

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH
INTENSITAS TEKANAN *WATER HAMMER*
PADA SISTEM *PUMP-VALVE* DENGAN
VARIASI WAKTU PENUTUPAN *VALVE* DAN
DEBIT AIR**



Oleh:

GLADION ALIM PUTERO

NPM. 22036010004

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH INTENSITAS TEKANAN *WATER HAMMER*
PADA SISTEM *PUMP-VALVE* DENGAN VARIASI WAKTU PENUTUPAN
VALVE DAN DEBIT AIR**

Skripsi ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu dan
Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Oleh:

Nama : Gladion Alim Putero
NPM : 22036010004
Konsentrasi : Konversi Energi

Telah diuji dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Pada Hari Jumat, 7 November 2025

Telah disahkan oleh:

Dosen Penguji I



Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 19930120 202406 1 001

Dosen Pembimbing I



Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP. 19940428 202203 2 011

Dosen Penguji II



Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NIP. 19940311 202506 2 005

Dosen Pembimbing II



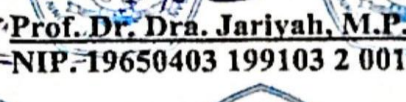
Anisah Nurul Izzah, S.T., M.T.
NIP. 19980615 202406 2 002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-8782179
Email: teknikmesin@upnjatim.ac.id , Laman : <http://tekmesin.upnjatim.ac.id/>

KETERANGAN BEBAS REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Gladion Alim Putero
NPM : 22036010004
Program Studi : Teknik Mesin
Tanggal Sidang Sempro/Semhas : 7 November 2025

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi *) ~~PRA RENCANA (DESAIN) / SEMINAR PROPOSAL /~~
~~SKRIPSI / TUGAS AKHIR~~ Ujian Lisan Periode IV, TA . 2024/2025.

Dengan judul : STUDI EKSPERIMEN PENGARUH INTENSITAS TEKANAN *WATER HAMMER*
PADA SISTEM *PUMP-VALVE* DENGAN VARIASI WAKTU PENUTUPAN *VALVE* DAN DEBIT AIR

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi:

1. Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.

2. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

Surabaya, 12 November 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP. 19940428 202203 2 011

Dosen Pembimbing II

Anisah Nurul Izzah, S.T., M.T.
NIP. 19980615 202406 2 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Gladion Alim Putero
NPM : 22036010004
Program : Sarjana(S1)
Program Studi / Fakultas : Teknik Mesin / Teknik dan Sains
Judul Skripsi / Tugas Akhir : STUDI EKSPERIMEN PENGARUH INTENSITAS
TEKANAN WATER HAMMER PADA SISTEM *PUMP-VALVE*
DENGAN VARIASI WAKTU PENUTUPAN *VALVE* DAN
DEBIT AIR

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 20 November 2025

Yang Membuat pernyataan


Gladion Alim Putero
NPM. 22036010004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal penelitian dengan judul “Studi Eksperimen Pengaruh Intensitas Tekanan *Water Hammer* pada Sistem *Pump-Valve* dengan Variasi Waktu Penutupan *Valve* dan Debit Air”. Tujuan dari penyusunan proposal penelitian ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan tingkat sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. **Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. **Ibu Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.** selaku Dosen Pembimbing I dan **Ibu Anisah Nurul Izzah, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, semangat, serta saran dan masukan selama penelitian sehingga berjalan dengan lancar.
4. **Bapak Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.** selaku Dosen Penguji I dan **Ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S.** selaku Dosen Penguji II.
5. **Kedua orang tua, saudara, dan keluarga** tersayang atas segala doa, dorongan, kesabaran, dukungan material dan spiritual yang diberikan kepada penulis untuk melewati masa sulit hingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
6. **Seluruh teman-teman dan rekan seperjuangan**, atas kebersamaan, dukungan, dan kerja sama yang telah terjalin selama masa studi.
7. **Fajar Risman, Pedro Dima Sinaga, Naufal Alifio, dan Saka Palwaguna** karena telah meminjamkan penulis laptop untuk mengambil data.
8. **Rahmat Affandy, Mochamad Fauzi, Moch Nur Irsyad Prabawanto, dan Cahyo Alamsyah** karena telah membantu perakitan aparatus pengujian skripsi.
9. Serta semua pihak yang sudah membantu dalam penyelesaian penelitian ini yang tidak saya sebutkan satu persatu tanpa mengurangi rasa hormat saya ucapkan terima kasih sebanyak mungkin.

10. Serta terima kasih kepada sendiri selaku penulis yang tidak menyerah mempercayai diri sampai akhir masa studi di bawah kutipan Natsuki Subaru *“I have no strength, but I want it all. I have no knowledge, but all I do is dream”*.

