

## PERENCANAAN SISTEM AIR BERSIH DAN AIR BUANGAN DENGAN BIM PADA PEMBANGUNAN HOTEL GRAND MIAMI KEPANJEN

Putri Dyah Ayu P<sup>1</sup>, Ratih Indri Hapsari<sup>2</sup>, Wahiddin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang <sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, <sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

[putridyah31@gmail.com](mailto:putridyah31@gmail.com), [ratih@polinema.ac.id](mailto:ratih@polinema.ac.id), [wahiddin@polinema.ac.id](mailto:wahiddin@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Hotel Grand Miami Kepanjen merupakan hotel bintang 4 dengan berbagai fasilitas yang tersedia, hotel tersebut menggunakan air bersih yang cukup banyak dan air pembuangan yang dikeluarkan guna memenuhi kebutuhan air setiap harinya. Tujuan dari perencanaan ini menghitung debit dan dimensi pipa air bersih dan air buangan, menghitung dimensi pipa vent, menerapkan BIM level 2 menggunakan Autodesk Revit pada instalasi air bersih, menentukan kontrol aliran terhadap v, p, clash, menghitung volume material, dan menghitung rencana anggaran biaya instalasi air bersih dan air buangan. Data yang dibutuhkan adalah gambar lengkap proyek, jumlah penghuni, dan analisa harga satuan proyek. SNI 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing sebagai referensi. Dari perencanaan didapatkan: Debit air dingin 125,455 m<sup>3</sup>/hari ; Debit air panas 219,5 liter/menit ; Debit air hidran 31,65 liter/menit ; Debit air buangan 123,185 m<sup>3</sup>/hari. Dimensi vent pipa D ø32mm, ø42mm, ø60mm, ø76mm, ø114mm. Hasil BIM menunjukkan bahwa pada air bersih terdapat clash sistem aliran pipa ground tank lantai 1, roof tank dan water heater lantai 6. Kontrol kecepatan sistem pipa Domestic Cold Water 95: 0,4 m/dtk - 5,4 m/dtk. Kontrol tekanan pada lantai 6 memiliki nilai tekanan rendah. Hasil volume pipa air dingin adalah PPR-PN10 ø20mm:1391m', ø25mm:437m', ø32mm:78m', ø40mm:120m', ø50mm:33m', ø63mm:189m', ø75mm:81m', ø90mm:81m', ø110mm:142m', ø160mm:170m'. Pipa air panas pipa PPR-PN20 ø40mm:1160m', ø50mm:135m', ø75mm:210m'. Pipa hidran pipa BSP Sch.40 ø4inchi:123m', ø8inchi:195m'. Rencana Anggaran Biaya adalah sebesar Rp. 3,241,739,000, -.

**Kata-kata kunci :** air bersih, air buangan, BIM, Hotel.

### ABSTRACT

*Hotel Grand Miami Kepanjen is a 4-star hotel with various facilities available, the hotel uses a lot of clean water and waste water that is issued to meet daily water needs. The purpose of this study is to calculate the discharge and dimensions of clean water and waste water pipes, calculate the dimensions of the vent pipe, apply BIM level 2 using Autodesk Revit on clean water installations, determine flow control against v, p, clash, calculate the volume of material, and calculate the budget. The data required is a drawing of the project, the number of occupants, and the project unit price. SNI 03-7065-2005 is used as the Procedures for Planning Plumbing Systems as a reference. It was obtained that the cold water discharge is 125.455 m<sup>3</sup>/day ; Hot water discharge is 219.5 liters/minute; Hydrant water discharge is 31.65 liters/minute; Wastewater discharge is 123.185 m<sup>3</sup>/day. D pipe vent dimensions are 32mm, 42mm, 60mm, 76mm, 114mm. BIM on clean water finds that there is a clash of the ground tank pipe flow system on the 1st floor, roof tank and water heater on the 6th floor. Control Speed of Domestic Cold Water 95 pipe system is 0.4 m/s - 5.4 m/s. The pressure control on the 6th floor has a low pressure value. The result of the volume of the pipe cold water pipe PPR-PN10 are 20mm:1391m', 25mm:437m', 32mm:78m', 40mm:120m', 50mm:33m', 63mm:189m', ø75mm:81m', 90mm:81m', ø110mm:142m', ø160mm: 170m'. Hot water pipe PPR-PN20 pipes are 40mm:1160m', 50mm:135m', 75mm:210m'. BSP Sch.40 hydrant pipes are 4inchi:123m', 8inchi:195m'. The Budget Plan is Rp. 3,241,739,000, -.*

**Keywords :** clean water, waste water, BIM, Hotel.

### 1. PENDAHULUAN

Hotel Grand Miami Kepanjen merupakan hotel bintang 4 dengan berbagai fasilitas sarana dan prasarana yang

tersedia. Hotel tersebut menggunakan air bersih yang cukup banyak dan air pembuangan yang dikeluarkan guna memenuhi kebutuhan air setiap harinya.

Dalam lampiran Permen PUPR No.22 tahun 2018 yang berbunyi Bangunan Gedung Negara (BGN) dengan luas diatas 2000 m<sup>2</sup> dan diatas dua lantai harus mulai menerapkan BIM dalam tahapan perencanaan sampai dengan konstruksi. (Nelson & Sekarsari, 2019). Dalam lampiran Peraturan Pemerintah No.16 tahun 2021 yang berbunyi Metode pelaksanaan konstruksi bangunan dapat dilakukan dengan padat teknologi, dengan kriteria pekerjaan: bangunan bertingkat menengah dan tinggi, teknologi tidak sederhana dan risiko tinggi, bahan bangunan non standar, memerlukan peralatan mekanik dan elektrik, wajib menggunakan BIM paling sedikit sampai dimensi kelima.

