

ANALISA PENGARUH WATER HAMMER TERHADAP FLEKSIBILITAS PIPA LINE DISCHARGE PUMP

Pekik Mahardhika

Program Studi Teknik Perpipaan
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Email: pekikmahardhika@ppns.ac.id

Ekky Nur Budiyanto

Program Studi Teknik Perpipaan
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Email: ekky@ppns.ac.id

ABSTRAK

Makalah ini mengkaji besarnya tegangan pipa akibat fenomena *water hammer*. *Water hammer* terjadi pada proses pendistribusian dari TPL menuju Terminal BBM di Surabaya (jalur pipa *discharge pump*). *Check valve* di pipa *line discharge pump* telah mengalami kerusakan akibat fenomena *water hammer*. *Water hammer* merupakan beban dinamis dari fluida karena kenaikan tekanan secara tiba-tiba. *Water hammer* menimbulkan getaran dan resonansi sehingga mempengaruhi fleksibilitas pipa. Tujuan analisa ini untuk mendapatkan besarnya fleksibilitas akibat *water hammer* menggunakan metode numerik berdasarkan kriteria ASME B31.4 dan API 610. Hasil analisa menunjukkan bahwa tegangan saat *water hammer* tidak memenuhi kriteria ASME B31.4 dan beban *nozzle* pompa juga tidak memenuhi kriteria API 610.

Kata kunci: beban dinamis; beban *nozzle*; tegangan; *water hammer*.

ABSTRACT

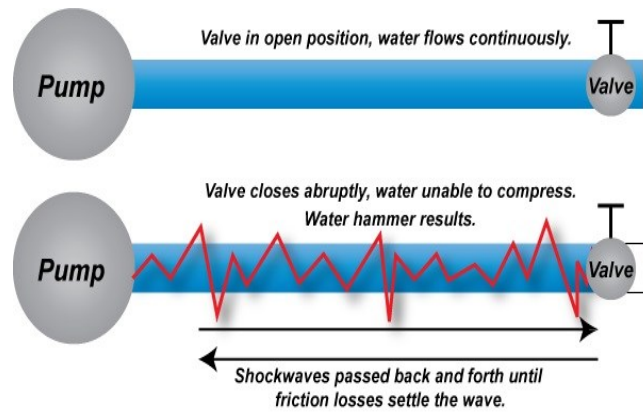
This paper examines the magnitude of pipe stress due to the water hammer phenomenon. Water hammer occurs in the distribution process from TPL to the BBM Terminal in Surabaya (Discharge pump line). The check valve in the line pipe discharge pump has been damaged due to water hammer phenomenon. Water hammer is a dynamic load of fluid due to a sudden rise in pressure. Water hammer causes vibration and resonance which affects the flexibility of the pipe. The purpose of this analysis is to get the amount of flexibility due to the water hammer using the numeric method based on ASME B31.4 and API 610 criteria. The analysis results show that the stress when the water hammer occurs does not meet the ASME B31.4 criteria and the pump nozzle load also does not meet the API 610 criteria.

Keywords: dynamic load; nozzle load; stress; water hammer.

1. PENDAHULUAN

BBM (Bahan Bakar Minyak) sangat penting bagi kehidupan manusia. Jalur pipa pendistribusian BBM sangatlah vital demi kelangsungan suatu kegiatan produksi atau yang lain. Pembangunan pipa BBM oleh Pertamina sangat bagus bagi ketahanan energi dan perekonomian nasional [1]. Pada proses pendistribusian BBM memiliki kemungkinan terbesar terjadinya kegagalan pada suatu jalur perpipaan. Seperti yang terjadi pada pipa pendistribusian dari TPL menuju Terminal BBM di Surabaya dengan fluida pertamax. Pertamax merupakan bahan bakar minyak yang memiliki nilai oktan 92. Jalur pipa bagian *discharge* pompa tersebut telah terjadi *water hammer* sehingga *check valve* di pipa *line discharge pump* telah mengalami kerusakan. Pompa merupakan salah satu mesin fluida yang termasuk dalam golongan mesin kerja. Pompa berfungsi untuk merubah energi mekanis (kerja putar poros) menjadi energi fluida dan tekanan [2]. *Pulsating line* merupakan pipa yang terhubung dengan *rotating equipment* [3]. Pipa yang terhubung *discharge* pompa tersebut termasuk kategori *pulsating line*, karena pipa terhubung dengan suatu *equipment* yang dapat menimbulkan sumber getaran (pompa). *Water hammer* adalah fenomena terjadinya lonjakan tekanan yang diakibatkan oleh pembukaan dan penutupan katup yang cepat atau *rotating equipment* hidup/ mati tiba-tiba [4]. Turunnya performansi pompa secara tiba-tiba dan ketidakstabilan dalam operasi sering menjadi masalah yang serius dan mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan [5]. Ketika frekuensi alami sama dengan atau mendekati frekuensi yang dihasilkan oleh mesin/ frekuensi eksitasi maka akan terjadi resonansi [6]. Resonansi dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem perpipaan [7]. Dampak fenomena tersebut adalah menimbulkan getaran [8]. Getaran yang mengakibatkan resonansi mempengaruhi besarnya tegangan

