

## PERENCANAAN ULANG JARINGAN PIPA AIR BERSIH DAN KOTOR PADA GEDUNG PERAWATAN RSPAL Dr.RAMELAN DENGAN BIM

Hemia Hasania Almas<sup>1,\*</sup>, Ikrar Hanggara<sup>2</sup>, Utami Retno Pudjowati,<sup>3</sup>

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

Email : [hasaniahemia@gmail.com](mailto:hasaniahemia@gmail.com)<sup>1</sup>, [i.hanggara@polinema.ac.id](mailto:i.hanggara@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [utami.retno@polinema.ac.id](mailto:utami.retno@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Pembangunan Gedung Perawatan RSPAL Dr.Ramelan Surabaya mempunyai jumlah 5 lantai dengan luas bangunan sebesar 12.943,3 m<sup>2</sup>. Bangunan bertingkat membuat sistem perpipaannya membutuhkan analisis yang kompleks karena sering ditemukan *clash* pada saat pengerjaannya. Skripsi ini bertujuan untuk menentukan debit aliran air bersih dan air kotor, menentukan dimensi pipa air bersih dan air kotor, mendesain ulang distribusi jaringan air bersih dan kotor, menentukan kapasitas pompa *booster* dan transfer, untuk mengaplikasikan BIM menggunakan *Software Autodesk Revit*, menganalisa kecepatan (*v*), tekanan (*p*), debit (*Q*), *clash* pada sistem pipa, kemudian menghitung estimasi biaya. Data yang dibutuhkan adalah jumlah ruangan (95), harga satuan kerja Surabaya tahun 2022, dan SNI-8153-2015 sebagai acuan. Hasil dari perencanaan ulang, pada air bersih mempunyai debit sebesar 169.5 m<sup>3</sup>/day dan dimensi pipa 4" untuk pipa transfer dan pipa distribusinya mulai dari diameter 1-1/4" sampai dengan 3". Untuk pipa air kotor menuju Bak penampung Ø5". Sedangkan untuk air kotor mempunyai debit sebesar 88,15 m<sup>3</sup>/day dan dimensi 3". Air bekas berdiameter 1-1/4" dan 1-1/2". Untuk pendistribusian air bersih pompa *booster* mempunyai kapasitas sebesar 0,0104 m<sup>3</sup>/s dengan daya pompa sebesar 0,324 kW, Pompa *booster* digunakan pada lantai 5, 4, dan 3. Sedangkan lantai 2 dan 1 menggunakan gaya gravitasi sebagai alat bantu distribusi. Untuk pompa transfer memiliki kapasitas sebesar 0,016m<sup>3</sup>/s dengan daya pompa sebesar 0,566 kW, Pada perencanaan ini didapatkan besar anggaran pembangunan Rp2.320.557.307,6

Kata kunci : pipa air bersih, air kotor, *revit*, perencanaan ulang, *clash*.

### ABSTRACT

The 12,943.3 m<sup>2</sup> inpatient building of Dr. Ramelan Hospital Surabaya is five-storey building whose piping system requires complex analysis as clashes are often found in the system. This thesis aimed to find out the discharge of clean and waste water of the building, to determine the dimensions of the clean and waste water pipes, to redesign the clean water and waste water distribution network, to find out the capacity of booster pump, to apply BIM using Software Autodesk Revit, to analyze the flow(*v*), pressure (*p*), discharge (*Q*), *clash* of the pipes system, and to estimate the cost. The required data were of the number of rooms (95), work unit price of Surabaya 2022, and SNI-8153-2015 as the reference. The redesign results in 169.5 m<sup>3</sup>/day clean water discharge, Ø4" transferring pipes and Ø1-1/4" to 3" distribution pipe, Ø5" for waste water pipes to the storage tank; 88.15 m<sup>3</sup>/day waste water discharge using Ø3" PVC, and Ø1-1/4" to 1-1/2" for sanitary appliances; 0.0104 m<sup>3</sup>/s the capacity of booster pumps on floors 3, 4, and 5, 0.324kW power of pump to distribute the clean water; floors 2 and 1 using gravity as a distribution aid; 0.016 m<sup>3</sup>/s the capacity of transferring pump, 0.566kW power of pump; at a budget of Rp2,320,557,307.6