Perencanaan menggunakan Building Information Modeling (BIM) level 2, yaitu memodelkan gambar 3 dimensi disertai dengan perhitungan volume. Perencanaan ini mengaplikasikan Building Information Modeling (BIM) dengan menggunakan software Autodesk Revit. Autodesk Revit adalah software untuk mendesain suatu struktur bangunan berbasis BIM dengan tujuan untuk mengefisienkan tahap perencanaan dan konstruksi struktur suatu proyek. Dalam Perencanaan ini selain mendapatkan model jaringan pipa Gedung 3D yang berbasis BIM, tapi juga akan mendapatkan nilai sisa tekan, data volume pekerjaan, gambar detail sambungan maupun belokan dari gedung Hotel Grand Miami Kepanjen. Keunggulan Revit antara lain yaitu terintegrasinya permodelan, analisis dan desain plumbing dengan menyertakan setiap detail penting saat proses konstruksi secara keseluruhan.

## 2. METODE

### A. Perhitungan Volume Kebutuhan Air Bersih

Metode yang digunakan dalam menentukan kebutuhan air bersih menggunakan metode jumlah pemakai.

Perhitungan pemakaian air bersih Gedung (Qd) menggunakan **persamaan 1**.

$$Qd = \Sigma \text{Peghuni} \times \text{Keb.air/Org/hr} \quad (1)$$

Perhitungan kebutuhan air rata-rata per hari (Qh) menggunakan **persamaan 2**.

$$Qh = Qd/T \quad (2)$$

Dimana:

Qh = Pemakaian air rata-rata (m<sup>3</sup>/jam)

Qd = Pemakaian air rata-rata sehari (m<sup>3</sup>)

T = Jangka waktu pemakaian (jam)

Pemakaian air jam puncak menggunakan **persamaan 3**.

$$Qh\text{-max} = (C1) (Qh) \quad (3)$$

Dengan C1 memiliki nilai antara 1,5 – 2,0

Perhitungan pemakaian air pada menit puncak dengan **persamaan 4**.

$$Qm\text{-max} = (C2) \times \left(\frac{Qh}{60}\right) \quad (4)$$

Dengan C2 memiliki nilai antara 3,0 – 4,0

### B. Penentuan Dimensi GWT dan Roof Tank

Bak penampungan air *ground water tank* (GWT) dan *roof tank* berfungsi sebagai penampung air sebelum dialirkan menuju setiap hunian yang dilayani.

Perhitungan kapasitas pipa dinas dengan **persamaan 5**

$$Qs = \frac{1}{2,4} \times Qh\text{-max} \quad (5)$$

Perhitungan volume GWT dengan **persamaan 6 dan 7**

$$VR = Qd - Qs \times T \quad (6)$$

$$VGT = (VR \times \text{safety factor}) + VR \quad (7)$$

Perhitungan volume *roof tank* menggunakan **persamaan 8**

$$VE = (Q(m\text{-max}) - Q(h\text{-max})) \times Tp - (Q(h\text{-max}) \times Tpu) \quad (8)$$

Dimana:

VE = Volume efektif roof tank (m<sup>3</sup>)

Qp = Kebutuhan puncak (m<sup>3</sup>/menit) = Qm-max

Qh-max = Kebutuhan jam puncak (m<sup>3</sup>/menit)

Tp = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

Tpu = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

Qpu = Kapasitas pompa pengisi (m<sup>3</sup>/menit)

### C. Dimensi Pipa Air Bersih

Penentuan dimensi pipa air bersih menggunakan metode *hazen-william*. Jumlah alat plumbing area dihitung menggunakan SNI 03-7065-2005 tata cara perencanaan sitem plambing. Perhitungan Qsaluran didapatkan dari grafik hubungan antara unit beban alat plumbing dengan laju aliran. Perhitungan kecepatan (v) umumnya berkisar antara 0,3 m/detik - 2,5 m/detik.

Perhitungan debit pengaliran (Q) yang digunakan adalah pada jam puncak dengan menggunakan **Persamaan 9**.

$$\text{Debit Pengaliran (Q)} = \frac{\text{volume roof tank}}{\text{waktu pemompaan}} \quad (9)$$

Perhitungan diameter pipa air bersih yang digunakan sesuai kebutuhan pada jam puncak, menggunakan **Persamaan 10**.

$$D = \sqrt[2]{\left(\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}\right)} \quad (10)$$

Keterangan:

D = Diameter pipa (m)

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

v = Kecepatan pengaliran (m/detik)

Perhitungan kecepatan aliran sebenarnya (Vcek) untuk mengecek kecepatan agar sesuai standar yaitu 0,3 m/detik hingga 2,5 m/detik menggunakan **Persamaan 11**.

$$(vcek) = \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} \quad (11)$$

Perhitungan hilang tinggi tekan dengan **persamaan 12**.

$$Hf = \frac{10,666 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \cdot L \quad (12)$$

Keterangan:

C = Nilai bahan pipa (PVC = 130)

D = Diameter (m)

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

L = Panjang Pipa (m')

### D. Perhitungan Sisa Tekan Air Dingin dan Panas

Perhitungan Sisa Tekan Air Dingin dan Panas menggunakan **persamaan 13**.

$$P = \rho \cdot g \cdot H \quad (13)$$

Sisa tekan sanitair urinoir menggunakan **persamaan 14**.

$$P_{\text{total}} = P \times \Sigma \text{UBAP Urinoir} \times \Sigma \text{Ruangan} \quad (14)$$

Perhitungan head loss sanitair urinoir total menggunakan **persamaan 15**.

$$Hf_{\text{total}} = Hf \times \Sigma \text{UBAP Urinoir} \times \Sigma \text{Ruangan} \quad (15)$$

Menentukan kebutuhan PRV. Hasil kehilangan tekan (Hf) pada setiap saluran dijumlahkan perlantai

#### E. Penentuan Head dan Jenis Pompa Booster

Penentuan Kapasitas Pompa Transfer (GWT-roof tank) untuk air bersih **persamaan 16 hingga 19.**

$$\begin{aligned} \text{Kap. pompa transfer} &= \text{Kebutuhan jam puncak} \\ &= Q_h \text{ maks} \\ &= (C1) \times (Q_h) \end{aligned} \quad (16)$$