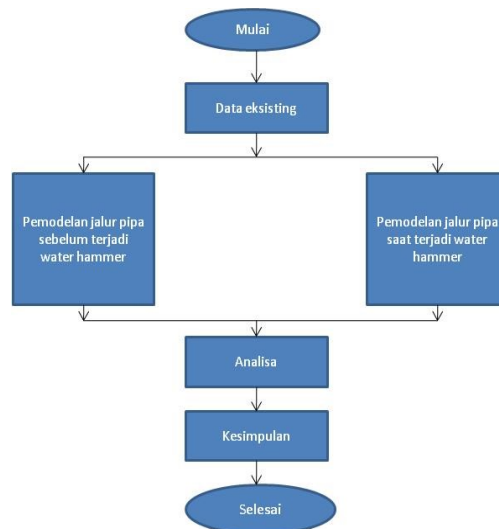
yang pada pipa. Besarnya nilai tegangan tidak diperbolehkan lebih besar dari tegangan yang diijinkan ASME B31.4 [9]. Makalah ini melanjutkan penelitian sebelumnya yaitu membahas tentang kenaikan tekanan fluida yang diakibatkan *water hammer* [10]. Makalah ini bertujuan untuk mendapatkan besarnya fleksibilitas pipa akibat *water hammer* menggunakan metode numerik dan apakah memenuhi kriteria penerimaan ASME B31.4 dan API 610. Tegangan dalam desain pada suatu sistem perpipaan harus dirancang agar mampu menahan beban yang terjadi [11]. Analisa tegangan merupakan metode terpenting untuk meyakinkan dan menetapkan secara numerik bahwa sistem perpipaan dalam *engineering* adalah aman [12] [13]. Pada *nozzel* sambungan pompa dengan sistem perpipaan menggunakan *flange*, di mana sambungan pipa dan *flange* mengalami kombinasi pembebanan *dead weight*, *thermal*, dan *seismik* terus menerus sehingga tegangan, gaya, dan momen dapat melampaui batas yang diijinkan [14]. Sehingga harus di evaluasi berdasarkan *code* yang berlaku.



Gambar 1. Fenomena *Water Hammer* [15]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Check valve di pipa *line discharge pump* telah mengalami kerusakan akibat fenomena *water hammer*. Ketika terjadi *water hammer* pipa tersebut menimbulkan getaran. Getaran tersebut dapat mempengaruhi fleksibilitas pipa *line discharge pump*. Sehingga makalah ini bertujuan untuk menganalisa fleksibilitas (tegangan pipa dan gaya-momen *nozzle discharge* pompa) akibat kenaikan tekanan fluida (*water hammer*) saja. Makalah ini untuk analisa fleksibilitas (tegangan pipa dan gaya-momen *nozzle discharge* pompa) mengacu pada persyaratan *code* ASME B31.4 dan API 610. Analisa fleksibilitas juga menggunakan bantuan perangkat lunak *Bentley Autopipe* dengan metode pemodelan *modal analysis* dan *fluid transient* karena disebabkan oleh tekanan fluida berubah yang dipengaruhi oleh waktu. Sehingga dari pemodelan dan simulasi ini dapat dianalisa apakah sistem perpipaan masih memenuhi kriteria *code* ASME B31.4 dan API 610. Metodologi penelitian pada makalah ini ditunjukkan pada diagram alir gambar 2 dan isometri *line discharge pump* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data eksisting dari penelitian sebelumnya digunakan untuk mengetahui pengaruh kenaikan tekanan akibat *water hammer* terhadap fleksibilitas pipa. Data yang digunakan untuk penelitian ini ditampilkan pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 berikut:

Tabel 1. Spesifikasi pipa 8"

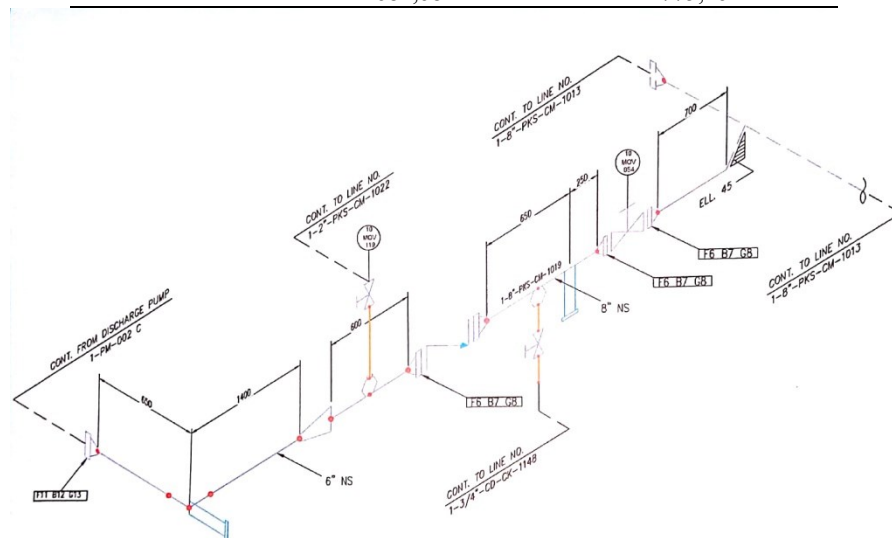
<i>Data</i>	<i>Spesifikasi</i>
Material Pipa	API 5L Gr B
NPS	8
<i>Schedule</i>	80
ID (in)	8,625
OD (in)	7,625
Tebal pipa (in)	0,5

Tabel 2. Spesifikasi pipa 6"

<i>Data</i>	<i>Spesifikasi</i>
Material Pipa	API 5L Gr B
NPS	6
<i>Schedule</i>	40
ID (in)	6,625
OD (in)	6,065
Tebal pipa (in)	0,280

Tabel 3. Data fluida

<i>Fluida</i>	<i>Tekanan Operasi (psi)</i>	<i>Tekanan Saat Terjadi Water Hammer (psi)</i>
Pertamax	681,68	1775,26



