



Perancangan Perhitungan pada Sistem Water Hammer

Wahyu Firda Kurniawan¹, Mohamad Yamin², Cokorda P. Mahandari³

^{1,2,3}Universitas Gunadarma, Indonesia

Alamat: Margonda Raya Pondok Cina, Depok

Korespondensi penulis: Wahyuk780@gmail.com

Abstract. *design, calculation of water hammer system in one of the tall buildings in Jakarta using vertical multistage pump from xylem-lowara brand with pump head 18Bar and flow 45m³/hour and type of pipe used GIP medium and using Non return valve from claval brand. Calculation has been done by software to get back pressure result when power blank out is 404 Psi or 27 Bar, and proven by similar circuit by calculating potential pressure drop from pipe, and elbow then obtained result 375.84Psi or 25.92 Bar*

Keywords: *water hammer, vertical multistage, pressure drop*

Abstrak. perancangan, perhitungan sistem water hammer pada salah satu gedung tinggi di Jakarta dengan menggunakan pompa vertical multistage dari brand xylem-lowara dengan head pompa 18Bar dan flow 45m³/jam serta jenis pipa yang digunakan GIP medium dan menggunakan Non return valve dari brand claval. Telah dilakukan perhitungan secara software mendapatkan hasil tekanan balik pada saat power blank out sebesar 404 Psi atau 27 Bar, serta dibuktikan secara hitungan teoritis dengan menghitung potensi pressure drop dari pipa, dan elbow maka didapatkan hasil 375.84Psi atau 25.92 Bar

Kata kunci: *water hammer, vertical multistage, pressure drop*

LATAR BELAKANG

Pembangunan gedung-gedung bertingkat di Indonesia saat ini sedang populer terutama di wilayah ibu kota negara baru IKN atau kota-kota maju lainnya seperti Jakarta, Surabaya, Semarang, Medan, Makassar dan yang lainnya. Dalam membangun suatu gedung harus diperhatikan beberapa aspek seperti sistem kelistrikan, sistem tata udara, dan tidak kalah pentingnya perencanaan sistem mekanikal gedung, seperti sistem *plumbing*, agar penghuni gedung dapat merasa nyaman saat berada di dalamnya. Pada gedung, biasanya sistem *plumbing* yang digunakan terdiri dari beberapa bagian, seperti sistem *plumbing* untuk air bersih dan sistem *plumbing* untuk air kotor.

Untuk menyediakan air bersih yang akan didistribusikan air ke masing-masing lantai, harus membutuhkan sistem transfer dahulu dari *Ground Water Tank* menuju menuju *Roof Tank* hal ini yang biasa disebut dengan sistem pipa air transfer. Dalam proses mentransfer air menuju *roof top* ada beberapa hal yang harus diperhatikan, salah satunya *Water Hammer* fenomena ini terjadi pada saat pompa sedang bekerja kemudian tiba-tiba

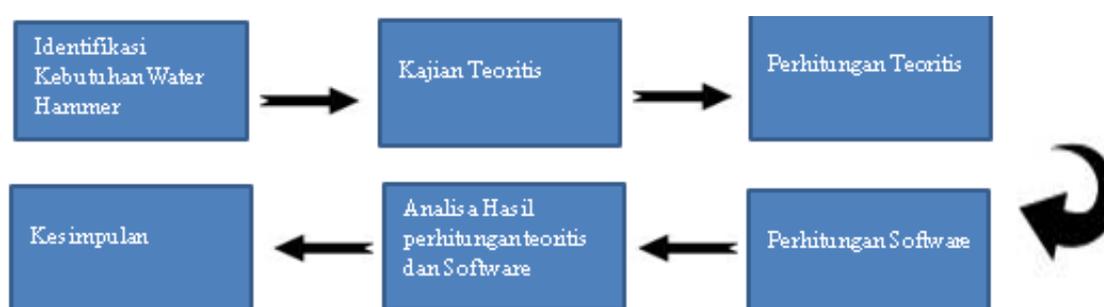
terjadi *power black out* sehingga menyebabkan air akan bergerak balik menuju *ground water tank* kembali.