Penentuan Kapasitas Pompa Booster air dingin dengan kebutuhan air rata-rata per jam menggunakan **persamaan 17.**

$$Q_h = Q_d/T \quad (17)$$

Kebutuhan air pada jam puncak (Qh-maks) dengan **persamaan 18.**

$$Q_h\text{-maks} = (C1) \cdot (Q_h) \quad (18)$$

Penentuan Kapasitas Pompa Booster air panas dengan pemakaian air gedung dalam sehari (Qd) menggunakan **persamaan 19**

$$\begin{aligned} Q_d &= \frac{Q_d \times 60 \times T}{1000} \\ Q_{d\text{total}} &= (100\% + 30\%) \times Q_d \end{aligned} \quad (19)$$

#### F. Penentuan Head dan Jenis Pompa Transfer

Perhitungan debit pengaliran (Q) dengan menggunakan **persamaan 20**

$$\text{Debit pengaliran (Q)} = \frac{\text{Volume Roof Tank}}{\text{waktu Pemompaan}} \quad (20)$$

Perhitungan head statis (Hstatis) dihitung dari muka air pada GWT hingga titik tertinggi yang dicapai oleh air. Perhitungan head pompa dengan **persamaan 21**

$$H \text{ pompa} = H \text{ statis} + H \text{ sistem} \quad (21)$$

#### G. Perhitungan Kebutuhan Air Panas

Menentukan unit beban alat plumbing yang dihitung menggunakan buku Noerbambang dan Morimura,2005. Jumlah alat plumbing air panas dikalikan faktor jenis pemakaian Gedung hotel menggunakan SNI 03-7065-2005 sebesar 25% dengan **persamaan 22**

$$\Sigma \text{UBAP (Total)} = \Sigma \text{UBAP} \times 25\% \quad (22)$$

Pemakaian air untuk satu Gedung dalam sehari (Qd) dengan persamaan **23 dan 24**

$$Q_d = \frac{Q_d \times 60 \times T}{1000} \quad (23)$$

$$Q_{d\text{total}} = (100\% + 30\%) \times Q_d \quad (24)$$

Perhitungan Kapasitas Tangki Air Panas menggunakan SNI 03-7065-2005, kapasitas tangki disediakan 1/5 dari kebutuhan air panas menggunakan **persamaan 25**

$$\text{Volume Tangki} = Q_d \text{ total} \times 1/5 \quad (25)$$

#### H. Penentuan Dimensi Pipa Air Panas

Penentuan dimensi pipa air bersih menggunakan metode *hazen-william* dengan menentukan jumlah alat plumbing yang dihitung menggunakan buku Noerbambang dan Morimura,2005 dengan **persamaan 26**

$$\Sigma \text{UBAP (Total)} = \Sigma \text{UBAP} \times 25\% \quad (26)$$

Qsaluran didapatkan berdasarkan grafik hubungan antara unit beban alat plumbing air panas dengan laju aliran.

#### I. Perhitungan Sistem Hidran

Sistem ini terdiri dari sistem persediaan air, pompa, perpipaan, serta selang dan alat penyembur (*nozzle*). Menurut SNI 03-1735-2000 dan NFPA (*National Fire Protection Association*) untuk *fire hose reel* sebesar 400 lt/menit atau 6.33 lt/detik untuk bahaya kebakaran ringan. Dengan **persamaan 27**

$$Q \text{ fire hose reel} = n. Q \text{ tiap fire hose reel} \quad (27)$$

Menghitung volume kebutuhan air **persamaan 28**

$$V \text{ fire hose reel} = Q \text{ fire hose reel} \cdot T \quad (28)$$

Penentuan diameter pipa berdasarkan SNI 03-1745-2000 tentang tata cara dan pemasangan pipa tegak dan cabang untuk mencegah bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan Gedung, diameter pipa induk (pipa tegak) minimum 6 inci dan diameter pipa cabang (pipa mendatar) minimum 4 inci.

#### J. Penentuan Head dan Jenis Pompa Hidran

Perhitungan debit pengaliran (Q) dengan menggunakan **persamaan 29**

$$Q \text{ fire hose reel} = n. Q \text{ tiap fire hose reel} \quad (29)$$

Menghitung head total pompa dengan **persamaan 21.**

Menentukan jenis dan tipe pompa dengan menggunakan grafik tipe pompa *Grundfos* dan perhitungan debit pengaliran Pompa *Jockey* menggunakan **persamaan 30.**

$$Q \text{ pompa jockey} = 5\% \cdot Q \text{ pompa utama} \quad (30)$$

#### K. Penentuan Air Buangan dan Pipa Vent

Penentuan dimensi pipa air buangan dan ven berdasarkan buku Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing Oleh Moh. Noer Bambang dan Soufyan tahun 2005. Menghitung volume air buangan menggunakan **persamaan 31**

$$\text{Volume air kotor} = \text{Frekuensi pemakaian} \times \text{pemakaian air alat plumbing} \quad (31)$$

Untuk pemakaian air alat plumbing menggunakan SNI 03-7065-2005 tentang tata perencanaan sistem plumbing.

#### L. Penerapan BIM

Dalam penerapan BIM, pemodelan pipa menggunakan *Autodesk Revit* dengan slope 0%. Kontrol aliran *layout (clash)* menggunakan *tool show disconnects* untuk mengontrol pipa yang memiliki equipment atau rute yang belum terhubung dan *tool System Inspector* untuk mengontrol informasi *flow* pada *system*.

Kontrol Kecepatan (v) dengan menggunakan *tool pipe pressure loss report*. Dari SNI 03-7650-2005 tentang tata cara perencanaan sistem plumbing kecepatan aliran dalam pipa minimal 0,9 dan maksimal 2 (m/detik).

