

# **ANALISA PENGARUH WATER HAMMER TERHADAPA PIPE STRESS JALUR PIPA AVTUR TERMINAL ISG TANJUNG PERAK–DPPU BANDARA JUANDA**

Gery Adam Wahyu P.<sup>1\*</sup>, Ir. Emie Santoso, M.T.<sup>2\*</sup>, Agus Priyo S, ST., M.T<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri  
Surabaya 60111

Email: [geryadamwp@gmail.com](mailto:geryadamwp@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [emie.santoso@gmail.com](mailto:emie.santoso@gmail.com)<sup>2\*</sup> [aguspriyo@gmail.com](mailto:aguspriyo@gmail.com)<sup>3\*</sup>

## **Abstrak**

Aplikasi dari sistem perpipaan untuk jalur fluida banyak kita jumpai pada dunia industri. Salah satu parameter yang harus diperhitungkan yaitu adalah fenomena Water Hammer pressure pada sistem perpipaan tersebut. Fenomena ini terjadi karena adanya kenaikan gelombang tekanan yang dapat menyebabkan nilai negatif. Dampak dari fenomena tersebut sangat bervariasi mulai dari timbulnya getaran sampai pecahnya dinding pipa akibat besarnya gelombang dan tekanan yang terjadi. Penelitian ini dilakukan untuk dapat mengetahui serta menentukan distribusi tekanan akibat water hammer, tegangan yang telah diprhitungkan akan di simulasikan dengan software caesar, serta memberikan solusi pada perusahaan agar mencegah terjadinya water hammer. Penelitian ini menunjukkan bahwa tekanan terbesar terjadi pada katub penutup, terjadi kenaikan tekanan sebesar 148,7 bar dari tekanan operasi sebesar 63,27 bar. Dan untuk mengurangi lonjakan tekanan tersebut digunakan akumulator dari pemodelan software pipenet. Hasil penelitian dengan software menunjukkan stress yang dihasilkan ketika terjadi efek water hammer sebesar 99514,2 KPa pada tekanan 148,7 bar. Setelah memakai akumulator dengan dimensi diameter 40 inch dengan tinggi 1 m didapatkan hasil tegangan menurun sebesar 29661,7 KPa pada tekanan 69,2 bar.

**Kata kunci** : CAESAR II, PIPENET, Stress, Water hammer

## **1. PENDAHULUAN**

Semakin berkembangnya dunia industri masak ini dalam berbagai sektor, menjadikan aplikasi sistem perpipaan didalamnya sangat dibutuhkan perannya, terutama dalam memindahkan fluida dari satu titik ke titik lain. Berbagai keuntungan didapatkan dari penerapan sistem perpipaan di dunia industri, salah satunya dalam sector distribusi yang dapat diandalkan dalam distribusi avtur dari ISG Pelabuhan Tanjung Perak yang akan mensuplai kebutuhan avtur dari maskapai penerbangan yang terdaftar di Bandar Udara Juanda. Keuntungan dari penggunaan sistem perpipaan ini membuat PT. PERTAMINA (PERSERO) menjadikan PT. BARATA INDONESIA sebagai kontraktor dalam realisasi projek pipanisasi Avtur dari Pelabuhan Tanjung Perak hingga Bandar Udara Juanda, dimana diharapkan dapat menambah efisiensi dari aktivitas distribusinya dibandingkan penggunaan *truckline* pada sistem pendistribusian Avtur sebelumnya.

Dalam distribusi avtur dari ISG pelabuhan tanjung perak menuju bandara juanda sangat dihindari terjadinya fenomena *waterhammer* karena apabila ini terjadi, maka akan menyebabkan pecahnya pipa yang berpengaruh pada sistem distribusi avtur tersebut. *Water hammer* adalah

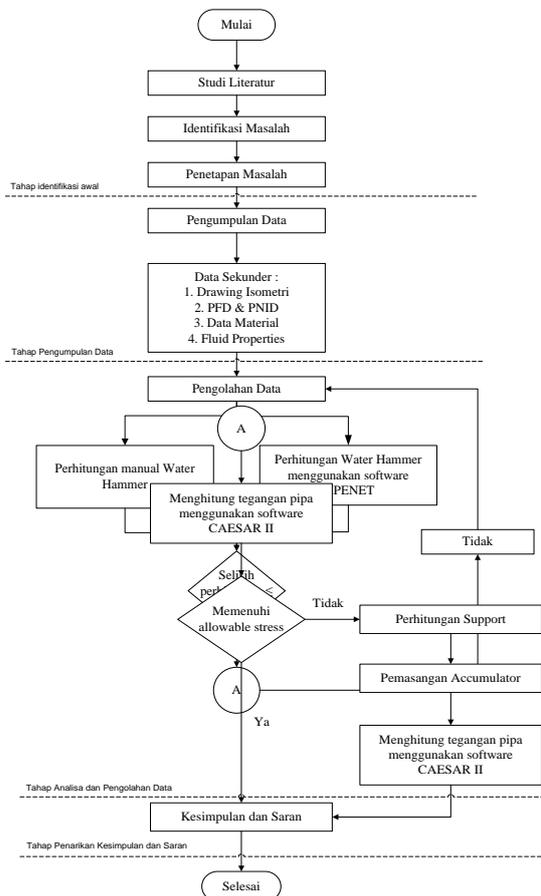
terjadinya kenaikan tekanan aliran fluida yang disebabkan oleh terhentinya atau dehtikannya aliran didalam pipa secara mendadak. Hal ini bias terjadi karena kesalahan operasional penutupan katup yang dilakukan secara mendadak. Oleh karena itu diperlukan adanya analisa potensi terjadinya water hammer akibat kesalahan operasional penutupan katup.