Dalam proses kembalinya Air ke *Ground Water Tank* tekanan akan terakumulasi secara menyeluruh sesuai dengan panjang pipa vertikal, sesuai dengan hukum kekealan energi mekanik, dimana pada saat pompa berhenti bekerja maka disitulah menjadi energi potensial, dan pada saat air bergerak menuju ke *Ground Water Tank* energi potensial tersebut akan ditambah dengan energi kinetik yang menyebabkan tekanan pada titik terjauh akan meningkat secara signifikan, bahkan bisa melebihi dari tekanan kerja pompa.

Water Hammer adalah sebuah fenomena lonjakan tekanan yang timbul dari perubahan kecepatan aliran secara tiba-tiba, menimbulkan tegangan yang signifikan terhadap kekuatan sistem pemipaan, untuk mengantisipasi akibat *Water Hammer* tersebut semakin besar maka diaplikasikan anti *Water Hammer* yang akan di install di jalur pipa transfer, untuk pipa menggunakan jenis pipa *GIP medium class* dan pompa dengan Brand Xylem Lowara model Vertical Multistage, dengan kapasitas $45M^3/$ Jam dan Head 18 Bar setelah semua parameter ditentukan maka dilakukan Simulasi perhitungan menggunakan software *Cla-Val Surge Relief Valve*. Tujuan penelitian ini dilakukan agar mendapatkan design yang se efisien mungkin dan membandingkan perhitungan *software* dan teoritis.

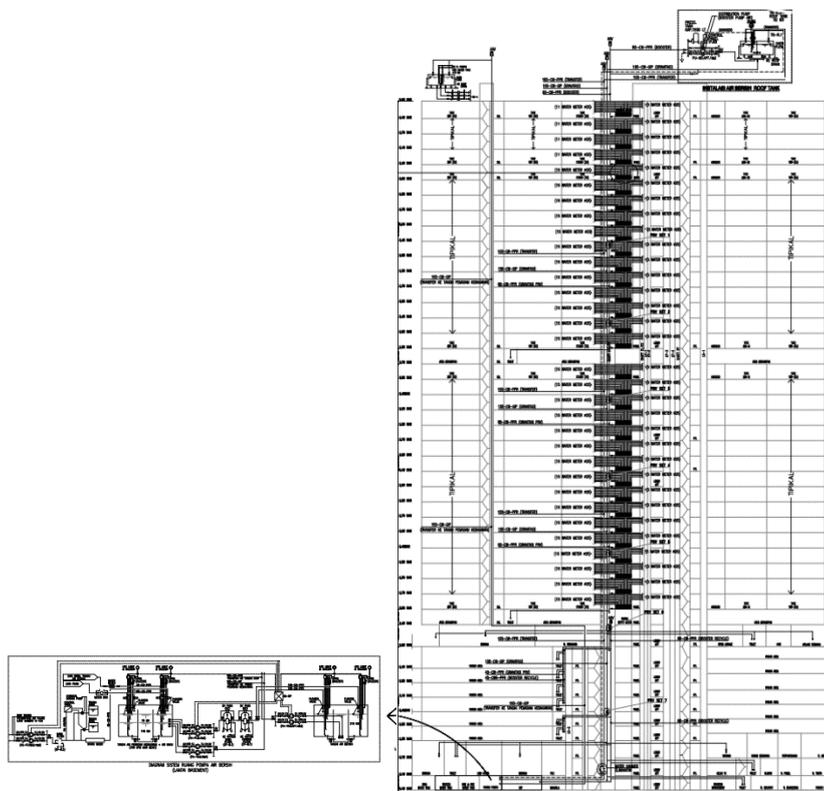
METODE PENELITIAN

Berikut gambaran langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian



Melakukan indentifikasi masalah yang ada yaitu dibutuhkannya perancangan, perhitungan dan pengujian Water Hammer yang akan di Install di High Rise Building. Selanjutnya dilakukan study pustaka dengan cara mengumpulkan dan mempelajari teori

dan materi dari buku-buku acuan dan jurnal yang menyangkut permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian.. Setelah semua data komplit maka penulis melakukan beberapa kali peninjauan Drawing yang telah di design oleh konsultan dan melakukan perhitungan potensi seberapa besar Water Hammer akan terjadi. Hal tersebut perlu dilakukan guna meminimalisir efek Water Hammer yang terjadi. Setelah dilakukan perhitungan teoritis dan software untuk pemasangan Anti Water Hammer maka dapat dianalisa bahwa pemasangan valve tersebut sudah sesuai dengan kesepakatan. Berikut ini merupakan skema sistem aliran air yang terdapat pada building.