Kontrol Tekanan (P) dengan membandingkan hasil report dengan perhitungan manual tentang hilang tekan dan sisa tekan dengan rumus *Darcy-Weisbach* dan *Bernoulli*. Persamaan *darcy-weisbach* untuk aliran pada pipa lingkaran dengan **persamaan 32** sebagai berikut:

$$\Delta p = f_D \frac{\rho V^2 L}{2D_i} \quad (32)$$

Perhitungan Sisa Tekan *Bernoulli* dengan **persamaan 33**

$$P = \Delta H + H_f \quad (33)$$

**M. Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) dengan koefisien proyek menggunakan **persamaan 34**

$$\text{Koef. Upah (hari)} = (\text{waktu kerja} / 60) / \text{jam kerja} \quad (34)$$

Jumlah Harga = Koefisien Upah x harga satuan

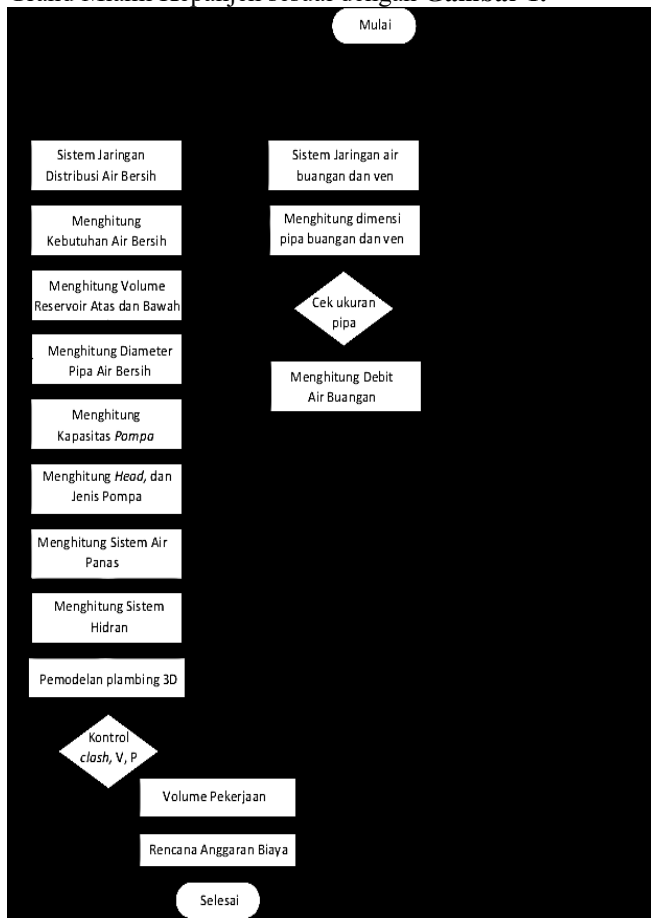
Peralatan dan material bantu 10% =  $\Sigma \text{HSP} + 10\%$

Perhitungan RAB dengan menggunakan **persamaan 35**

$$\text{RAB} = \Sigma (\text{Volume pekerjaan} \times \text{AHSP}) \quad (35)$$

**DIAGRAM ALIR PEKERJAAN**

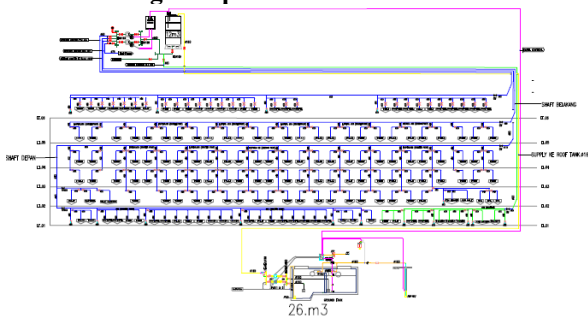
Alur sistem air bersih dan buangan pada pembangunan Hotel Grand Miami Kapanjen sesuai dengan **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Bagan alir metodologi perencanaan

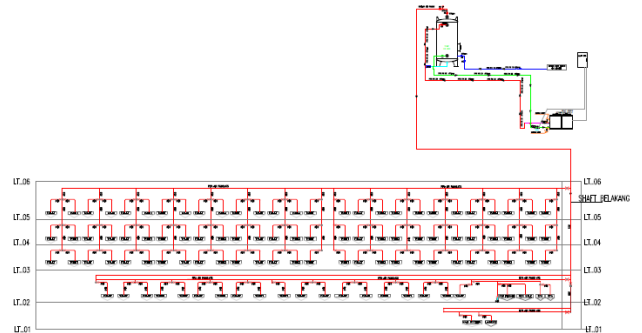
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Sistem Jaringan Pipa**



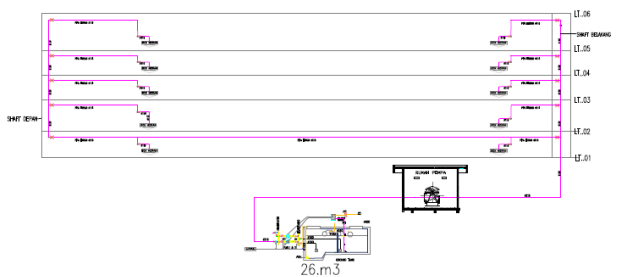
**Gambar 2.** Skema Air Bersih

Perencanaan penyediaan air bersih menggunakan sistem pengaliran ke atas (down feed). menggunakan 3 lantai teratas untuk pompa booster, pada pipa lantai 4 menyambung sampai ke lantai 1 area depan menggunakan area shaft dan pada pipa gravitasi digunakan pada lantai 1 area belakang/kitchen.



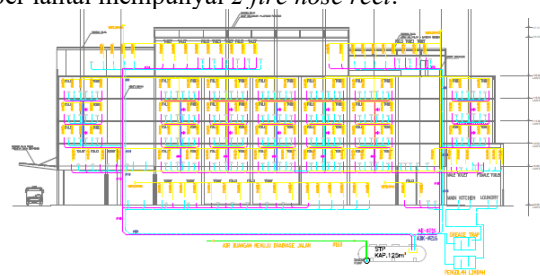
**Gambar 3.** Skema Air Panas

Dalam sistem air panas sebagian air dari roof tank (tangki air atas) yang berada pada bagian teratas bangunan di transfer ke water heater heat pump untuk dipanaskan lalu disimpan di tanki air panas dan air didistribusikan ke hunian setiap lantai menggunakan pompa booster.



**Gambar 4.** Skema Air Hidran

Dalam penyaluran air hidran sebagian air yang disimpan dari Ground Water Tank dialirkan menuju area rumah pompa untuk di distribusikan ke hose reel dengan menggunakan jockey pump. Terdapat fire hose reel dari 6 lantai yang aktif per lantai mempunyai 2 fire hose reel.