**Keywords:** BIM using Revit, clash, clean water, waste water, redesign

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia akan terus berjalan dan semakin pesat di tiap tahunnya, ditambah lagi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) ini adalah bagian dari strategi untuk

pemerataan pembangunan di Indonesia, yang selama ini sangat terkonsentrasi di Pulau Jawa. Semakin banyaknya pembangunan membuat keterbatasan wilayah, sehingga bangunan horizontal banyak berganti ke berganti menjadi bangunan *vertical* yang membuat sistem perpipaannya

mempunyai analisis yang kompleks dan kerap kali ditemukan *clash* pada saat pengerjaannya. Sistem yang dimaksud adalah tercukupinya kebutuhan air bersih dan air kotor yang harus tersedia pada gedung. Perencanaan sistem plumbing diharapkan sesuai dengan fungsi gedung dan peraturan yang berlaku.

Pada tahun 2022, Rumah Sakit Pusat Angkatan Laut (RSPAL) Dr.Ramelan Surabaya membuat gedung rawat inap lima lantai dengan luas 12.943,3 m<sup>2</sup> yang dikhususkan untuk pasien yang sedang menjalani perawatan. Gedung ini dilengkapi dengan 95 kamar tidur pasien, yang mana membutuhkan distribusi air bersih yang baik demi kenyamanan pengguna. Pada kondisi *existing* gedung ini dilengkapi dengan *Roof Tank* dengan kapasitas 33 m<sup>3</sup>. Penyaluran air dari bawah GWT menggunakan *submersible pump* sebagai penyalur air ke atas RWT dan untuk pendistribusian air di lantai 5 dan 4.

Tingginya permintaan dan kebutuhan masyarakat membuat perkembangan dunia konstruksi semakin berkembang, salah satunya adalah penggunaan aplikasi untuk mempermudah pengerjaan suatu perencanaan proyek lebih efektif dan efisien. Teknologi ini berupa "*Building Information Modelling (BIM)*". Pengaplikasian BIM ini dapat mempermudah dalam perencanaan penggambaran beserta kontrol suatu perencanaan konstruksi.

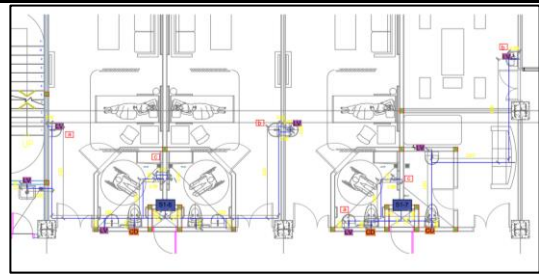
Pada penelitian ini, dilakukan analisis perencanaan ulang sistem distribusi air bersih dan air kotor pada Gedung Perawatan RSPAL Dr.Ramelan Surabaya dengan perhitungan hidrolikan untuk menganalisis tercapainya pendistribusian air bersih dan pembuangan air limbah dan dibantu pemodelan dari *software Autodesk Revit* untuk mempermudah analisa tata letak instalasi pipa yang tepat sehingga menghindari adanya *clash* antar pipa saat pelaksanaan.

**2. METODE PENELITIAN**

Data pendukung yang telah didapatkan, selanjutnya akan diolah dan disusun untuk menghasilkan jaringan dan dimensi pipa yang memenuhi kebutuhan pengguna. Analisis sistem jaringan dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

**A. Menggambar jaringan pipa**

Penggambaran dilakukan pada *Software Autodesk Autocad* berdasarkan data shop drawing yang ada untuk memodelkan kondisi eksisting instalasi.