Gambar 3. Isometri Discharge Pump Line

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

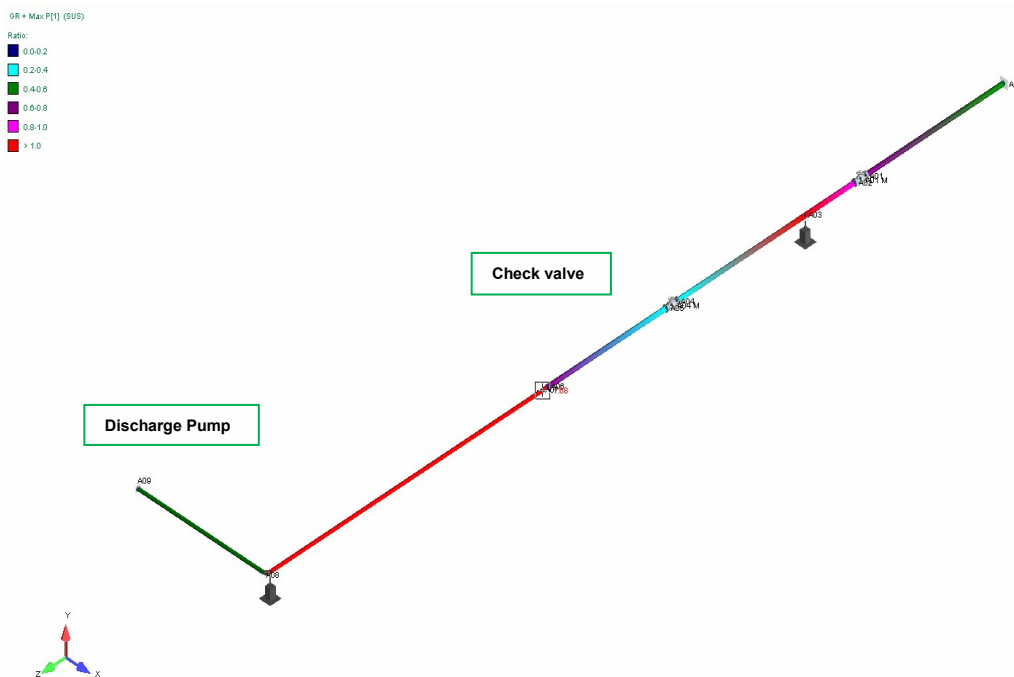
Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan hasil pemodelan dan simulasi tegangan pipa sebelum terjadi *water hammer* dan saat terjadi *water hammer*. Tabel 4 merupakan data analisis tegangan pipa sebelum terjadi *water hammer*. Data tersebut menunjukkan bahwa *node* A03, A07, dan A08 tidak memenuhi kriteria ASME B31.4. Tegangan tertinggi pada *node* A07 yaitu 31845 psi. Tabel 5 merupakan data analisis tegangan pipa saat terjadi *water hammer*. Data tersebut menunjukkan bahwa *node* A02, A03, A07, dan A08 tidak memenuhi kriteria ASME B31.4. Tegangan paling tinggi pada *node* A07 yaitu 38314 psi. Semua data dari Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan tegangan seiring terjadi kenaikan tekanan akibat *water hammer*. *Check valve* berada pada *node* A05 dan masih memenuhi kriteria ASME B31.4. *Check valve* tersebut mengalami kerusakan bisa dikarenakan terjadi kenaikan tegangan secara terus menerus. *Node* A05 berada di sebelah *node* A06 dan A07 yang cenderung memiliki tegangan yang tinggi sehingga bisa memicu kerusakan di *node* A05.

Tabel 4. Analisis tegangan sebelum terjadi water hammer

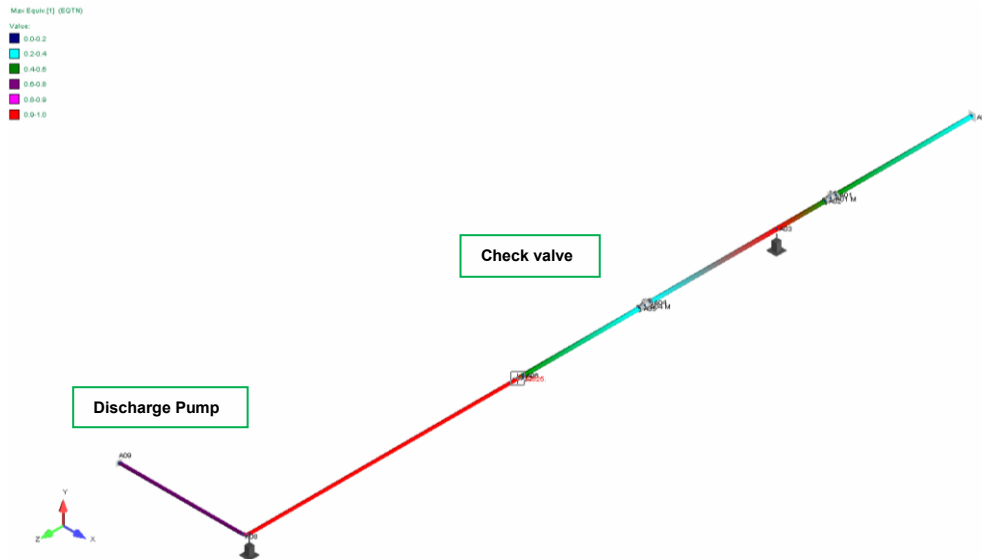
<i>Node</i>	<i>Tegangan Code (psi)</i>	<i>Tegangan yang diijinkan (psi)</i>	<i>Kriteria</i>
A00	9447	18900	Ok
A01	12662	18900	Ok
A02	15267	18900	Ok
A03	31257	18900	Fail
A04	5067	18900	Ok
A05	6609	18900	Ok
A06	12584	18900	Ok
A07	31845	18900	Fail
A08 N-	17788	18900	Ok
A08 N+	30002	18900	Fail
A08 F-	4413	18900	Ok
A08 F+	4234	18900	Ok
A09	4573	18900	Ok