**Gambar 5.** Skema Air Buangan

Dalam sistem air buangan alat saniter yang kemudian menuju pipa pembuangan utama yang disalurkan melalui lubang shaft yang mana buangan air bekas (grey water) dan kotor (black water) akan dialirkan ke Sewage Treatment Plant (STP) yang berada di bagian bawah bangunan untuk diolah. Air bekas (grey water) dan kotor (black water) yang telah diolah di Sewage Treatment Plant (STP) akan langsung dibuang ke saluran kota.

## B. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Jumlah penghuni gedung yang didapat dari data proyek terbagi menjadi dua yaitu kamar hotel dan fasilitas umum, untuk kamar hotel, dihuni oleh 2 (dua) orang per unit kamar dengan total penghuni kamar 200 orang. Hotel memiliki fasilitas umum dengan kapasitas sebagai berikut: restoran 150 orang, café 158 orang, ballroom 2089 orang, meeting room 90 orang, karyawan 40 orang, Mushola 96 orang, toilet umum 130 orang. Maka total jumlah penghuni gedung yaitu **2953** orang.

Perhitungan pemakaian air bersih (Qd) menggunakan pemakaian air per orang SNI 03-7065-2005. Dengan **persamaan 1**.

$$Q_d (\text{kamar 2 orang}) = \Sigma \text{Penghuni} \times \text{Keb.air/Org/hr} \\ = 200 \times 250 = 50000$$

$$Q_d (\text{Total}) = 125.455 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan **persamaan 2**, perhitungan kebutuhan air rata-rata per hari (Qh), dengan asumsi jangka waktu penggunaan air secara maksimal yaitu 10 jam.

$$Q_h = Q_d/T = 125,455 \text{ (m}^3/\text{hari)} / 10 \text{ (jam/hari)} \\ = 12,546 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Debit air jam puncak menggunakan **persamaan 3** dengan uraian sebagai berikut:

$$Q_{h-\text{max}} = (C_1) (Q_h) = 2,0 \times 12,546 = 25,09 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Sedangkan debit air pada menit puncak menggunakan **persamaan 4**. Sebagai berikut:

$$Q_{m-\text{max}} = (C_2) \times \left(\frac{Q_h}{60}\right) \\ = (4,0) \times 12,546 \text{ (m}^3/\text{jam)}/60 \text{ (menit/jam)} \\ = 0,836 \text{ m}^3/\text{menit}$$

## C. Penentuan Dimensi GWT dan Roof Tank

Menghitung kapasitas pipa dinas (Qs) menggunakan **persamaan 5**. Sebagai berikut:

$$Q_s = \frac{1}{2,4} \times Q_{h-\text{max}} = \frac{1}{2,4} \times 25,091 = 10,455 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung volume ground water tank menggunakan **persamaan 6 dan 7**. Sebagai berikut:

$$VR = Q_d - Q_s \times T = 125,45 - (10,45 \times 10) = 20,91 \text{ m}^3$$

$$\text{VGT} = (VR \times \text{safety factor}) + VR \\ = (20,91 \text{ m}^3 \times 20\%) + 20,91 \text{ m}^3 = 25,09 \text{ m}^3$$

Jadi, volume pada ground water tank (GWT) adalah sebesar 25,09 m<sup>3</sup> dan dibulatkan menjadi 26 m<sup>3</sup>.

Menghitung volume roof tank menggunakan **persamaan 8**. Sebagai berikut:

$$VE = (Q_{(m-\text{max})} - Q_{(h-\text{max})}) T_p - (Q_{(h-\text{max})} \times T_{pu}) \\ = (0,836 - 0,418) \times 30 - (0,418 \times 10) \\ = 8,364 \text{ m}^3 / 1000 = 8364 \text{ Liter}$$

## D. Dimensi Pipa Air Bersih

Berikut salah satu contoh perhitungan dimensi pipa air bersih pada lantai 6:

$$C (\text{Koef. Kekasaran pipa}) = 130 \text{ (PVC)}$$

$$L (\text{Panjang pipa}) = 4,48 \text{ meter}$$

$$V_{\text{asumsi}} (\text{kecepatan}) = 1,9 \text{ m/detik}$$

$$D = \sqrt[2]{\left(\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}\right)} = \sqrt[2]{\left(\frac{4 \cdot 0,00245}{1,9 \cdot 3,14}\right)} = 0,0405 \text{ m} = 40,530 \text{ mm}$$

Jadi diameter pipa yang di dapat menurut perhitungan yaitu 40,530 mm. dengan ketersediaan ukuran di pasaran digunakan pipa PPRN-10 ukuran 63 mm.

Menghitung kecepatan aliran sebenarnya (Vcek) dengan diameter dalam pakai yaitu 51.4 mm maka di kontrol kecepatannya dengan Vizin maksimum 2 m/detik dan Vizin minimum 0,9 m/detik sebagai berikut:

$$(v_{cek}) = \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{0,00245}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,0514^2} \\ = 1,1813 \text{ m/dtk} < 2 \text{ m/dtk (OKE)}$$

Perhitungan hilang tinggi tekan menggunakan **persamaan 12**. Sebagai berikut:

$$H_f = \frac{10,666 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \cdot L = \frac{10,666 \cdot 0,00245^{1,85}}{130^{1,85} \cdot 0,0514^{4,85}} \cdot 4,48 = 0,155 \text{ m}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil kehilangan tekan (Hf) pada saluran A-A2 yaitu sebesar 0,1550 m.