**Gambar 1.** Skema Jaringan Pipa Ai Bersih

**B. Menghitung debit dan dimensi pipa air bersih dan air kotor**

Dalra menghitung debit dan dimensi diperlukan perhitungan jumlah kebutuhan air. Penelitian ini menggunakan metode jumlah penghuni dengan berdasarkan *SNI 03-7065-2005*. berikut adalah langkah perhitungan. Berikut langkah perhitungan debit air bersih pada gedung bertingkat:

1. Menentukan jumlah penghuni gedung
2. Menghitung pemakaian air bersih gedung (Qd) dengan **Rumus 1** berdasarkan *SNI 03-7065-2005*.

$$Qd = \sum \text{Penghuni} \times \text{Keb. Air/Org/hr} \dots\dots\dots(1)$$

3. Menghitung kebutuhan air rata-rata per hari (Qh) **Rumus 2**.

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

Keterangan :

Qh = pemakaian air rata-rata (l/jam)

Qd = pemakaian air rata-rata (l/hari)

t = pemakaian rata-rata (jam/hari)

4. Menghitung pemakaian air jam puncak dengan **Rumus 3**.

$$Qh\text{-maks} = C1.Qh \dots\dots\dots(3)$$

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

5. Menghitung pemakaian air jam puncak dengan **Rumus 4**.

$$Qm\text{-maks} = C2.Qh \dots\dots\dots(4)$$

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

6. Perhitungan dimensi pipa menggunakan **Rumus 5**.

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}} \dots\dots\dots(5)$$

7. Pengecekan kecepatan aliran menggunakan **Rumus 6**.

$$V_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \dots\dots\dots(6)$$

Selanjutnya adalah penentuan dimensi pipa air limbah. Pada penelitian ini menggunakan metode unit beban alat

plumbing. Berikut langkah-langkah penentuan dimensi pipa air kotor dan bekas.

1. Menentukan daerah atau jalur tiap sistem pada ruang saniter.
2. Menentukan besar unit beban alat plumbing (UAP) berdasarkan SNI 8152:2015.
3. Menentukan nilai beban UAP kumulatif dari setiap alat plumbing sampai pada alat plumbing yang paling dekat dengan pipa tegak dari setiap jalur.
4. Menentukan diameter pipa alat plumbing berdasarkan UAP maksimum dan minimum.
5. Menyesuaikan diameter pipa yang terpasang dengan diameter pipa yang ada dipasaran.
6. Menentukan kemiringan pipa.

### C. Menghitung kapasitas Pompa Transfer dan Booster

Berikut adalah langkah pemilihan jenis pompa.

- a. Asumsi kecepatan aliran

Pada umumnya aliran air sebesar 0,3 – 2,5 m/detik

- b. Menghitung debit pengaliran (Q)

$$Q = \frac{V_{rooftank}}{Waktu\ pompa}$$

- c. Perhitungan Tekan

Sisa tekanan = Hstatis - Headloss

- d. Menghitung kecepatan aliran sebenarnya ( $V_{hitung}$ )

$$V_{hitung} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

- e. Hitung head statis (Hstatis)

Head statis ditentukan berdasarkan :

1. Jarak antar muka air pada GWT dan RWT
2. Jarak antar muka air pada GWT hingga titik tertinggi yang dicapai oleh air

- f. Hitung Head Loss (Hsistem)

$$H_{sistem} = H_{1\ mayor} + H_{2\ minor}$$

Yang mana Hf dan Hl dapat dihitung dengan rumus berikut;

$$H_{f\ mayor} = H_{f\ suction} + H_{f\ discharge}$$

$$H_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

Dimana :

C = nilai bahan pipa

D = diameter pipa (m)

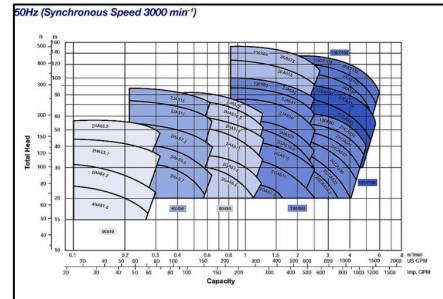
Q = debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

L = panjang pipa (m)

- g. Hitung Head Pompa

$$H_{pompa} = H_{f\ statis} + H_{1\ sistem}$$

- h. Menentukan jenis pompa dengan grafik



Gambar 2. Grafik Tipe Pompa Grundfos

$H_{1\ minor}$  adalah tekanan yang hilang akibat aksesoris pipa.

