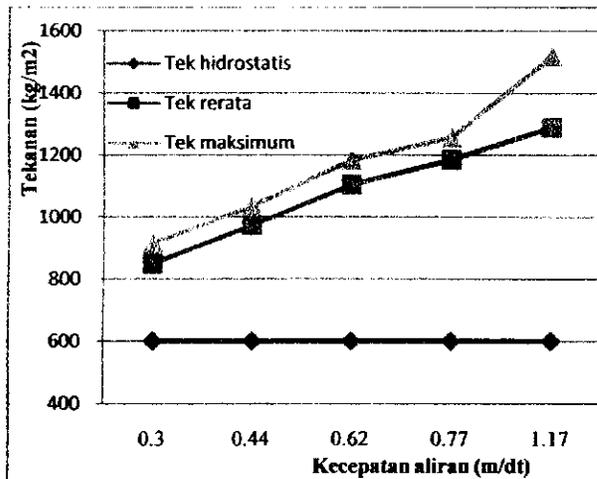
gelombang kedua relatif kecil sehingga tidak terdeteksi, selanjutnya dapat disajikan seperti pada Tabel 1 seperti di bawah ini.

Tabel 1. Profil tekanan *water hammer*

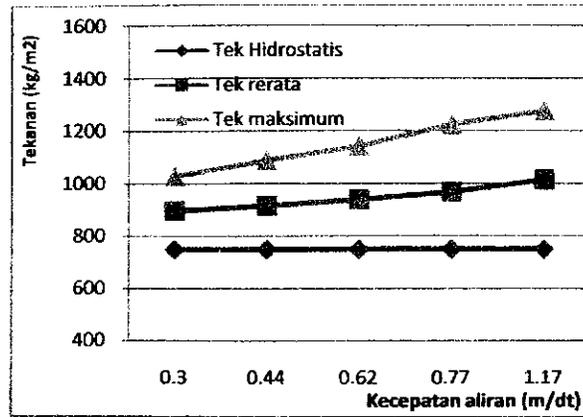
Profil Tekanan		Kecepatan Aliran (m/dt)				
		0.3	0.44	0.62	0.77	1.17
Titik 1	Th (kg/M ²)	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
	a (kg/m ²)	848,56	972,12	1104,34	1185,17	1289,67
	b (kg/m ²)	913,34	1034,59	1183,56	1257,65	1518,32
	c (dt)	0,0083	0,0083	0,0079	0,0079	0,0076
	d (dt)	-	-	-	-	-
Titik 2	Th (kg/M ²)	750	750	750	750	750
	a (kg/m ²)	897,29	917,05	938,65	968,45	1014,46
	b (kg/m ²)	1029,55	1089,51	1142,03	1223,43	1276,13
	c (dt)	0,0056	0,0057	0,0079	0,0082	0,0082
	d (dt)	-	-	-	-	-
Vc (m/dt)		134,12	143,22	161,53	153,72	153,72

Sumber : Hasil Pengukuran di Laboratorium

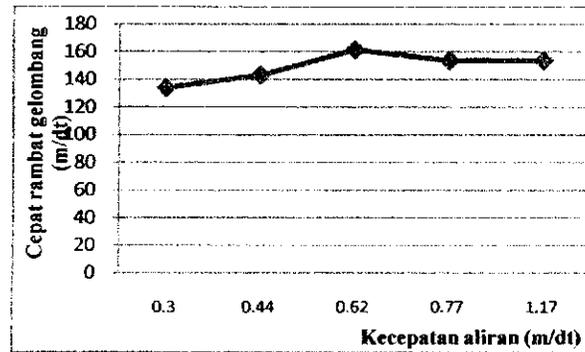
Grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap efek *water hammer* disajikan dalam berikut ini



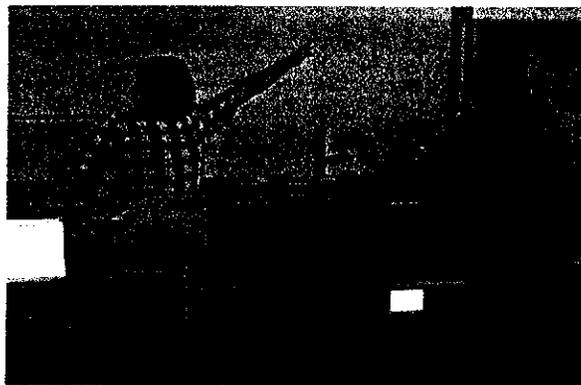
Gambar 4. Tekanan *water hammer* di titik 1 akibat perbedaan kecepatan aliran