## E. Perhitungan Sisa Tekan Air Dingin dan Panas

Berikut salah satu contoh perhitungan Sisa Tekan Air Dingin pada pipa mainline lantai 6 ke arah sanitair:

$$P = \rho \cdot g \cdot H = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2 \cdot 1,70$$

$$= 16677,0 \text{ N/m}^2 = 0,00001 \text{ bar}$$

$$= 0,167 \text{ bar} \cdot 1,0197 \text{ Kg/cm}^2 = 0,170 \text{ Kg/cm}^2$$

Sisa tekan sanitair urinoir total menggunakan **persamaan 14**. Sebagai berikut:

$$P_{\text{total}} = P \times \Sigma \text{UBAP Urinoir} \times \Sigma \text{Ruangan} \\ = 0,170 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 4 \times 1 = 0,680 \text{ Kg/cm}^2$$

Perhitungan head loss sanitair urinoir total menggunakan **persamaan 15**. Sebagai berikut:

$$H_{f \text{ total}} = H_f \times \Sigma \text{UBAP Urinoir} \times \Sigma \text{Ruangan} \\ = 0,177 \text{ Kg/cm}^2 \times 4 \times 1 = 0,707 \text{ Kg/cm}^2$$

Dari hasil kehilangan tekan (Hf) pada setiap saluran dijumlahkan perlantai maka, dari perhitungan tersebut didapatkan hasil kehilangan tekan (Hf) pada lantai 6 yaitu sebesar 11.397 m.

## F. Penentuan Head dan Jenis Pompa Booster

Penentuan Kapasitas Pompa Transfer (GWT-roof tank) untuk air bersih menggunakan **persamaan 16 hingga 19**. Sebagai berikut:

$$\text{Kap. pompa transfer} = \text{Kebutuhan jam puncak}$$

$$= Q_{h \text{ maks}} = (C_1) \times (Q_h)$$

$$= 2,0 \times 12,546 \text{ (m}^3/\text{jam)}$$

$$= 25,091 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,418 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Penentuan Kapasitas Pompa Booster air dingin dengan kebutuhan air rata-rata per jam (Qh 3 lantai teratas)

$$Q_h = Q_d/T = 112,08 / 10 \text{ jam} = 11,21 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kebutuhan air pada jam puncak (Qh-maks 3 lantai teratas)

$$Q_{h-\text{maks}} = (C_1) \cdot (Q_h) = 2 \times 11,21 = 22,42 \text{ m}^3/\text{jam} \\ = 0,37 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Dalam penentuan Kapasitas Pompa Booster air panas, pemakaian air untuk satu Gedung dalam sehari (Qd)

$$Q_d = \frac{Q_d \times 60 \times T}{1000} = \frac{219,5 \times 60 \times 10}{1000} = 131,7 \text{ m}^3$$

$$Q_{d \text{ total}} = (100\% + 30\%) \times Q_d = (100\% + 30\%) \times 131,7 \text{ m}^3 \\ = 171,21 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### G. Penentuan Head dan Jenis Pompa Transfer

Menghitung debit pengaliran (Q) menggunakan **persamaan 20**. Sebagai berikut:

$$Q = \frac{\text{Volume Roof Tank}}{\text{waktu Pemompaan}} = \frac{10,5}{1200} = 0,00875 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 8,75 \text{ liter/detik}$$

Head statis dihitung dari muka air pada GWT hingga titik tertinggi yang dicapai oleh air, maka Hstatis = 22,59 m

Menghitung Hsistem (headloss) sebagai berikut :

$$H_f = \frac{10,666 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \cdot L = \frac{10,666 \cdot 0,01600^{1,85}}{130^{1,85} \cdot 0,1308^{4,85}} \cdot 22,59 = 0,2711 \text{ m}$$

$$H_{f \text{ minor } 1} = n \cdot \left( \frac{K \cdot v^2}{2 \cdot g} \right) = 10 \cdot \left( \frac{0,25 \cdot 1,1913^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 0,181 \text{ m}$$

$$H_{f \text{ minor } 2} = n \cdot \left( \frac{K \cdot v^2}{2 \cdot g} \right) = 2 \cdot \left( \frac{0,2 \cdot 1,1913^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 0,029 \text{ m}$$

$$H_{f \text{ minor}} = H_{f \text{ minor } 1} + H_{f \text{ minor } 2} = 0,18 + 0,02 = 0,21 \text{ m}$$

$$H_{\text{ sistem}} = H_{f \text{ mayor}} + H_{f \text{ minor}} = 0,27 \text{ m} + 0,21 \text{ m} = 0,48 \text{ m}$$

Menghitung Hpompa (head pompa) menggunakan **persamaan 21**. Sebagai berikut:

$$H_{\text{ pompa}} = H_{\text{ statis}} + H_{\text{ sistem}} = 22,15 + 0,481 = 22,631 \text{ m}$$

### H. Perhitungan Kebutuhan Air Panas

Menentukan unit beban alat plumbing pada area yang akan dihitung menggunakan Noerbambang dan Morimura,2005. Jumlah alat plambing air panas dikalikan faktor jenis pemakaian Gedung hotel menggunakan SNI 03-7065-2005 sebesar 25% dengan **persamaan 22**

$$\Sigma \text{UBAP(Total)} = \Sigma \text{UBAP} \times 25\% = 281,75 \times (100\% + 25\%)$$

$$= 352,1875 \text{ UBAP}$$

Pemakaian air untuk satu Gedung dalam sehari (Qd) menggunakan **persamaan 23 dan 24**. Sebagai berikut:

$$Q_d = \frac{Q_d \times 60 \times T}{1000} = \frac{219,5 \times 60 \times 10}{1000} = 131,7 \text{ m}^3$$

$$Q_{d \text{ total}} = (100\% + 30\%) \times Q_d$$

$$= (100\% + 30\%) \times 131,7 \text{ m}^3 = 171,21 \text{ m}^3$$

Perhitungan Kapasitas Tangki Air Panas menggunakan SNI 03-7065-2005, kapasitas tangki minimal disediakan 1/5 dari kebutuhan air panas menggunakan **persamaan 25**.

$$\text{Volume Tangki} = Q_d \text{ total} \times 1/5 = 171,21 \text{ m}^3 \times 1/5$$

$$= 34,242 \text{ m}^3$$

Berikut perhitungan Dimensi Pipa Dalam Sistem Penyediaan Air Panas C1a-a area kamar deluxe.