1. Kehilangan energi akibat belokan  
Pada belokan digunakan persamaan (Triatmodjo, 1996 :64)

$$h_b = n.kb. \frac{v^2}{2g}$$

2. Kehilangan akibat katup (valve)

$$h_v = n . kv . \frac{v^2}{2g}$$

dimana :

hb = kehilangan energi akibat belokan pipa (m)

n = jumlah belokan

kb = koef. Kehilangan belokan

v = kecepatan aliran dalam pipa (m/detik)

g = percepatan gravitasi ( $g = 9,81 \text{ m/det}^2$ )

### D. Penerapan Analisis Clash pada Revit

Setelah dilakukan pemodelan, maka dilanjutkan dengan pengontrolan tekanan pipa dan *clash* menggunakan *revit*

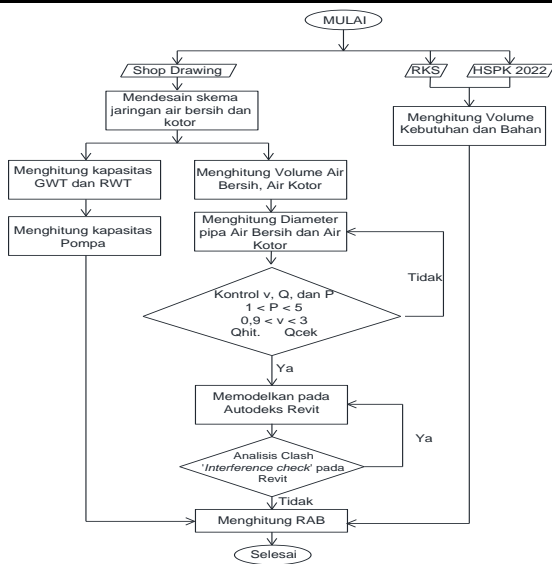
### E. Menghitung Rencana Anggaran Biaya

Berikut adalah langkah perhitungan membuat RAB.

1. Menghitung volume pekerjaan atau Bill Of Quantity.
2. Menghitung Harga Satuan Pekerjaan (HSP).
3. Membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB).
4. Membuat rekapitulasi biaya.

Berikut merupakan beberapa diagram alir pada Perencanaan Ulang Jaringan Pipa Air Bersih Dan Kotor Pada Gedung Perawatan RSPAL Dr.Ramelan Dengan BIM:

Langkah-langkah penulis dalam penyusunan pembahasan skripsi ini dijabarkan dengan *Flow Chart* sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan.

Tabel 2. Dimensi Air Bersih

Lantai	Posisi Pipa	Jenis Pipa	Pipa		Q (m³/s)	L (m)	C	D hitung		D pasaran		V hitung (m/detik)
			Awal	Akhir				m	inci	m	inci	
5	Mendatar	Distribusi	S5-1)*	a	0,0041	7,3	0,15	0,05	2,01	0,063	2	1,603
			S5-1)*	b	0,0041	3,8	0,15	0,05	2,011	0,063	2	1,603
			S5-1)*	c	0,0041	7,9	0,15	0,05	2,011	0,063	2	1,603

Sumber: Hasil Perhitungan

Kebutuhan Air Bersih

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih

Lantai	Jumlah Penghuni (orang)	Pemakaian Air (l/hari)	Pemakaian Air (m³/hari)	Qh (m³/jam)	Qh-max (m³/jam)	Qm-max (m³/menit)
1	30	15000	15	2,5	5	0,17
2	84	42000	42	7	14	0,47
3	89	44500	44,5	7,416	14,83	0,49
4	47	23500	23,5	3,91	7,83	0,26
5	89	44500	44,5	7,416	14,83	0,46
Total	339	169500	169,5	28,25	56,5	1,88