Tabel 5. Analisis tegangan saat terjadi water hammer

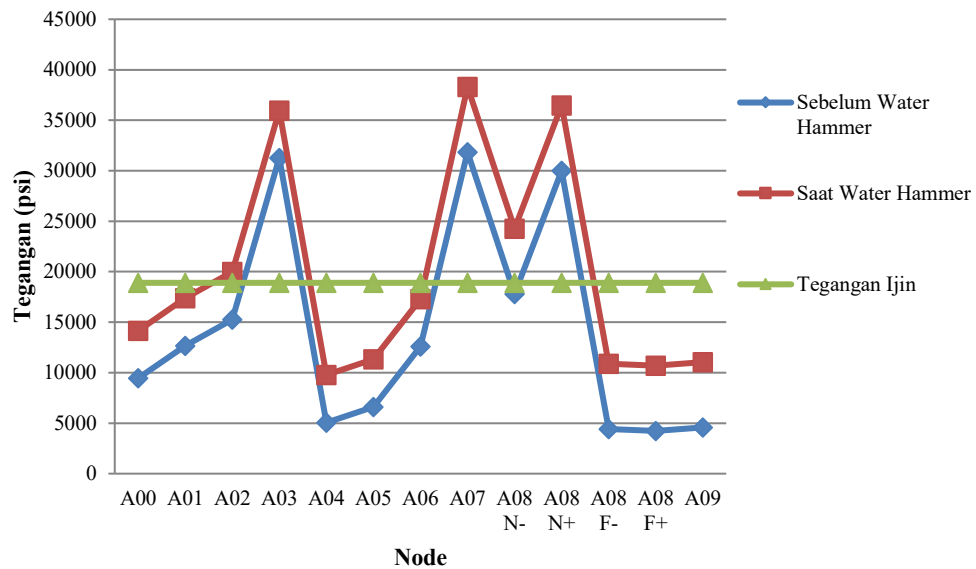
<i>Node</i>	<i>Tegangan Code (psi)</i>	<i>Tegangan yang diijinkan (psi)</i>	<i>Kriteria</i>
A00	14163	18900	Ok
A01	17378	18900	Ok
A02	19984	18900	Fail
A03	35973	18900	Fail
A04	9783	18900	Ok
A05	11325	18900	Ok
A06	17300	18900	Ok
A07	38314	18900	Fail
A08 N-	24256	18900	Fail
A08 N+	36471	18900	Fail
A08 F-	10881	18900	Ok
A08 F+	10702	18900	Ok
A09	11042	18900	Ok



Gambar 4. Tegangan pipa sebelum terjadi water hammer



Gambar 5. Tegangan pipa setelah terjadi *water hammer*



Gambar 6. Perbandingan Tegangan Pipa terhadap Tegangan yang diijinkan

Tabel 6 menunjukkan bahwa pada beban *nozzle discharge* pompa tidak memenuhi kriteria API 610. Kegagalan akibat besarnya momen yang terjadi tersebut dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah dari pada kerusakan akibat berat total pipa. Momen tersebut dapat menyebabkan *shaft misalignment* dan deformasi *casing* pompa. Kerusakan ini mempengaruhi *internal moving* pompa sehingga menurunkan keandalan pompa.

Tabel 6. Analisis beban *nozzle discharge* pompa sebelum dan saat terjadi *water hammer*

<i>Sebelum Terjadi Water Hammer</i>								
Node	Gaya (lb)			Kriteria API 610	Momen (ft-lb)			Kriteria API 610
	x	y	z		x	y	z	
A09	0	-257	0	Ok	-9567	0	-383	Fail
<i>Saat Terjadi Water Hammer</i>								
Node	Gaya			Kriteria API 610	Momen (ft-lb)			Kriteria API 610
	x	y	z		x	y	z	
A09	0	-257	0	Ok	-9567	0	-383	Fail

