

Desain Instalasi Hemat Air di Gedung J PPNS dengan Penerapan Teknologi Sanitasi Modern

Mohamad Beni Firmansyah^{1*}, Ekky Nur Budiyanto^{2*}, Ni'matut Tamimah^{3*}

Program Studi D4-Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D4-Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program Studi D4-Teknologi Rekayasa Energi Berkelanjutan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: mbeni@ppns.ac.id^{1*}; ekky@ppns.ac.id²; nimatuttamimah@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - Water is an essential and non-substitutable natural resource, particularly in higher education environments such as the Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), where daily operations by students, faculty, and staff rely heavily on its availability. This study proposes the development of an efficient piping system for Building J at PPNS, emphasizing modern plumbing strategies aligned with sustainable sanitation practices. A comparative analysis was conducted between the existing conventional sanitation system and an alternative design incorporating water-saving technologies. The scope of the analysis included material estimation, equipment selection, and comprehensive budget calculations. Findings indicate that the building's average water demand is 292 liters per minute, with a pump power requirement of 1.234 kW and a total head of 25.8505 meters. Implementation of modern technology resulted in a water reduction of approximately 11,617 liters per day, representing a 45% improvement in efficiency over the conventional system.

Keywords: Piping System, Water Efficiency, Plumbing, Modern Sanitation, Sustainability

Nomenclature

t	Jangka waktu pemakaian (jam)
ρ	Massa jenis (kg/m^3)
g	Gravitasi ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)
Q	Debit air (l)
HL	Headloss (m)
f	Friction Factor
D	Diameter (m)
V	Kecapatan Aliran (m/sec)
W_u	Pemakaian Air (l/hari)
P_u	Populasi Harian
F_t	Faktor Tap
Q_d	Penggunaan air rata-rata harian (l/hari)
Q_h	Penggunaan air rata-rata per-jam (l/jam)
Q_{h-maks}	Penggunaan air pada jam puncak (l/jam)
Q_m	Penggunaan air rata-rata per-menit (l/menit)
Q_{m-maks}	Penggunaan air pada menit puncak(l/menit)
C_1	Konstanta pemakaian air pada jam puncak
C_2	Konstanta pemakaian air pada jam puncak
H_{pump}	Head total pompa (m)
P_{pump}	Daya pompa (kW)

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan, tetapi ketersediaannya semakin terancam akibat meningkatnya kebutuhan dan pola konsumsi yang tidak efisien. Di lingkungan kampus, seperti Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), air digunakan untuk berbagai kebutuhan, mulai dari aktivitas sanitasi seperti toilet dan wastafel hingga kebutuhan operasional di kantin. Tingginya intensitas penggunaan fasilitas ini berpotensi menimbulkan pemborosan air, terutama jika menggunakan sistem sanitasi konvensional yang

kurang efisien. Sistem konvensional, seperti flush manual pada urinoir dan keran air yang memerlukan kontrol pengguna, sering kali menyebabkan penggunaan air yang tidak terkendali, baik karena kebiasaan pengguna maupun desain sistem yang tidak optimal.

Sistem perpipaan atau sistem plumbing merupakan elemen yang sangat penting dalam distribusi air bersih. Plumbing dirancang untuk memastikan bahwa air bersih dapat didistribusikan dengan baik ke berbagai fasilitas, seperti toilet, wastafel, dan keran. Dalam desain plumbing modern, berbagai teknologi dan peralatan hemat air telah diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, seperti urinoir automatic flushing system berbasis sensor, yang hanya menggunakan air saat mendeteksi keberadaan pengguna, dual-flush toilet, yang meminimalkan jumlah air yang digunakan per flush, dan keran push, yang memastikan air tidak terbuang saat tidak digunakan. Meskipun teknologi sanitasi modern menawarkan potensi besar untuk menghemat air, implementasinya tidak terlepas dari tantangan. Biaya pemasangan awal yang cukup tinggi dan kebutuhan akan pemeliharaan rutin sering kali menjadi kendala. Selain itu, keberhasilan penerapan teknologi ini juga sangat bergantung pada adaptasi dan kesadaran pengguna dalam memanfaatkannya secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam untuk mengukur seberapa efektif teknologi modern ini dalam mengurangi konsumsi air dibandingkan dengan sistem konvensional.

Gedung J merupakan Laboratorium Terpadu yang menjadi salah satu fasilitas pendidikan milik PPNS yang terdiri dari tujuh lantai. Gedung ini

dilengkapi dengan berbagai laboratorium, seperti laboratorium Plumbing, pemadam kebakaran, fisika, dan lainnya, yang dirancang untuk mendukung kegiatan penelitian dan pembelajaran multidisiplin. gedung ini menjadi lokasi yang ideal untuk penelitian yang berfokus pada efisiensi penggunaan sumber daya, termasuk sistem sanitasi dan pengelolaan air.