Berikut adalah contoh perhitungan.

$$Q_d \text{ Lantai 1 (m}^3\text{/hari)} = \sum \text{ penghuni lantai 1 x pemakaian air rumah sakit}$$

$$= 30 \text{ orang x 500 liter/hari}$$

$$= 15000 \text{ org liter/hari}$$

$$= 15 \text{ m}^3\text{/hari}$$

$$Q_h = Q_d/T$$

$$= 169,5 / 6$$

$$= 28,25 \text{ m}^3\text{/jam}$$

$$Q_h - \text{maks} = C1 \times Q_h$$

$$= 2 \times 28,25$$

$$= 56,5 \text{ m}^3\text{/jam}$$

$$Q_m - \text{maks} = C2 \times (Q_h/60)$$

$$= 4 \times (28,25/60)$$

$$= 1,88 \text{ m}^3\text{/menit}$$

Perhitungan dimensi

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}}$$

$$= \sqrt[2]{\frac{4 \times 0,00412}{2 \times \pi}} = 0,051 \text{ m} \approx 51 \text{ mm} \approx 2,01 \text{ inch}$$

$$v_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$v_{cek} = \frac{0,0041}{\frac{1}{4} \pi 0,063^2}$$

$$v_{cek} = 1,31 \text{ m/dt (OKE)}$$

selanjutnya adalah perhitungan debit limbah

$$UAP = \text{jumlah alat plumbing x UAP 1 plumbing}$$

$$= 42 \times 4$$

$$= 168$$

Perhitungan Head dan Jenis Pompa

A. Pompa Transfer

$$H_{statis} = 19,053$$

$$H_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

$$H_f = \frac{10,666 \times 0,016^{1,85}}{150^{1,85} \times 0,01^{4,85}} \times 19,053$$

$$H_f = 4,56 \text{ m}$$

$$h_{minor} = \sum (n \cdot kv) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$= 16,92 \cdot \frac{1,998^2}{2 \cdot (9,81)}$$

$$= 3,44 \text{ m}$$

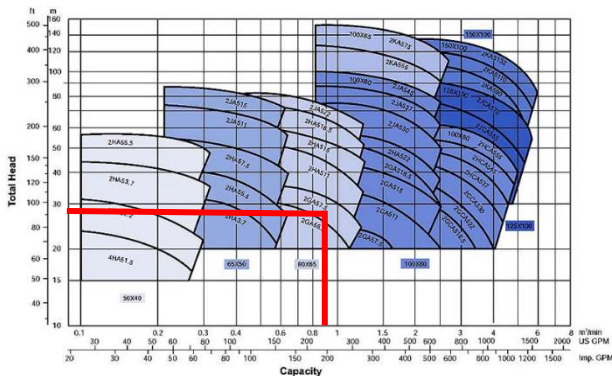
$$H_{sistem} = H_{mayor} + H_{minor}$$

$$= 4,56 + 3,444$$

$$= 8,002 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{pompa}} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}} \\ &= 19,053 + 8,002 \text{ m} \\ &= 27,055 \text{ m} \end{aligned}$$

50Hz (Synchronous Speed 3000 min<sup>-1</sup>)



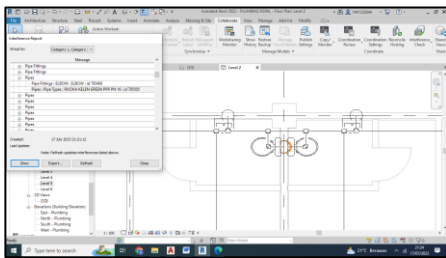
Gambar 4. Grafik Penentuan jenis pipa

Dari grafik ditemukan pompa yang digunakan adalah tipe 2GA57.5

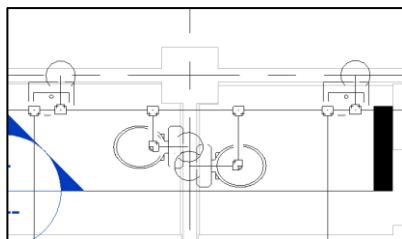
$$\begin{aligned} Whp &= \frac{\gamma Q Hp}{75\%} \\ &= \frac{1000 \times 0,16 \times 27,055}{75\%} \\ &= 566,15 \text{ watt} \approx 0,566 \text{kw} \approx 0,758 \text{ Hp} \end{aligned}$$