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui potensi terjadinya water hammer dan pengaruhnya terhadap nilai tegangan yang diterima pipa, sehingga dapat ditentukan metode penanggulangannya agar dapat meminimalisir kegagalan sistem distribusi avtur dari ISG Pelabuhan Tanjung Perak menuju Bandar Udara Juanda. Daerah yang menjadi focus utama dalam penelitian ini yaitu *line number* PRK-05-8” #600. Material yang digunakan adalah *API5LX42(PSL42); 4inch; schedule 40* Metode yang digunakan untuk menganalisa pengaruh *water hammer* terhadap kenaikan nilai *stress* pipa adalah

pendekatan pemodelan dan perhitungan dengan menggunakan *software* PIPE NET dan CAESAR II.

## 2.2 Metode Perhitungan Water Hammer

Berikut ini merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa water



hammer :

- Kecepatan Suara *Water Hammer*
- Penurunan kecepatan fluida
- Tekanan kejut
- Kenaikan tekanan saat terjadi *water hammer*

### 2.2.1 Kecepatan Suara Water Hammer

Persamaan berikut digunakan untuk menghitung kecepatan suara yang ditimbulkan oleh *water hammer* : (*Caesar II, 2014*)

$$a = \sqrt{\frac{\frac{K}{\rho}}{1 + \left(\frac{K}{E}\right) + \left(\frac{D}{e}\right)}} \dots \dots \dots 2.1$$

Keterangan:

a = kecepatan suara fluida (ft/s)

$\rho$  = massa jenis fluida (lb/ft<sup>3</sup>)

K = bulk modulus (psi)

E = modulus elastisitas material (psi)

e = tebal pipa (ft)

### 2.2.2 Penurunan kecepatan fluida

Persamaan yang digunakan ialah : (*Caesar II, 2014*)

$$\Delta V = \frac{m}{\rho \times A} \dots \dots \dots 2.2$$

Keterangan:

$\Delta v$  = penurunan kecepatan fluida (ft/s)

m = laju aliran massa (lb/s)

$\rho$  = masa jenis fluida (lb/ft<sup>3</sup>)

A = luas penampang pipa (ft<sup>2</sup>)

### 2.2.3 Tekanan kejut

Tekanan kejut karena penutupan katup secara tiba-tiba. Persamaan berikut untuk menghitung tekanan kejut yang terjadi saat *water hammer* muncul: (*Caesar II, 2014*)

$$\Delta \rho = \rho \times \alpha \times \Delta v \dots \dots \dots 2.3$$

Keterangan:

$\Delta v$  = penurunan kecepatan fluida (ft/s)

$\alpha$  = kecepatan suara fluida (ft/s)

$\Delta \rho$  = tekanan kejut (psi)

### 2.2.4 Kenaikan tekanan saat terjadi water hammer

Kenaikan tekanan saat *water hammer* dihitung menggunakan *software* Caesar II 2014

$$\Delta P = \text{tekanan normal} + \Delta \rho \dots \dots \dots 2.4$$

Keterangan:

$\Delta P$  = tekanan total

$\Delta \rho$  = tekanan kejut

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan kecepatan suara fluida

Kecepatan suara digunakan untuk perhitungan pada *software* pipenet. Perhitungan Kecepatan suara seperti dibawah berikut :

Massa jenis fluida ( $\rho$  fluida) : 830 kg/m<sup>3</sup>

Bulk modulus fluida (K) : 1,78 x 10<sup>5</sup> psi

Modulus elastisitas material (E) : 2,9 x 10<sup>7</sup> psi

D = 4,26 inch

e = 0.24 inch

$$\alpha = \sqrt{\frac{\frac{K}{\rho}}{1 + \left(\frac{K}{E}\right) + \left(\frac{D}{e}\right)}} =$$
$$\sqrt{\frac{\frac{1,78 \times 10^5 \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2} \times 144 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}^2} \times 32 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}m}{\text{s}^2 \cdot \text{lb}f}}{51,815 \frac{\text{lb}m}{\text{ft}^3}}}{1 + \left(\frac{1,78 \times 10^5 \text{psi}}{2,9 \times 10^7 \text{psi}}\right) + \left(\frac{4,26 \text{inc}}{0,24 \text{inc}}\right)}} =$$
$$\alpha = \sqrt{\frac{15819170,69 \frac{\text{ft}^2}{\text{s}^2}}{1,108}} = 3778,52 \frac{\text{ft}}{\text{s}}$$