2. METODOLOGI

2.1 Sistem Plumbing

Sistem plumbing adalah sistem perpipaan yang dirancang dalam suatu bangunan untuk mendistribusikan air bersih ke area yang membutuhkan dengan tekanan serta debit aliran yang memadai. Sistem ini mencakup seluruh kegiatan pemasangan pipa beserta kelengkapan di dalam gedung, baik untuk kebutuhan air bersih maupun pembuangan air kotor, yang membentuk satu kesatuan instalasi guna memastikan suplai air bersih sampai ke titik-titik yang diinginkan dengan tekanan yang sesuai [1].

2.2 Laju Aliran

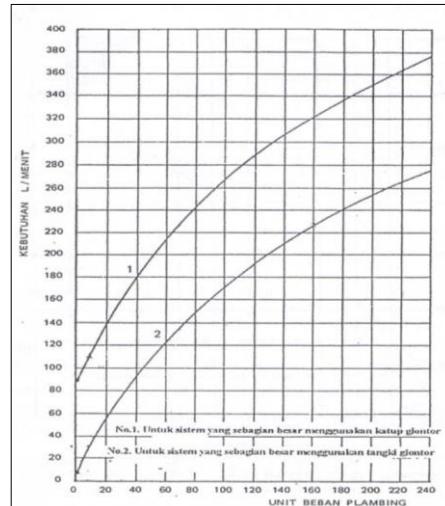
Dalam merancang sistem penyediaan air untuk sebuah bangunan, kapasitas peralatan serta dimensi pipa ditentukan berdasarkan kebutuhan jumlah dan laju aliran air yang harus dialirkan ke bangunan tersebut. Kebutuhan ini idealnya didasarkan pada hasil kajian terhadap kondisi aktual di lapangan. Penetapan besarnya laju aliran dapat dilakukan dengan cara berikut [2]:

- Penentuan laju aliran berdasarkan pemakai

Apabila jumlah penghuni suatu gedung telah diketahui atau telah ditentukan, maka data tersebut digunakan sebagai dasar untuk menghitung rata-rata konsumsi air harian, dengan mengacu pada standar dan regulasi yang menetapkan kebutuhan air per orang sesuai dengan karakteristik penghuni gedung. Namun, apabila jumlah penghuni belum diketahui secara pasti, maka perhitungan biasanya dilakukan melalui pendekatan berdasarkan luas lantai gedung. Dalam hal ini, digunakan asumsi kepadatan penghuni per meter persegi. Perlu dicatat bahwa luas lantai yang digunakan adalah luas lantai efektif, yaitu sekitar 55 hingga 80 persen dari total luas bangunan.

- Berdasarkan unit beban alat plumbing
- Dalam metode ini, setiap perlengkapan plumbing diberikan nilai satuan beban (fixture unit). Nilai-nilai beban dari seluruh perlengkapan yang terhubung pada suatu bagian pipa dijumlahkan untuk menentukan total beban sistem di bagian tersebut. Selanjutnya, total unit beban ini digunakan

untuk memperkirakan laju aliran air melalui bantuan kurva (lihat Gambar 1). Kurva tersebut menunjukkan hubungan antara jumlah unit beban dengan laju aliran air, dengan mempertimbangkan faktor probabilitas penggunaan secara bersamaan dari perlengkapan-perlengkapan plumbing tersebut.



Gambar 1. Hubungan UBAP dengan Kebutuhan Air [3]

2.3 Penentuan Kebutuhan Air Bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari, dengan kualitas yang memenuhi persyaratan kesehatan sesuai peraturan dan regulasi yang berlaku, serta layak dikonsumsi setelah dimasak.[4]

Berikut ini Adalah Langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk perhitungan kebutuhan air bersih [2] :

- 1) Kebutuhan air rata-rata penggunaan per-hari

$$Q_d = Q_h \cdot t \quad (1)$$
- 2) Penggunaan air puncak per-jam

$$Q_{h-maks} = C_1 \cdot Q_h \quad (2)$$
- 3) Penggunaan air puncak per-menit

$$Q_{m-maks} = C_2 \cdot Q_m \quad (3)$$

2.4 Penentuan Head Pompa dan Perhitungan Daya Pompa

Berikut ini adalah tahapan perhitungan untuk mengetahui head pump dan pump power yang tepat untuk memindahkan air dari bak penampung bawah ke bak atas, dengan asumsi kecepatan aliran berada dalam rentang 0,3 m/s hingga 2,5 m/s [5]:

- 1) Perhitungan head statis dapat ditentukan dengan metode berikut :
 - a. Jarak vertikal antara permukaan air pada bak air bawah (Ground Water Tank) dengan permukaan air pada bak air atas (Roof Tank).
 - b. Jarak vertikal dari permukaan air di bak air bawah (Ground Water Tank)

- hingga titik tertinggi yang dapat dicapai oleh aliran air dalam sistem.
- 2) Perhitungan headloss pada pipa dan *fitting* yang digunakan.