4. KESIMPULAN

Pada penelitian yang berjudul “Analisa Pengaruh *Water Hammer Terhadap Fleksibilitas Pipa Line Discharge Pump*” yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Tegangan yang terjadi pada pipa sebelum terjadi *water hammer* sudah tinggi sehingga ketika terjadi *water hammer* bisa merusak peralatan sekitar pipa.
- b. Nilai tegangan saat terjadi *water hammer* lebih besar dari pada sebelum terjadi *water hammer* dan tidak memenuhi kriteria ASME B31.4 sehingga hasil analisa tegangan pipa tidak dapat diterima.
- c. Nilai tegangan yang terjadi *water hammer* paling besar berada di *node* A07.
- d. Nilai beban *nozzle* pada pompa tersebut tidak memenuhi kriteria gaya dan momen berdasarkan API 610 sehingga hasil analisa beban *nozzle* tidak dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. I. Sari, “Distribusi BBM Pulau Jawa gunakan pipa di 2019,” *Merdeka*, 2016. [Online]. Available: <https://www.merdeka.com/uang/distribusi-bbm-di-pulau-jawa-gunakan-pipa-di-2019.html>.
- [2] Sularso and H. Tahara, *Pompa Dan Kompresor*, 7th ed. Jakarta: PT Prandya Pramitha, 2000.
- [3] P. Mahardhika, “PENENTUAN ALLOWABLE SPAN ANTAR PENYANGGA PIPA SLF BERDASARKAN TEGANGAN, DEFLEKSI, FREKUENSI ALAMI,” *J. IPTEK*, vol. 21, no. 2, p. 27, Dec. 2017.
- [4] P. Mahardhika, “Penerapan metode time history untuk fenomena water hammer,” *J. Teknol. Marit.*, vol. 1, no. 2, pp. 37–44, 2018.
- [5] A. Septiyani, A. W. Husodo, and P. Mahardhika, “Analisa Dinamik pada Sistem Perpipaan akibat Getaran Pompa,” in *Proceeding Conference of Piping Engineering and its Application*, 2018, no. 1, pp. 73–78.
- [6] X. Wu *et al.*, “Stress analysis of reciprocating pump pipeline system in oil station,” *J. Chem. Pharm. Res.*, 2014.
- [7] V. V. V. A, A. W. Husodo, and P. Mahardhika, “Analisa Tegangan dan Frekuensi Alami pada Pipa Line 116OTH202-200- 40C10 di Plant Fatty Acid Fractionation Upgrade,” in *Proceedings Conference on Piping Engineering and its Application*, 2017, vol. 2, pp. 67–72.
- [8] P. Mahardhika, E. Julianto, A. Indartono, and G. E. Kusuma, “ANALISA PENGARUH KENAIKAN TEKANAN FLUIDA TERHADAP TEGANGAN DAN FLEKSIBILITAS PIPA BLOWDOWN A106 GRADE A BERDASARKAN ASME B31.3,” *TEKNIK*, vol. 39, no. 1, p. 67, Aug. 2018.
- [9] ASME, “B31.4-2012 - Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries,” *ASME Code Press. Piping, B31*, 2012.
- [10] A. N. W. Aji, P. Priyonggo, and E. N. Budiyo, “Pengaruh Water Hammer Terhadap Pipa dan Check Valve Pada Discharge Pump TPL 1-PM-002C (Studi Kasus PT . Pertamina TBBM Tuban),” in *Proceedings Conference on Piping Engineering and its Application*, 2018, pp. 325–330.
- [11] M. Hasan, E. Santoso, and P. Mahardhika, “DESAIN EXPANSION LOOP PADA LINE 116SV203-150-16H20 FATTY ACID DESTILATION PT. WILMAR NABATI INDONESIA,” in *Proceedings Conference on Piping Engineering and its Application*, 2017, pp. 31–36.
- [12] S. Kannappan, *Introduction to Pipe Stress Analysis*. John Wiley & Sons, Inc, 1986.
- [13] A. Chamsudi, *Diktat-Piping Stress Analysis*. 2005.
- [14] B. Parapak, “Metode analisis beban pada nozzle pompa sistem perpipaan pembangkit daya,” *PRIMA*, vol. 1, no. 2, pp. 16–20, 1999.
- [15] S. Peters, “What is water hammer?,” *Crane Engineering*, 2014. [Online]. Available: <https://blog.craneengineering.net/what-is-water-hammer>.