### 3.1.1 Perhitungan Penurunan Kecepatan Fluida

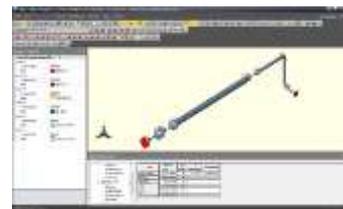
Penurunan kecepatan fluida dicari untuk mengetahui seberapa besar tekanan kejut akibat penutupan katup

Pada gambar 3.1 adalah sebuah output dari pemodelan *water hammer* dengan menggunakan software pipenet dimana pada gambar 3.1 menunjukkan maksimal pressure pada node 3 sebesar 148,7 bar dari tekanan awal sebesar 63,27 dimana lonjakan ini terjadi pada detik ke 5 dimana tekanan tersebut nantinya digunakan sebagai input pemodelan tegangan pada software caesar ii. Pada gambar 3.2 adalah sebuah output dari pemodelan akumulatordengan menggunakan software pipenet dimana pada gambar 3.2 menunjukkan maksimal pressure pada node 3 sebesar 69,2 bar dari tekanan water hammer sebesar 148,7 bar. Akumulator yang digunakan memiliki diensi diameter 40 inch dan tinggi 1 m, sehingga desain tersebut adalah desain paling optimal.

### 3.3 Hasil pemodelan software Caesar II



Gambar 3.3 Kenaikan tekanan water hammer



Gambar 3.4 Kenaikan tekanan water hammer

Pada gambar 3.4 menunjukan sebuah output dari pemodelan tegangandengan menggunakan software CAESAR II dimana pada gambar 4.3 menunjukan maksimal stress pada node 90 sebesar 99514,2 KPa, oleh karena itu perlu adanya peredam tekanan pada sistem untuk mengurangi tegangan pipa akibat water hammer menggunakan software pipenet . Pada gambar 4.4 menunjukan hasil pemodelan desain dengan menggunakan akumulator dan suport pada software caesar, nilai maksimal stres pada pipa terjadi pada node 100 sebesar 29661,7 KPa. Peletakan support berjarak 2,6 m dari discharge pompa.

### 4. Kesimpulan

Bedasarkan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan besarnya nilai tekanan saat terjadinya water hammer mengalami kenaikan tekanan yaitu dari 63,27 bar menjadi sebesar 142,7 bar.
2. Berdasarkan pemodelan menggunakan software PIPENET didapatkan hasil kenaikan tekanan sebesar 148,7 bar dan perhitungan manual sebesar 142,76 bar. Selisih antara hasil perhitungan manual dan software PIPENET didapatkan 3,99%.
3. Distribusi tegangan dari prmodelan software CAESAR II didapatkan tegangan maksimal sebesar 99514,2 KPa akibat terjadinya water hamer.
4. Dari pemodelan variasi akumulator didapatkan hasil terbaik penurunan tekanan

tekanan water hammer menjadi 69,2 bar, dengan dimensi akumulator diameter 40 inch dan tinggi 1 m.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Ibu Emie Santoso, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
3. Bapak Priyo Agus, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
4. Teman-teman seperjuangan teknik perpipaan angkatan tahun 2013 yang telah memberikan motivasi, warna kehidupan, dan kebersamaan.
7. Keluarga besar teknik perpipaan.

## 6. DAFTAR NOTASI

V	= kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (ft/s)
D	= diameter dalam pipa (ft)
$\rho$	= masa jenis fluida (lb/ft <sup>3</sup> )
$\mu$	= viskositas dinamik fluida (lb/ft.s)
m	= adalah masa fluida (lb)
V	= adalah volume fluida (ft <sup>3</sup> )
Q	= debit aliran (ft <sup>3</sup> /s)
V	= volume fluida (ft <sup>3</sup> )
T	= waktu (s)
a	= kecepatan suara fluida (ft/s)

$\rho$	= massa jenis fluida (lb/ft <sup>3</sup> )
K	= bulk modulus (psi)
E	= modulus elastisitas material (psi)
e	= tebal pipa (ft)
$\Delta v$	= penurunan kecepatan fluida (ft/s)
M	= laju aliran massa (lb/s)
$\rho$	= masa jenis fluida (lb/ft <sup>3</sup> )
A	= luas penampang pipa (ft <sup>2</sup> )
$\Delta v$	= penurunan kecepatan fluida (ft/s)
$\alpha$	= kecepatan suara fluida (ft/s)
$\Delta p$	= tekanan kejut (psi)

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. **ASME, (2010).** B31.3 *proces piping*. USA: The America Society of mechanical Engineer
2. **ASME, (2010).** B31.1 *Power Piping*. USA: The America Society of Mechanical Engineer
3. **Caesar II. (2014).** *User's Guides*. USA : Caesar II **Coade,(1992).** *Pipe stress analysis*. USA: Coade Cesar II
4. **Coade,(1992).** *Pipe stress analysis*. USA: Coade Cesar II
5. **P.E Sam Kannapan,(1985).** *Introduction to pipe strss analysis*
6. **Zaruba, Josef. (1993).** *Water hammer in Pipe-Line System*. Prague:Czechoslovak Academy of Sciences