Untuk perhitungan headloss mayor harus diketahui terlebih dahulu friction factor yang didapatkan dari moody diagram [6], selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan *Darcy-Weisbach* berikut [7] :

$$Hl_{\text{major}} = f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot g} \quad (4)$$

Selanjutnya, perhitungan headloss minor dapat digunakan persamaan berikut ini :

$$Hl_{\text{minor}} = K \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

- 3) Selanjutnya, dapat dihitung head total pompa dengan persamaan sebagai berikut :
- $$H_{\text{total}} = H_{\text{statis}} + Hl_{\text{major}} + Hl_{\text{minor}} \quad (6)$$
- 4) Setelah head total diketahui, selanjutnya dapat dihitung daya pompa dengan persamaan berikut :
- $$P_{\text{pump}} = \rho \times g \times h_{\text{pump}} \times Q \quad (7)$$

2.5 Penentuan Pemakaian Air

Berdasarkan jumlah populasi yang ada, kebutuhan air untuk setiap jenis alat plumbing, baik yang bersifat konvensional maupun non-konvensional, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [8]:

$$W_u = P_u \times t \times Q \times F_t \quad (8)$$

Durasi serta debit pemakaian air tersebut memiliki data yang berbeda sesuai dengan katalog equipment plumbing yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kebutuhan Air Bersih

Perancangan sistem plumbing ini menggunakan pendekatan yang ke-dua, yaitu berdasarkan Unit Beban Alat Plumbing (UBAP), oleh karena itu diperlukan data mengenai jenis dan jumlah setiap alat plumbing yang digunakan untuk menentukan total UBAP dalam gedung.

Tabel. 1 Total UBAP

Unit Beban Alt Plumbing			
Nama Equipment	Jumlah Equipment	UBAP	Jumlah UBAP
Water Closet	28	2.5	70
Urinal	21	2	42
Faucet	42	1	42
JUMLAH UBAP		154	

Dari tabel 1 diatas didapatkan total UBAP sebesar 154.

Dari Tabel 1 diatas dapat diketahui bahwa total Unit Beban Alat Plumbing (UBAP) sebesar 154, apabila diproyeksikan ke dalam kurva pada Gambar 1, maka diperoleh debit aliran air (Q) sebesar 220 liter per menit.

Laju aliran dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (1), berikut ini adalah perkiraan penggunaan puncak kebutuhan air dari gedung J PPNS secara keseluruhan.

$$\begin{aligned} Qh &= 220 \text{ L/menit} \\ &= 13,2 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ Q_d &= 105,6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dengan asumsi waktu kerja selama 8 jam per hari, yaitu dari pukul 08.00 hingga 16.00, maka diperoleh rata-rata pemakaian air harian dengan rincian sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_d &= 105,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\ Q_h &= \frac{105,6}{24 \text{ jam (1hari)}} \\ Q_h &= 4,4 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

3.2 Kebutuhan air pada jam puncak

Kebutuhan puncak air per-jam dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut :

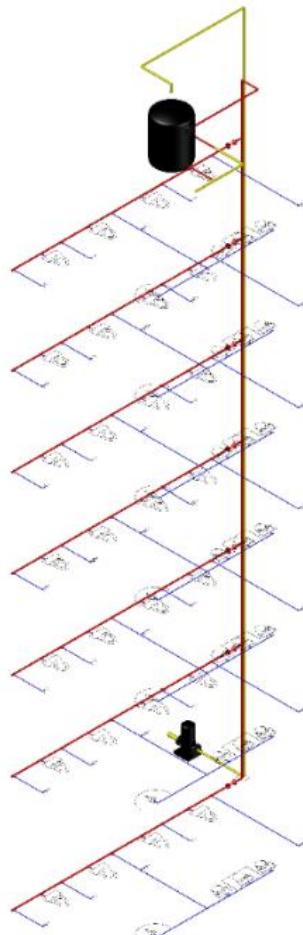
$$\begin{aligned} Q_{h-\text{maks}} &= 2 \cdot 4,4 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 8,8 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