**Penerapan BIM**

Pemodelan menggunakan *Autodesk Revit* yang kemudian dilakukan pengontrolan tata letak pipa untuk menghindari adanya *clash*. *Clash* yang telah terdeteksi kemudian dilakukan pengeditan tata letak posisi jaringan pipa. Untuk memindahkan item pada *revit*, bisa menggunakan ‘*tool move*’.

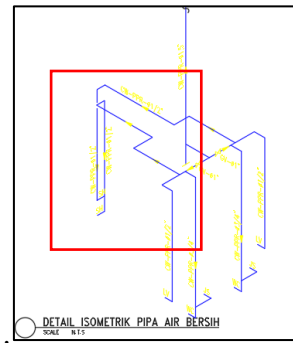


Gambar 5. Clash Antar Pipa

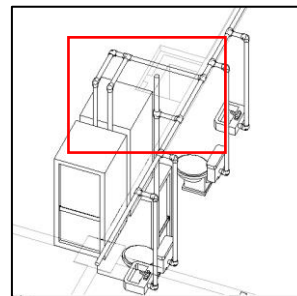


Gambar 6. Modifikasi Tata Letak Jalur Pipa

Selain dapat mendeteksi terjadinya *clash*, pada penelitian ini juga dilakukan modifikasi pada jalur perpipaan agar lebih efektif, seperti gambar berikut.



Gambar 7. Kondisi Eksisting R. Rawat Inap Kelas 1



Gambar 8. Modifikasi Jalur Pipa R. Rawat Inap Kelas 1

**Rencana Anggaran Biaya**

Perhitungan ini dimaksudkan untuk menghitung biaya yang diperlukan untuk jaringan air bersih dan kotor. **Tabel 3** menunjukkan item pekerjaan dari perencanaan instalasi air bersih dan kotor pada Gedung Rawat Inap RSPAL Dr. Ramelan Surabaya. Total Rencana Anggaran Biaya adalah Rp2.221.081.531,9

**Tabel 3.** Rekapitulasi Biaya

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga
A.	Pekerjaan Alat Saniter	Rp 824.208.500
B.	Pekerjaan Air Bersih	Rp 781.947.832
C.	Pekerjaan Air Kotor	Rp 191.674.200
D.	Pekerjaan Pemasangan Pompa	Rp 55.316.200
E.	Pekerjaan Bak Penampung	Rp 367.934.800
Total Anggaran		Rp 2.221.081.532

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa perencanaan sistem instalasi air bersih dan air kotor pada Gedung Rawat Inap RSPAL Dr.Ramelan Surabaya didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa kebutuhan air didapatkan hasil debit air sebesar sebesar 169,5 m<sup>3</sup>/hari dengan debit menit puncak 56,5 m<sup>3</sup>/menit. Sedangkan debit air kotor sebesar 88,15 m<sup>3</sup>/hari.
2. Pada perhitungan air bersih didapatkan diameter pipa transfer sebesar 4"; untuk pipa distribusi sebesar 1-1/4" sampai dengan 4"; dan untuk air kotor memiliki diameter 3" dengan air bekas berdiameter 1-1/4" dan 1-1/2".
3. Desain distribusi air bersih mengalami modifikasi tata letak menyesuaikan dengan perletakan alat sanitary dan pipa yang mengalami *clash*.
4. Dipakai pompa transfer dengan kapasitas 941,667 lt/menit atau 0,016 m<sup>3</sup>/dt dengan daya sebesar 0,566 kW dan pompa *booster* dengan kapasitas 10,416 lt/menit atau 0,0104 m<sup>3</sup>/dt dengan daya sebesar 0,324 kW;
5. Dengan menerapkan BIM penulis dapat memodelkan bangunan dan distribusi pipa dalam bentuk 3D, mendeteksi *clash* antar elemen pipa dengan struktur (*clash detection*), maupun mengkalkulasi volume pekerjaan (*scheduling quantity*).
6. Nilai kecepatan bervariasi, mulai 1,342 m/dt dari hingga 1,998 m/dt. Semua jaringan pipa telah memenuhi kecepatan yang diijinkan; untuk tekanan air dalam pipa telah memenuhi ijin, yaitu minimal 1 kg/cm<sup>2</sup> dan maksimal 5 kg/cm<sup>2</sup>; posisi pipa telah termodifikasi menyesuaikan dengan *clash* yang ditemukan pada *revit*.  
Biaya perencanaan sistem instalasi air bersih dan air kotor Gedung Rawat Inap RSPAL Dr.Ramelan Surabaya sebesar Rp 2.221.081.531,9