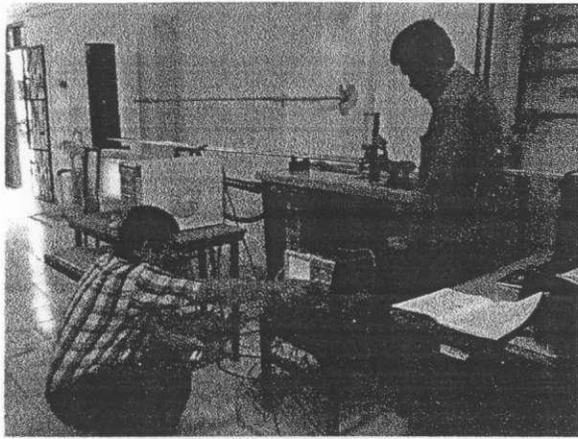
Gambar 5. Tekanan *water hammer* di titik 2 akibat perbedaan kecepatan aliran



Gambar 6. Cepat rambat gelombang *water hammer* akibat perbedaan kecepatan aliran



Gambar 7. Pelaksanaan penelitian



Gambar 7. Pelaksanaan penelitian

Pembahasan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan aliran maka akan meningkatkan besarnya tekanan dan cepat rambat gelombang *water hammer*. Profil tekanan *water hammer* yang terjadi dalam suatu diameter pipa yang seragam akan membentuk suatu pola gelombang tekanan tertentu yang tidak dipengaruhi kecepatan aliran. Perbedaannya hanya terletak pada besar dan panjang gelombang, jadi dengan adanya perbedaan tersebut akan memberikan perbedaan dalam hal besarnya nilai tekanan dan durasi waktu kejadian tekanan *water hammer* dari masing-masing kecepatan aliran.

Pengaruh yang diberikan oleh kecepatan aliran terhadap besarnya tekanan *water hammer* pada kedua titik, jika dirumuskan dengan persamaan regresi akan didapatkan persamaan sebagai berikut

$$p = 683.7 v + 730.2 \text{ untuk titik 1 (R}^2 = 0,99)$$

$$p = 286,3 v + 963,1 \text{ untuk titik 2 (R}^2 = 0,94)$$

Dengan

p = besar tekanan *water hammer* yang ditimbulkan (kg/m^2)

v = besarnya kecepatan aliran air dalam pipa (m/dt)

Selain itu cepat rambat gelombang juga dipengaruhi oleh besarnya kecepatan aliran, dimana semakin besar kecepatan aliran maka cepat rambat gelombang juga semakin besar. Pengaruh tersebut dapat diberikan dengan persamaan regresi sebagai berikut,

$$V_c = 4,97 v + 615,02$$

Dengan

V_c = besar cepat rambat gelombang tekanan yang ditimbulkan (m/dt)

v = besar kecepatan aliran dalam pipa (m/dt)

Kesimpulan

1. Tekanan yang terjadi pada *water hammer* dipengaruhi oleh besarnya kecepatan aliran air, pengaruh tersebut dirumuskan dengan persamaan regresi linier sebagai berikut

$$p = 683.7v + 730.2 \text{ titik 1 (R}^2 = 0,99)$$

$$p = 286,3 v + 963,1 \text{ titik 2 (R}^2 = 0,94)$$

2. Cepat rambat gelombang kejadian *water hammer* dipengaruhi oleh kecepatan aliran air, besar pengaruh tersebut

dirumuskan dengan persamaan regresi linier sebagai berikut

$$V_c = 4,97 v + 615,02$$

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. Instructional Manual Pipe Surge and Water Hammer Apparatus. USA : Armfield Inc.
- Dandekar, M.M dan Sharma, K.K. 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Kodoatie. R. 2003. Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa. Jogjakarta : Penerbit ANDI.
- Patty. O. P. 1994. Tenaga Air. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Sangkawati, S. 2005. Osilasi Dalam Tangki Pendatar (Surge Tank) Akibat Penutupan Turbin Secara Mendadak. Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil Volume 13, Nomor 2, Edisi XXXII Juni 2005, Semarang.
- Suryadi .1986. Pengenalan Analisa Dengan Model Matematik Pada Masalah Air. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan No.2 Tahun,1-KW.II.
- Tulis, P.J. 1989. Hydraulics of Pipeline, New York John Wiley & Son.
- Legowo, S.1998. Pengkajian Pendangkalan Muara Sungai Di Pantai Utara Pulau Jawa Barat dan Rekayasa Pemecahannya. Bandung : Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu (RUT III/3) Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung (ITB).