Maka dari itu penyusunan laporan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini jauh dari kata sempurna. Demikian, kritik dan saran yang mengembangkan tetap penulis harapkan.

Surabaya, 7 November 2025

Penulis

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis fenomena *water hammer* yang terjadi pada sistem *pump-valve* dengan variasi debit dan waktu penutupan *valve* sebagai variabel bebas. Fenomena *water hammer* merupakan lonjakan tekanan akibat perubahan kecepatan aliran fluida secara tiba-tiba saat *valve* ditutup dengan cepat. Pengujian dilakukan menggunakan alat *water circulating unit* dengan tiga variasi debit (38,67 L/menit; 33,26 L/menit; dan 26,61 L/menit) serta tiga variasi waktu penutupan *valve* (1 s; 1,5 s; dan 2 s). Parameter yang diukur adalah tekanan, debit, serta nilai head efektif sistem. Analisis dilakukan secara teoritis menggunakan persamaan *Joukowsky* dan aktual dengan data hasil eksperimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tekanan *water hammer* tertinggi terjadi pada debit 38,67 L/menit dengan waktu penutupan *valve* 1 s sebesar 1,56 bar, sedangkan tekanan terendah terjadi pada debit 26,61 L/menit dan waktu penutupan 2 s sebesar 0,86 bar. Semakin besar debit dan semakin cepat waktu penutupan *valve*, maka tekanan *water hammer* yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil yang didapat menunjukkan kesamaan dengan teori *Joukowsky* serta penelitian terdahulu, dengan rata-rata perbedaan antara data teoritis dan eksperimental sekitar 8,33–26,67%. Didapatkan signifikansi antar variabel yang di mana variabel waktu penutupan *valve* memiliki dampak yang paling signifikan dengan nilai *p-value* $4,36 \times 10^{-7}$ dan diikuti oleh debit aliran dengan *p-value* sebesar $2,85 \times 10^{-5}$. Namun di samping itu, didapatkan variabel head efektif yang kurang signifikan terhadap intensitas tekanan *water hammer* dengan *p-value* 0,1206 yang nilainya jauh lebih besar dari kedua variabel sebelumnya.

Kata kunci: *Water hammer*, debit, waktu penutupan *valve*, tekanan transien, sistem *pump-valve*

ABSTRACT

This research aims to analyze the water hammer phenomenon occurring in a pump-valve system with varying flow rates and valve closure times as independent variables. The water hammer phenomenon refers to a sudden pressure surge caused by an abrupt change in fluid velocity during valve closure. Experiments were conducted using a water circulating unit with three flow rate variations (38.67 L/min, 33.26 L/min, and 26.61 L/min) and three valve closure times (1 s, 1.5 s, and 2 s). The parameters measured include pressure, flow rate, and system head (static, dynamic, and effective). Theoretical analysis was performed using the Joukowsky equation and compared with empirical experimental data. The results showed that the highest water hammer pressure occurred at a flow rate of 38.67 L/min and a 1 s valve closure time with a pressure of 1.56 bar, while the lowest occurred at a flow rate of 26.61 L/min and a 2 s closure time with 0.86 bar. The results indicate that higher flow rates and faster valve closures produce greater water hammer pressures. These findings align with Joukowsky's theory and previous studies, with an average deviation between theoretical and experimental data of approximately 5–10%. Significance between variables was obtained where the valve closing time variable had the most significant impact with a p-value of 4.36×10^{-7} and followed by flow rate with a p-value of 2.85×10^{-5} . However, in addition, the effective head variable was obtained which was less significant on the intensity of water hammer pressure with a p-value of 0.1206 which was much greater than the two previous variables.

Keywords: *Water hammer, flow rate, valve closure time, transient pressure, pump-valve system*

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR BEBAS REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengaruh Variasi Debit dan Tinggi terhadap Fenomena <i>Water Hammer</i>	5
2.2 Pengaruh Debit sebagai Variabel Bebas pada Fenomena <i>Water Hammer</i>	6
2.3 Pengaruh Waktu Penutupan <i>Valve</i> terhadap Tekanan <i>Water Hammer</i>	8
2.4 Penentuan Variasi Debit	10
2.5 Landasan Teori	11
2.5.1 Dasar Teori <i>Water Hammer</i>	11
2.5.2 Kode <i>Water Hammer</i> ASME B31.3 dan ASME B31.4	12
2.5.3 Penyebab <i>Water Hammer</i>	13
2.5.4 Aliran Laminar dan Turbulen	13
2.5.5 <i>Head</i> Efektif Instalasi Pompa	14
2.5.6 <i>Head</i> Statis.....	14
2.5.7 <i>Head</i> Dinamis	16
2.5.8 Kecepatan Perambatan Gelombang Tekanan	19
2.6 Hipotesis	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	22