3.3 Kebutuhan air pada menit puncak

Selanjutnya, kebutuhan puncak air per-menit puncak diketahui dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{m-\text{maks}} &= 4 \cdot (4,4 \text{ m}^3/\text{jam} / 60) \\ &= 0,292 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

3.4 Head Pompa



Gambar 4. Desain 3D Perpipaan Gedung

Dengan desain perpipaan seperti diatas, maka didapatkan nilai head statis sebagai berikut :
 $H_{\text{statis}} = 24,25 \text{ m}$

Selanjutnya, setelah menggunakan persamaan (4), dan (5), didapatkan nilai headloss major dan headloss minor sebagai berikut :

$$H_{\text{I,major}} = 1,4381 \text{ m}$$

$$H_{\text{I,minor}} = 0,1624 \text{ m}$$

Setelah diketahui nilai headloss mayor, headloss minor, dan head statis dalam sistem, langkah selanjutnya adalah menghitung total head pompa yang diperlukan untuk mengalirkan air bersih dari bak bawah ke rooftop tank. Perhitungan ini dilakukan dengan menjumlahkan ketiga komponen tersebut, yaitu head statis, headloss mayor, dan headloss minor seperti pada persamaan (6).

$$\begin{aligned} H_{\text{pump}} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{I,major}} + H_{\text{I,minor}} \\ &= 24,25 + 1,4381 + 0,1624 \\ &= 25,8505 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah itu, dilakukan perhitungan daya pompa, dengan persamaan berikut (7) :

$$\begin{aligned} P_{\text{pump}} &= \rho \times g \times h_{\text{pump}} \times Q \\ &= 1000 \times 9,8 \times 25,8505 \times 0,0049 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{pump}} &= 1234,155 \text{ W} \\ &= 1,234 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka dapat diketahui bahwa untuk mengalirkan air di Gedung J PPNS diperlukan daya pompa sebesar 1,234 kW.

3.5 Pemakaian Air

Sebelum melakukan perhitungan pemakaian air, diperlukan data pemakaian air per Equipmentnya. Data Equipment yang digunakan adalah berdasarkan katalog dari brand yang digunakan, Tabel 2 berikut adalah data keluaran air yang diperoleh :

Tabel. 2 Data Equipment

NAMA EQUIPMENT	EQUIPMENT SANITARY			
	PENGUNAAN AIR EXISTING	PENGUNAAN AIR NEW	TAMBAHAN FUNGSI	POTENSI PENGHEMATAN
KLOSET	6 L/Flush	3-4,5 L/Flush	Dual Flush	38%
URINOIR	2,5 L/Flush	1,8 L/Flush	Sensor Otomatis	28%
KERAN	15 L/Menit	7 L/Menit	Menutup Otomatis	53%

Setelah itu, jumlah Populasi harus ditentukan terlebih dahulu, penentuan jumlah populasi ini berdasarkan data yang didapat dari jadwal kelas yang berada di Gedung J. Tabel 3 berikut adalah jumlah populasi yang berada di Gedung J.

Tabel. 3 Total Populasi

HARI LANTAI	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Rata-rata
1	66	63	62	60	45	59
2	150	270	120	120	60	144
3	60	30	60	30	0	36
4	540	420	510	450	390	462
5	240	270	210	240	210	234
6	150	90	150	120	120	126
7	180	180	180	240	120	180
Total	1.386	1.323	1.292	1.260	945	1.241

Setelah itu akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (4), perhitungan pertama akan dilakukan dengan menggunakan alat plumbing konvensional menggunakan jumlah populasi rata-rata pada lantai 2, dan didapatkan hasil pada tabel 4 berikut :

Tabel. 4 Contoh Perhitungan Pemakaian Air Konvensional

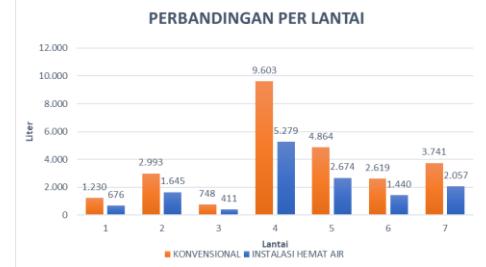
Equipment Sanitary	Populasi	Okupansi (%)		Durasi Pemakaian		Debit		Faktor Pemakaian Tap		Pemakaian Air (Liter/Hari)
		Faktor	Satuan	Besaran	Satuan	Faktor	Satuan	Faktor	Satuan	
KLOSET	144	50%	2,3	pemakaian /orang	6	L/Flush	-	-	-	994
		50%	2	pemakaian /orang	2,5	L/Flush	-	-	-	360
		100%	0,33	menit / pemakaian	15	L/Menit	2,3	per hari	1.639	2.993
TOTAL PEMAKAIAN AIR / HARI										2.993