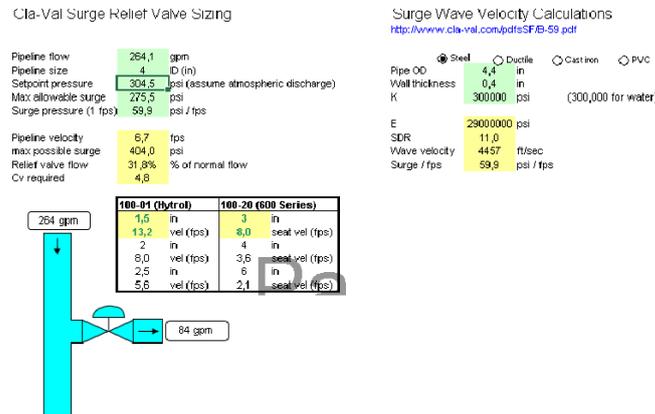


Gambar Skematik Plumbing System

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Water Hammer Software

Berikut perhitungan Water Hammer menggunakan *software Cla-Val Surge Relief Valve Sizing*.



Gambar Perhitungan Water Hammer

2. Perhitungan Water Hammer Teoritis

Berikut perhitungan *Water Hammer* menggunakan perhitungan manual, selanjutnya di korelasikan dengan hasil *software Cla-Cal Surge*, diketahui sebagai berikut.

Modulus elastisitas dari material sesuai dengan tabel berikut

Modulus of Elasticity	
steel	29000000 psi
ductile	24000000 psi
cast iron	17400000 psi
PVC	420000 psi

Menggunakan rum

$$\alpha = \frac{4660}{\sqrt{1 + \frac{K(SDR - 2)}{E}}} \quad \text{where}$$

α = Surge wave velocity (ft/sec)
 K = Bulk modulus of the fluid (water ~ 300,000 psi)
 E = Pipe material modulus of elasticity (steel ~29,000,000 psi)
 SDR = Standard Dimension Ratio (pipe OD / wall thickness)

$$\Delta h = \frac{a \Delta v}{g} \quad \text{where}$$

Δh = Head rise (ft)
 Δv = Velocity change (ft/sec)
 g = Gravitational acceleration (32.2 ft/sec²)

Maka,

$$a = \frac{4660}{\sqrt{1 + \frac{300.000Psi(11 - 2mm)}{29.000.000Psi}}}$$

$$a = \frac{4660}{\sqrt{1 + \frac{300.000Psi(9)mm}{29.000.000Psi}}}$$

$$a = \frac{4660}{\sqrt{1 + \frac{2.700.000Psi.mm}{29.000.000Psi}}}$$

$$a = \frac{4660}{\sqrt{1 + 0.093mm}}$$

$$a = \frac{4660}{\sqrt{1.093mm}}$$

$$a = \frac{4660}{1.045mm}$$

$$a = 4459 \text{ ft/sec}$$

Untuk menghitung jumlah air yang dapat *direlease* untuk membuat *pressure* stabil dan mampu untuk ditahan/diterima oleh pipa menggunakan rumus.

$$\frac{\text{Surge}}{\text{fps}} = \frac{\frac{a}{\text{Gravitasi}}}{\text{konstanta}}$$

Dimana :

- Surge Velocity (Ft/sec)
- Gravitasi 9.81 m/s² atau 32,2 ft/sec²
- Konstanta 2.31

$$\frac{\text{Surge}}{\text{fps}} = \frac{\frac{4459\text{Ft/sec}}{32.2\text{Ft/Sec}^2}}{2.31}$$

$$\frac{\text{Surge}}{\text{fps}} = \frac{138.47\text{Sec}}{2.31}$$

$$\frac{\text{Surge}}{\text{fps}} = 59.9 \text{ Ft/sec}$$

Setelah mengetahui Surge Velocity maka selanjutnya mencari velocity dalam pipa secara general dengan menggunakan rumus.

