

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dunia perindustrian, sistem jaringan perpipaan memiliki fungsi yang sangat penting dalam berjalannya sistem distribusi fluida maupun sistem produksi. Perencanaan instalasi pada tahapan awal merupakan aspek utama yang harus diprioritaskan secara keseluruhan untuk mengurangi risiko kegagalan pada sistem yang menyebabkan tidak berjalannya dengan optimal atau tidak berfungsi total (Wirandi dkk., 2024). Perencanaan yang didasari dengan data-data yang telah teruji pada komponen-komponen sistem seperti spesifikasi sistem pompa, perpipaan, atau proteksi sistem pada instalasi, dengan tujuan agar sistem dapat berfungsi secara optimal. Salah satu fenomena pada sistem perpipaan yang membahayakan dan umum terjadi adalah fenomena *water hammer* (Prasetya dkk., 2016).

Sistem perpipaan tidak hanya berfungsi sebagai komponen pengalir fluida secara sempurna, tetapi juga dapat mengalami berbagai fenomena hidrodinamik, salah satunya adalah *water hammer*. Fenomena ini adalah lonjakan tekanan secara tiba-tiba yang umumnya diakibatkan oleh penutupan *valve* secara cepat atau penghentian pompa yang mendadak (Nuraeni dkk., 2020). Fenomena *water hammer* dapat berdampak negatif dalam sistem perpipaan dengan selang waktu berkepanjangan serta dampak dari fenomena ini bersifat instan atau langsung terjadi. Dampak fenomena ini secara signifikan membahayakan kerja sistem perpipaan sebagai komponen utama pengaliran fluida (Nugraha & Ikhwan, 2017). Jika penanganan yang dilakukan tidak sesuai dengan dampak fenomena ini maka dapat menyebabkan perubahan intensitas tekanan yang bersifat fatal. Perubahan intensitas tekanan yang terjadi secara tiba-tiba bersifat fatal karena menyebabkan kerusakan sebagian atau pecahnya pipa pada sistem yang menyebabkan *downtime* secara keseluruhan pada sistem perpipaan (Nahan dkk., 2023).

Pada penelitian ini, evaluasi lonjakan tekanan secara tiba-tiba akibat dari *water-hammer* menjadi pembahasan utama untuk mencari waktu penutupan *valve* dan debit air yang ideal dalam menghadapi intensitas tekanan *water hammer*. Pengaruh *water hammer* dengan tekanan yang berlebihan di antaranya adalah kerusakan total sistem perpipaan dan *downtime* pompa yang digunakan pada sistem, ini menyebabkan kerugian yang meningkatkan biaya pemeliharaan. Menggunakan persamaan teoritis oleh Joukowsky *water hammer pressure* (P_{wh}) dan perhitungan gabungan *head* efektif (H_{eff}) sebagai landasan penentuan dalam variabel perbedaan waktu penutupan *valve* dan debit air.

Selain secara teoritis, ada juga secara praktis sebagai perbandingan hasil dengan cara teoritis melalui parameter pengambilan data seperti tekanan sistem perpipaan dan debit aliran air secara *real-time* melalui pembacaan alat ukur pada aparatus pengujian untuk mengevaluasi kinerja dinamis sistem secara langsung. Didapatkan hubungan antara parameter-parameter ini yang didasari penelitian terdahulu, hal ini melatarbelakangi dilaksanakannya penelitian ini dengan judul “Studi Eksperimen Pengaruh Intensitas Tekanan *Water Hammer* pada Sistem *Pump-Valve* dengan Variasi Waktu Penutupan *Valve* dan Debit Air”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didasari latar belakang, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu penutupan *valve* terhadap intensitas tekanan *water hammer* pada sistem *pump-valve*?
2. Bagaimana pengaruh variasi debit aliran air terhadap intensitas tekanan *water hammer* dalam sistem *pump-valve*?
3. Bagaimana pengaruh nilai *head effective* pada sistem *pump-valve* terhadap intensitas tekanan *water hammer*?

1.3 Tujuan Penelitian

Didasari oleh rumusan masalah yang telah ditentukan, didapatkan poin-poin tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi waktu penutupan *valve* terhadap intensitas tekanan fenomena *water hammer*.
2. Menganalisis pengaruh variasi debit aliran air terhadap intensitas tekanan fenomena *water hammer*.
3. Menganalisis pengaruh nilai *head effective* pada sistem *pump-valve* terhadap intensitas tekanan *water hammer*.

1.4 Manfaat

Didapatkan juga beberapa manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Secara teoritis:
 1. Penelitian ini diharapkan menambah literatur ilmiah terkait analisis fenomena *water hammer* dalam sistem perpipaan.

2. Penelitian ini diharapkan mengembangkan pemahaman tentang hubungan antara parameter hidraulik (debit, *head*, waktu, tekanan) dengan respon sistem perpipaan saat terjadi peningkatan intensitas tekanan secara tiba-tiba.
 3. Penelitian ini diharapkan menjadi pertimbangan dalam perhitungan teoritis dan praktis mengenai fenomena *water hammer*.
- b. Secara praktis:
1. Bagi penulis
Diharapkan menambah pengetahuan dalam menganalisis terjadinya fenomena *water hammer* pada sistem perpipaan.
 2. Bagi praktisi
Diharapkan mengembangkan pemahaman secara praktikal terjadinya fenomena *water hammer*.
 3. Bagi masyarakat
Diharapkan memberikan pemahaman mengenai fenomena *water hammer* dalam sistem perpipaan.

1.5 Batasan Masalah

Didasari oleh rumusan masalah yang telah ditentukan, didapatkan poin-poin batasan masalah penelitian berikut:

1. Hanya difokuskan pada fenomena *water hammer* yang terjadi akibat penutupan *valve* secara mendadak.
2. Digunakan pompa sentrifugal *single stage* MQC 175 dengan debit maksimal 100 liter/menit.
3. Sistem perpipaan terdiri dari *impeller*, *line discharge* dan *line suction* serta *shaft* dengan ketinggian pipa *discharge* sebesar 1,75m.
4. Variasi waktu penutupan *valve* adalah 1,0 s; 1,5 s; dan 2,0 s yang disesuaikan menggunakan *ball valve* dan diatur pada *line discharge*.
5. Variasi debit didasarkan penelitian terdahulu dengan besaran yang dipilih adalah 38,67 L/min; 33,26 L/min; dan 26,61 L/min disesuaikan menggunakan *valve* dan diatur pada *suction*.
6. Fluida kerja yang mengalir dan dianalisis adalah air keran PDAM dengan nilai yang diasumsikan konstan untuk temperatur (*T*) 25°C, massa jenis (ρ) 997.0 kg/m³, dan viskositas (μ) 0,89 MPa·s (0,89 cP).

7. Efisiensi pompa diabaikan karena penelitian ini mengisolasi variabel utama (debit aliran dan waktu penutupan *valve*) sebagai faktor penentu intensitas water hammer, sementara efisiensi hanya berpengaruh pada konsumsi energi sistem, bukan pada tekanan transien itu sendiri.
8. Digunakan asumsi kondisi eksperimen dan teoritis yang ideal pada suhu fluida uji sebesar 25°C yang mengalir pada pipa PVC dengan diameter 1 inchi (25,4 mm).
9. Analisis hanya mencakup perubahan aliran *unsteady flow* (transien) saat diberikan fenomena *water hammer* dan tidak mempertimbangkan kondisi *steady flow* ataupun efek osilasi jangka panjang di luar pengujian *water hammer*.