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk penggunaan plumbing hemat air yang ditujukan pada Tabel 5 berikut ini :

Tabel. 5 Contoh Perhitungan Pemakaian Air Plumbing Hemat Air

Equipment Sanitary	Populasi	Okupansi (%)		Durasi Pemakaian		Debit		Faktor Pemakaian Tap		Pemakaian Air (Liter/Hari)
		Faktor	Satuan	Besaran	Satuan	Faktor	Satuan	Faktor	Satuan	
KLOSET	144	50%	2,3	pemakaian /orang	3,75	L/Flush	-	-	-	621
		50%	2	pemakaian /orang	1,8	L/Flush	-	-	-	259
		100%	0,33	menit / pemakaian	7	L/Menit	2,3	per hari	1.639	1.645
TOTAL PEMAKAIAN AIR / HARI										1.645

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk semua lantai, dan perhitungan untuk sistem plumbing hemat air dengan cara yang sama. Grafik berikut adalah hasil perbandingan dari perhitungan konvensional dengan plumbing hemat air yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Per Lantai

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa pada setiap lantai, sistem hemat air menunjukkan pengurangan kebutuhan air yang signifikan dibandingkan sistem konvensional. Jika dijumlahkan secara keseluruhan, kebutuhan air harian untuk seluruh gedung dengan sistem konvensional adalah 25.798 liter per hari, sedangkan dengan sistem hemat air hanya 14.181 liter per hari. Penerapan sistem instalasi hemat air menghasilkan penghematan sebesar 11.617 Liter, atau 45% dari total konsumsi air harian. Angka ini mencerminkan efisiensi yang tinggi dan mendukung upaya konservasi sumber daya air di lingkungan kampus.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem plumbing air bersih untuk Gedung J PPNS, yang terdiri dari tujuh lantai, memerlukan pasokan air bersih dalam jumlah yang signifikan setiap harinya. Untuk mendistribusikan air hingga ke tangki di atas gedung, sistem ini memerlukan tekanan yang memadai agar aliran air dapat mencapai ketinggian tersebut secara optimal. Sistem juga didesain dengan mempertimbangkan efisiensi energi pada pompa yang digunakan. Melalui penerapan instalasi hemat air, konsumsi air harian gedung dapat ditekan secara drastis, bahkan mendekati setengah dari kebutuhan awal, sehingga menciptakan sistem yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibowo, R. (2014). Analisa dan Perhitungan Sistem Plambing Penyediaan Air Bersih Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknik Mesin*.
- [2] Noerbambang, S. M. , & Morimura, T. (2000). Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. Jakarta : Pradnya Paramita.
- [3] BSN. (2005). SNI 03 7065 : Standar Nasional Indonesia Tata cara perencanaan sistem plambing ICS 91.140.60. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [4] MENKES. (2005). Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/Menkes/Sk/Xi/2002 Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran Dan Industri. Jakarta : Menteri Kesehatan.
- [5] Sulastro, & Haruo Tahara. (2000). Pompa dan Kompressor (Seventh Edition). Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- [6] Henry Liu. (2003). Pipeline Engineering. Washington, D.C. : Lewis Publishers.
- [7] Mahardhika, P. (2018). Evaluasi Instalasi Plumbing Air Bersih Rumah Tipe 42 Menggunakan Pipe Flow Expert Berdasarkan Sni 03-7065-2005 Dan Bs 6700. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 1. <https://doi.org/10.31884/jtt.v4i1.68>
- [8] Khairunisa Rahayu, A., Pratama, Y., Nurprabowo, A., & Lingkungan, J. T. (2020). Perencanaan Sistem Instalasi Plambing Air Bersih dengan Penerapan Alat Plambing Hemat Air Di Rumah Sakit Universitas Sam Ratulangi. *Serambi Engineering*, V(2).
- [9] Muhamad, F., & Wardhani, E. (2021). Studi Penghematan Air pada Sistem Plambing Air Bersih di Apartemen Menara Cibinong Tower Mahoni. *Serambi Engineering*, VI(4).
- [10] Parisher, R. (2021). Pipe Drafting and Design Fourth Edition (hlm. i–iii). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822047-4.00022-4>
- [11] BSN. (2015). SNI 8153 : Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. www.bsn.go.id