$$\Sigma \text{UBAP (Total)} = \Sigma \text{UBAP} \times 25\% = 2,25 \times (100\% + 25\%)$$

$$= 2,8125$$

### I. Perhitungan Sistem Hidran

Kebutuhan air *fire hose reel* (*box hydrant*) menggunakan **persamaan 27**. Sebagai berikut:

$$Q_{\text{ fire hose reel}} = n \cdot Q_{\text{ tiap fire hose reel}}$$

$$= (6 \text{ lantai} \cdot 2 \text{ unit/lantai}) \cdot 6,33 \text{ liter/detik}$$

$$= 75,96 \text{ liter/detik}$$

Menghitung volume kebutuhan air total (V *fire hose reel*) dengan asumsi 45 menit untuk bahaya kebakaran ringan.

$$V_{\text{ fire hose reel}} = Q_{\text{ fire hose reel}} \cdot T$$

$$= 0,076 \text{ m}^3/\text{detik} \cdot 2700 \text{ detik}$$

$$= 205,092 \text{ m}^3$$

Penentuan diameter pipa berdasarkan SNI 03-1745-2000 diameter pipa induk (pipa tegak) minimum 6 inchi dan diameter pipa cabang (pipa mendatar) minimum 4 inchi.

### J. Penentuan Head dan Jenis Pompa Hidran

Menghitung debit pengaliran (Q) menggunakan **persamaan 29**. Sebagai berikut:

$$Q = n \cdot Q_{\text{ tiap fire hose reel}}$$

$$= (6 \text{ lantai} \cdot 2 \text{ unit/lantai}) \cdot 6,33 \text{ liter/detik}$$

$$= 75,96 \text{ liter/detik} = 0,076 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menentukan jenis dan tipe pompa yang digunakan dengan menggunakan grafik tipe pompa *grundfos*.

Menghitung debit pengaliran (Q) Pompa *Jockey* menggunakan **persamaan 30**. Sebagai berikut:

$$Q_{\text{ pompa}} = 5\% \cdot Q_{\text{ pompa utama}}$$

$$= 0,05 \cdot 0,076 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,0038 \text{ m}^3/\text{detik}$$

### K. Penentuan Air Buangan dan Pipa Vent

Menghitung Jumlah alat sanitasi *Black Water* yang meliputi *Flush Tank, Urinal* dan *Gray Water* yang meliputi *Bath Up, Kitchen Sink, Lavatory, Jacuzzi, Shower, Laundry, Floor Drain*.

Penentuan dimensi pipa air buangan dan ven berdasarkan buku Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing oleh Moh. Noer Bambang dan Soufyan tahun 2005 dan untuk pemakaian air alat plambing menggunakan SNI 03-7065-2005 tentang tata perencanaan sistem plambing.

Berikut salah satu contoh perhitungan debit air limbah tipe kamar Deluxe lantai 2-5 :

$$\text{Volume air kotor} = \text{Frekuensi pemakaian} \times \text{pemakaian air alat plambing}$$

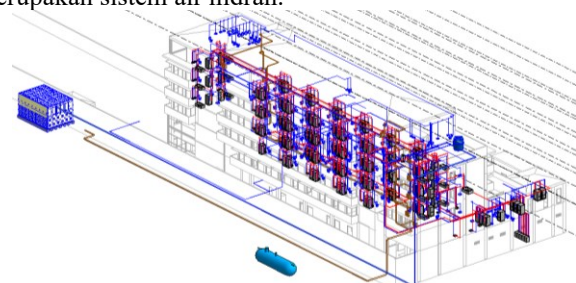
$$Q_{\text{ Air Limbah Tipe D}} = 368 \text{ liter/hari} \times 88 \text{ unit}$$

$$= 32384 \text{ liter/hari}$$

Jadi, total debit air buangan yang dihasilkan pada keseluruhan gedung dalam satu hari adalah sebesar 123185 Liter/hari atau 123,185 m<sup>3</sup>/hari.

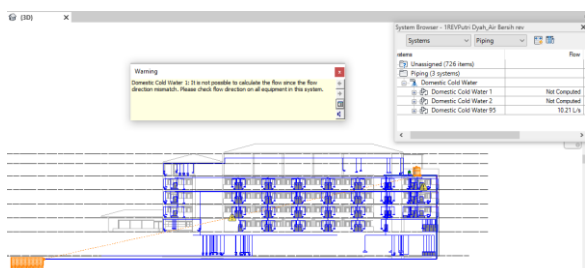
### L. Penerapan BIM

Pemodelan *Autodesk Revit* dilakukan berdasarkan data 2D dengan warna garis pipa biru merupakan sistem air bersih, merah merupakan sistem air panas dan coklat merupakan sistem air hidran.

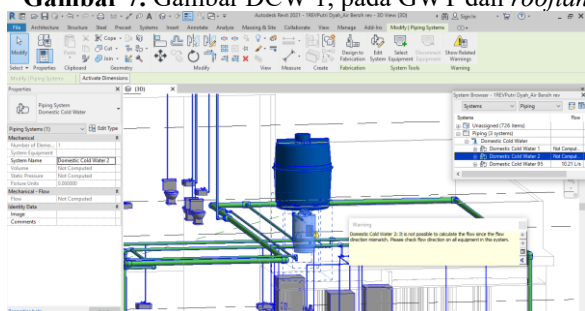


**Gambar 6.** Sistem Plumbing menggunakan Revit

Kontrol aliran *layout* pada perencanaan terdapat 2 system yang tidak terhubung dengan satu sama lain, karena aliran pada pipa GWT, roof tank dan water heater tidak terkalkulasi dengan benar. Berikut adalah **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7. Gambar DCW 1, pada GWT dan roof tank



Gambar 8. Gambar DCW 2, pada Water heater

Pada kontrol kecepatan (v) dengan menggunakan *tool pipe pressure loss report*, sistem pipa Domestic Cold Water 95 memiliki kecepatan aliran yang berada pada range 0,4 m/dtk hingga 5,4 m/dtk. nilai v minimum dan maksimum melampaui batas standar kecepatan air dalam pipa menurut SNI 03-7650-2005 tentang cara perencanaan sistem plambing, dengan kecepatan aliran pipa minimal 0,9 dan maksimal 2 (m/detik).