3.1	Diagram Alir.....	22
3.2	Metodologi Penelitian	24
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	25
3.4	Instrumen Penelitian.....	25
3.4.1	Peralatan Penelitian	25
3.4.2	Instalasi Sistem Perpipaan <i>Pump-Valve</i>	26
3.5	Metode Pengambilan Data.....	28
3.5.1	Prosedur Pengambilan Data	28
3.6	Metode Pengolahan Data.....	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Analisis Umum Sistem dan Kondisi Pengujian.....	34
4.2	Analisis <i>Head</i> Sistem	35
4.2.1	<i>Head</i> Statis.....	35
4.2.2	<i>Head</i> Dinamis	36
4.2.3	<i>Head</i> Efektif	40
4.3	Analisis Tekanan <i>Water Hammer</i>	42
4.3.1	Perbandingan Tekanan Praktikal dan Teoritis.....	42
4.3.2	Pembahasan dan Analisis Data Eksperimental Tekanan <i>Water Hammer</i>	44
4.4	Analisis Perbandingan Antar Waktu dengan Fenomena <i>Water Hammer</i>	45
4.5	Analisis Statistik Validasi Data Pengujian dan Hubungan Matematis.....	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN		55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil penelitian variasi debit dan ketinggian sistem terhadap water hammer.....	5
Tabel 2.2 Parameter debit pada sistem perpipaan dengan pipa kaku	7
Tabel 2.3 Perbandingan Kode ASME B31.3 dan ASME B31.4 Tekanan Water Hammer	12
Tabel 3.1 Peralatan Penelitian	25
Tabel 3.2 Detail Pembagian Variabel.....	30
Tabel 3.3 Contoh Tabel Perbandingan Hasil.....	31
Tabel 3.4 Ketidakpastian Alat Ukur	33
Tabel 4.1 Parameter Pengujian.....	35
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Hasil Tekanan Praktikal dan Teoritis	42
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Regresi pada Excel	48
Tabel 4.4 Statistik Regresi.....	48
Tabel 4.5 Pembacaan ANOVA Dua Arah.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan pengaruh tinggi sumber air terhadap debit air keluar	5
Gambar 2. 2 Pengaruh tinggi sumber air terhadap tekanan air masuk dan tekanan air keluar	6
Gambar 2.3 Grafik perubahan percepatan akibat fenomena water hammer	7
Gambar 2.4 Perubahan Tekanan akibat Water Hammer Variasi Closure Time a) $T=0,21$; b) $T=0,37$ s; c) $1,1$ s; d) $T=5,7$ s	8
Gambar 2.5 Variasi Hasil Tekanan Water Hammer dengan Perbedaan Waktu dan Persentase Penutupan Valve.....	9
Gambar 2.6 Kurva karakteristik performa pompa pada sistem pump-valve.....	10
Gambar 2.7 Skema proses water hammer pada aplikasi umum	11
Gambar 2. 8 Head Efektif Instalasi	14
Gambar 2.9 Instalasi suction lift.....	16
Gambar 2.10 Instalasi suction head.....	16
Gambar 2.11 Moody Diagram.....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	23
Gambar 3.2 Instalasi Sistem Perpipaan Pumpe-Valve dengan Skala 1:20.....	27
Gambar 4.1 Ilustrasi Water Circulating Unit.....	34
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Debit Terhadap Head Statis.....	36
Gambar 4.3 Hubungan Debit terhadap Velocity Head.....	37
Gambar 4.4 Hubungan antar Debit terhadap Head Loss Mayor	38
Gambar 4.5 Hubungan antara Debit terhadap Head Loss Minor	38
Gambar 4.6 Hubungan antara Debit terhadap Head Loss Total.....	39
Gambar 4.7 Hubungan antara Debit terhadap Head Dinamis	40
Gambar 4.8 Hubungan antara Debit terhadap Head Efektif.....	41
Gambar 4.9 Perbandingan Hasil Tekanan Water Hammer Aktual dengan Teoritis	43
Gambar 4.10 Hubungan Aktual Waktu Penutupan Valve dan Tekanan Water Hammer ...	44
Gambar 4.11 Perbandingan Tekanan Setiap Interval Waktu Variasi Debit 38,67 L/min ...	46
Gambar 4.12 Perbandingan Tekanan Setiap Interval Waktu Variasi Debit 33,26 L/min ...	46
Gambar 4.13 Perbandingan Tekanan Setiap Interval Waktu Variasi Debit 26,61 L/min ...	46