$$\text{Pipeline Velocity} = 0.4085 \times \frac{\text{pipeline flow}}{\text{size pipe}^2} \text{ (Fps)}$$

$$\text{Pipeline Velocity} = 0.4085 \times \frac{264.1}{4^2}$$

$$\text{Pipeline Velocity} = 0.4085 \times 16.50$$

$$\text{Pipeline Velocity} = 6.74 \text{ Fps}$$

Setelah semua telah diketahui maka kita harus menghitung kemungkinan beban terbesar (*high Pressure*) yang akan di alami oleh pipa pada saat water hammer terjadi, dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Surge Pressure x Pipe Velocity

$$59.9 \times 6.74$$

$$= 403.726 \text{ Psi}$$

$$= 27.8 \text{ Bar}$$

Loss Pressure yang diakibatkan oleh gesekan antara air dengan pipa, menggunakan rumus

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

Hf : Kerugian *head* karena gesekan (m) (fit)

F : Faktor gesekan (diperoleh dari diagram *Moody*) atau dengan tabel

L : Panjang pipa (m) (in)

D : Diameter Pipa (m) (in)

V : Kecepatan aliran fluida (m/s) (fit/sec)

g : Gravitasi (m/s) (fit/sec)

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0.002 \frac{200}{0.1} \frac{205^2}{2 \times 9.814}$$

$$h_f = 0.002 \times 2000 \times 2.28$$

$$h_f = 0.002 \times 2000 \times 2.28$$

$$h_f = 9.12 \text{ Meter} = 0.912 \text{ Bar}$$

Setelah menghitung *loss pressure* yang diakibatkan oleh pipa, maka selanjutnya menghitung kerugian *pressure* akibat Elbow atau Tee, dengan menggunakan tabel berikut.

Tabel Menghitung kerugian peralatan pipa dengan rumus

Diameter Nominal (mm)	Panjang Ekuivalen (m)							
	Belokan 90°	Belokan 45°	T-90° aliran cabang	T-90° aliran lurus	Katup Sorong	Katup Bola	Katup Sudut	Katup Satu Arah
15	0,60	0,36	0,90	0,18	0,12	4,5	2,4	1,2
20	0,75	0,45	1,2	0,24	0,15	6,0	3,6	1,6
25	0,90	0,54	1,5	0,27	0,18	7,5	4,5	2,0
32	1,2	0,72	1,8	0,36	0,24	10,5	5,4	2,5
40	1,5	0,90	2,1	0,45	0,30	13,5	6,6	3,1
50	2,1	1,2	3,0	0,60	0,39	16,5	8,4	4,0
65	2,4	1,5	3,6	0,75	0,48	19,5	10,2	4,6
80	3,0	1,8	4,5	0,90	0,63	24,0	12,0	5,7
100	4,2	2,4	6,3	1,2	0,81	37,5	16,5	7,6
125	5,1	3,0	7,5	1,5	0,99	42,0	21,0	10,0
150	6,0	3,6	9,0	1,8	1,2	49,5	24,0	12,0
200	6,5	3,7	14,0	4,0	1,4	70,0	33,0	15,0
250	8,0	4,2	20,0	5,0	1,7	90,0	43,0	19,0

Sumber : Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing, Soufyan M. Noerbambang, Takeo Morimura (Peter), hal. 76

$$h_f = f \frac{V^2}{2g}$$

H_f : Kerugian *head* karena gesekan (m) (fit)

F : Faktor gesekan pada tabel 4.2

V : Kecepatan aliran fluida (m/s) (fit/sec)

G : Gravitasi (m/s) (fit/sec)

$$hf = f \frac{V^2}{2g}$$

$$hf = 4.2 \frac{205 \times 205}{2 \times 9.814}$$

$$hf = 4.2 \times 2.287$$

$$hf = 9.605 \text{ Meter}$$

$$hf = 0.960 \text{ Bar}$$

Jadi kerugian pressure (pressure drop) akibat bergesekan dengan pipa dan elbow pada saat *water hammer* terjadi yaitu sebesar 0.912 Bar (gesekan dengan pipa) dan 0.960 Bar (gesekan dengan elbow) menjadi 1.872 Bar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil erancangan perhitungan dan pengaplikasian sistem anti Water Hammer untuk dapat menghasilkan rancangan yang sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan. Dapat disimpulkan: Dihasilkan desain perhitungan dan perhitungan teoritis sesuai dengan kebutuhan pada gedung tersebut.