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] BIM PUPR. (2018, April 27). Retrieved Agustus 28, 2023, from Puslitbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi: [http://bim.pu.go.id/berita/baca/7/bim-masa-depan-teknologi-digital-mendukung-pembangunan-infrastruktur.html#:~:text=Dengan%20menerapkan%20BIM%2C%20beberapa%20keunggulan,%20Doff%20quantity\)%2C%20mensimulasikan%20pelaksanaan](http://bim.pu.go.id/berita/baca/7/bim-masa-depan-teknologi-digital-mendukung-pembangunan-infrastruktur.html#:~:text=Dengan%20menerapkan%20BIM%2C%20beberapa%20keunggulan,%20Doff%20quantity)%2C%20mensimulasikan%20pelaksanaan)
- [2] BPK, J. (2022, 06 29). *Data Base Peraturan*. Retrieved Agustus 28, 2023, from <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/228129/pergub-prov-jawa-timur-no-33-tahun-2022>
- [3] Dharmawan, M. (2020). *Perencanaan Sistem Air Bersih dan Air Kotor Pada Gedung Kuliah Bersama niversitas Negeri Malang Dengan Penerapan BIM*. Malang: 2020.
- [4] Indonesia, P. L. (2019). Retrieved juli senin, 10, 2023, from EBARA – Centrifugal End Suction Volute Pump: <http://www.lukesindonesia.com/ebara-centrifugal-end-suction-volute-pump/>
- [5] Indonesia, P. L. (2019). *katalog ebara*. Retrieved juli senin, 2023, from <http://www.lukesindonesia.com/booster-pump/>
- [6] Mahendra, M. F. (2021). *PENERAPAN KONSEP BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DALAM BENTUK TIGA DIMENSI UNTUK MENUNJANG ESTIMASI BIAYA PEKERJAAN PLUMBING*. Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta.
- [7] Morimura, S. M. (2005). *Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. PT. Pradnya Paramita.
- [8] Pradestama, R. (2022). *Perencanaan Sistem Instalasi Plambing Air Bersih dan Air Limbah di Apartemen Menara Cibinong Tower C*. *Serambi Engineering*, 2804 - 2813.
- [9] Purnama, P. D. (2021). *Perencanaan Sistem Air Bersih dan Air Buangan Dengan BIM Pada pembangunan Hotel Grand Miami Kepanjen*. Kepanjen.
- [10] Rakyat, K. p. (2022, januari 05). *Peraturan Menteri nomor 1 tahun 2022*. Retrieved agustus Jumat, 28, from [https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2932/1#div\\_cari\\_detail](https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2932/1#div_cari_detail)
- [11] whidi, m. (Maret 2021, Maret 22). Retrieved juli senin, 10, 2023, from Detail Cara Menghitung Head loss atau Kehilangan Tekanan Air di dalam Pipa: <https://www.madewhidi.com/2021/03/menghitung-head-loss-atau-kehilangan.html>