Pada perencanaan ini dilakukan kontrol tekanan (p) pada 3 buah ruas. Ruas tertinggi, ruas terendah dan pipa ruas terpanjang. Berikut contoh perhitungan terhadap kontrol tekanan pipa ruas tertinggi dengan rumus persamaan *darcy-weisbach*:

$$\Delta p = f_D \frac{\rho v^2 L}{2D_i} = 0,019381 \times \frac{998,9114 \times 1,5^2 \times 4,2955}{2 \times 55,4} = 1688,728 \text{ N/m}^2$$

Selisih nilai = hasil *analyse report* – hasil *darcy*  
 = 1746,16 – 1688,73 = 57,43 N/m<sup>2</sup> = 3,29 %

Perhitungan Sisa Tekan pada section 69 dengan Rumus *Bernoulli* sebagai berikut:

$$H_f (\text{mH}_2\text{O}) = H_f (\text{Pa}) / 10,000 = 215134,5 / 10,000 = 21,51345 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$\text{Kum. Akhir} = H_f \text{ Akhir} + \text{Kum. Awal} = 21,51345 + 18,279564 = 39,793 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$\Delta H = \text{Elv Awal} - \text{Elev Akhir} = 20,130 - 24,630 = -4,5 \text{ m}$$

$$P (\text{mH}_2\text{O}) = \Delta H + H_f \text{ kumulatif} = -4,5 \text{ m} + 39,793 = 35,29 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$P (\text{kg/cm}^2) = P (\text{mH}_2\text{O}) / 10 = 35,29 / 10 = 3,53 \text{ kg/cm}^2$$

Dapat dilihat bahwa nilai tekanan terlalu rendah. Dijelaskan bahwa nilai analisa tekanan dan kecepatan pada revit tidak dapat sesuai dengan hasil perhitungan manual dikarenakan tidak adanya fungsi pompa pada Autodesk revit.

#### M. Rencana Anggaran Biaya

Besar anggaran biaya didapatkan dari analisis harga satuan dengan volume pekerjaan. Dengan total biaya pada pekerjaan perencanaan sebesar Rp3.241.739.000,00.

No	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rp)
1	Pekerjaan Pipa Air Bersih	Rp. 295,859,412.41
2	Pekerjaan Pipa Air Panas	Rp. 139,029,861.09
3	Pekerjaan Pipa Hidran	Rp. 493,749,746.25
4	Pekerjaan Pipa Air Kotor	Rp. 46,495,756.77
5	Pekerjaan Pipa Vent Air Kotor	Rp. 9,525,604.69
6	Pekerjaan Pipa Air Bekas	Rp. 49,921,475.89
7	Pekerjaan Pipa Vent Air Bekas	Rp. 13,744,646.41
8	Pekerjaan Pemasangan Pompa	Rp. 519,695,550.00
9	Peerjaan Pemasangan Bak Penampung	Rp. 1,379,013,625.00
Total Harga Pekerjaan		Rp. 2,947,035,678.50
Pajak 10%		Rp. 294,703,567.85
Total Keseluruhan + Pajak		Rp. 3,241,739,246.35
Pembulatan		Rp. 3,241,739,000.00

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yakni, debit air dingin sebesar 125,455 m<sup>3</sup>/hari, menggunakan pipa PPR-PN10 diameter 20mm-160mm. Debit air panas sebesar 219,5 liter/menit menggunakan pipa PPR-PN20 diameter 40mm, 50mm, dan 75mm. Debit air hidran sebesar 31,65 liter/menit menggunakan pipa BSP sch.40 diameter 4 inchi dan 8 inchi. Air buangan menggunakan pipa AW diameter 32mm-216mm dengan debit air buangan gedung 123,185 m<sup>3</sup>/hari. Dimensi vent air kotor dan bekas, menggunakan pipa D diameter 32mm, 42mm, 60mm, 76mm, dan 114mm.

Dalam hasil deteksi menggunakan BIM level 2 Autodesk Revit terlihat bahwa terdapat clash sistem air bersih pada system aliran pipa ground tank lantai 1, roof tank dan water heater lantai 6. Kontrol aliran kecepatan (v) pada sistem pipa Domestic Cold Water 95 dengan range 0,4 m/dtk hingga 5,4 m/dtk. Kontrol tekanan (P) pada lantai 6 nilai tekanan terlalu rendah, Dan kontrol clash pada gambar 3D tampak lurus karena tidak mempunyai kemiringan atau nilai slope sebesar 0%.

Volume pipa air dingin menggunakan revit adalah PPR-PN10 ø20mm:1391m', ø25mm:437m', ø32mm:78m', ø40mm:120m', ø50mm:33m', ø63mm:189m', ø75mm:81m', ø90mm:81m', ø110mm:142m', ø160mm:170m'. Pipa air panas pipa PPR-PN20 ø40mm:1160m', ø50mm:135m', ø75mm:210m'. Pipa hidran pipa BSP Sch.40 ø4inchi: 123m', ø8inchi:195m'. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan instalasi air bersih dan air buangan sebesar Rp3,241,739,000.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Standar Nasional. (2000). SNI 03-1735-2000 Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi, Yogyakarta: Andi Publisher, 2007.

- [2] Badan Standar Nasional. (2005). SNI 03-7065-2005  
Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing
- [3] Nelson, & Sekarsari, J. (2019). Faktor yang  
Memengaruhi Penerapan Building Information  
Modeling (BIM) Dalam Tahapan Konstruksi Gedung  
Bertingkat. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 241-248.
- [4] Noerbambang, Soufyan., & Morimura, Takeo. (2005).  
Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing.  
Jakarta: Pradnya Paramita
- [5] Pynkyawati, Theresia., & Wahadamaputera, Shirley.  
(2015). *Utilitas Bangunan Modul Plambing*. Jakarta:  
Griya Kreasi (Penebar Swadaya Grup)
- [6] Suhardiyanto. (2016). Perancangan Sistem Plambing  
Instalasi Air Bersih Dan Air Buangan pada  
Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh  
Lantai. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*: Vol. 05, No. 3,  
Oktober 2016.