Dihasilkan perbandingan antara software dan teoritis yang sesuai. Potensi tekanan balik pada saat pompa cut off pada menggunakan software 304.5 Psi atau 21 Bar. Pada perhitungan teoritis mendapatkan hasil 362,5 Bar atau 25. Saran Dari hasil perancangan diperoleh beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut, sebagai berikut Perlu dikembangkan software agar mendekati hasil aktual dan teoritis. Perlu mengetahui potensi-potensi yang terjadi apabila power black out sehingga dapat meminimalisir penyimpangan hasil. Penempatan Anti water hammer sedekat mungkin dengan pipa tegak agar dapat meminimalisir water hammer.

DAFTAR REFERENSI

- Rossman, L.A. (2000). *EPANET 2 User's Manual*. Manual resmi dari EPA yang menjadi acuan utama dalam simulasi jaringan distribusi air menggunakan perangkat lunak EPANET.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2015). *SNI 8153:2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung*. Standar nasional yang mengatur tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem plambing di Indonesia.
- Soufyan, M.N., & Morimura, T. (1996). *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing* (Edisi ke-4). Pradnya Paramita.

- Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Makunimau, J.G., Krisnayanti, D.S., & Karels, D.W. (2021). *Perencanaan Jaringan Air Bersih di Desa Bolok Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang*. Jurnal Teknik Pengairan, 12(2). Studi ini menggunakan perangkat lunak EPANET 2.0 dan metode Hazen-Williams untuk merencanakan jaringan perpipaan air bersih di Desa Bolok.
- Kasmawati, F., Latif, F., Indriyanti, I., Farida, G., & Djunur, L.H. (2021). *Perencanaan Instalasi Air Bersih Desa Lembangloe Kabupaten Gowa*. Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun, 8(1). Penelitian ini memproyeksikan kebutuhan air bersih selama 10 tahun ke depan dan merancang kapasitas tampungan yang dibutuhkan
- Agustan, A., Minmahddun, A., Razak, E.N.P., Welendo, L., Nuhun, R.S., & Ramadhan, S. (2024). *Redesain Sistem Jaringan Air Bersih (Studi Kasus: Kec. Wakorumba Utara, Buton Utara)*. Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang, 11(2). Studi ini melakukan redesign jaringan perpipaan menggunakan EPANET untuk meningkatkan distribusi air bersih di wilayah tersebut.
- Noerbambang dan Morimura (1991) *Sistem Penyediaan Air Bersih dan Plumbing*.
- Rahmawati, D.R., Permana, S., & Hantari, A.N. (2023). *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Mukti Desa Tenjowaringin Kabupaten Tasikmalaya*. Jurnal Konstruksi, 21(2). Penelitian ini merancang sistem penyediaan air bersih menggunakan sumber mata air Cipeuti dengan bantuan perangkat lunak EPANET 2.2
- Maulina, S.M. (2023). *Perencanaan Penyediaan Air Minum di Kota Sanggau*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura. Studi ini menganalisis kebutuhan air masyarakat dan merancang sistem penyediaan air minum yang efektif di Kota Sanggau.
- Mahendra, J., & Nurhasanah, A. (2023). *Perancangan Sistem Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih di Desa Sukaraja Kecamatan Semaka Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung Menggunakan Aplikasi EPANET 2.0*. Jurnal Teknik Sipil, 13(1). Penelitian ini merancang sistem distribusi air bersih menggunakan EPANET 2.0 dengan mempertimbangkan kebutuhan air dan diameter pipa yang sesuai.