

Evaluasi Distribusi Air Bersih dengan Menggunakan Metode Hazen William dan Hardy Cross (Studi Kasus Asrama Putra Pondok Pesantren Al-Kautsar)

Eva Olivia Hutasoit^{1)*}, Fredi Dwi Yulianto²⁾

¹⁾Program Studi D-III Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

²⁾Program Studi D-III Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

*Corresponding author. eva.oliviahutasoit@poliwangi.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords:

Clean Water Needs, Water Availability, Hazen William Method, Hardy Cross Method.

How to cite:

Fredi Dwi Yulianto, Eva Olivia Hutasoit (2023). Evaluasi Distribusi Air Bersih dengan Menggunakan Metode Hazen William dan Hardy Cross (Studi Kasus Asrama Putra Pondok)



ABSTRACT

The Al-Kautsar Islamic Boarding School's Boys' Dormitory is a 3-storey building and there are problems with the distribution of clean water, namely the water supply that cannot meet its users when it is used during peak hours. This study aims to evaluate the distribution of clean water and provide recommendations. In this study the method used was the calculation of Hazen William and Hardy Cross using SNI 03-7065-2005 reference regarding procedures for designing plumbing systems and SNI 8153:2015 concerning pipe systems in buildings. Then the results that have been obtained from the calculation that the need for clean water is 29.4 m³/day, for its availability of 502,400 m³, the need for clean water is not sufficient for its users. So it must be necessary to evaluate according to ideal conditions. As well as for the evaluation itself, namely the enlargement of the diameter of the 2nd floor pipe by 1 "and for the main dividing pipe by 2", the enlargement of the ground water tank by 6000 liters, the replacement of pump power by 200 watts. So, it can be concluded that the need for clean water in ideal conditions is 40.2 m³/day. Then in this study the lack of water needed in the existing conditions with a maximum requirement of 27% percentage.

1. Pendahuluan

Asrama dibangun yang dijadikan sebagai tempat tinggal yang membutuhkan jaringan sistem instalasi pipa air bersih karena penghuni dalam suatu asrama yang cukup banyak. Sehingga kebutuhan air bersih sangat penting dalam kelangsungan hidup penghuni asrama. Serta ketersediaan dan kecukupan air bersih asrama perlu diutamakan untuk kenyamanan penghuninya. Jika ketersediaan air bersih tidak memenuhi karena disebabkan oleh beberapa faktor, maka kebutuhan air bersih juga tidak dapat terpenuhi sesuai dengan standar yang berlaku.

Asrama putra Pondok Pesantren Al-Kautsar merupakan bangunan bertingkat 3 lantai, pada pondok pesantren tersebut mempunyai permasalahan pada distribusi jaringan perpipaan yang diduga kebutuhan air bersih tidak mencukupi dari penggunaannya. Pada saat dilakukannya survei berupa wawancara kepada pihak pengelola Pondok Pesantren Al-Kautsar, terdapat

permasalahan dalam suplai air yang kurang dari penggunaannya, yaitu pada jam-jam puncak saat jam ibadah dan istirahat yaitu pada jam 03.00-05.00 dan jam 15.00-1700 tidak dapat digunakan secara bersamaan, sehingga air tidak dapat mengalir.

Dengan seiring adanya penambahan jumlah penghuni disetiap tahunnya, maka kebutuhan air bersih menjadi meningkat. Sehingga membutuhkan kapasitas air bersih yang lebih banyak. Hal tersebut juga menyebabkan pemerataan kebutuhan air bersih tidak merata. Kemudian ketersediaan dan kecukupan air bersih asrama perlu diutamakan untuk kenyamanan penghuninya. Karena hal ini menjadi permasalahan utama, dari permasalahan tersebut maka, peneliti mengambil permasalahan terkait perhitungan kebutuhan dan ketersediaan air bersih di asrama putra Pondok Pesantren Al-Kautsar.

Pada penelitian ini menggunakan acuan SNI 03-7065-2005 dan SNI 8153:2015 yang berhubungan dengan sistem pipa pada bangunan gedung, serta menggunakan metode perhitungan Hazen William dan Hardy Cross mengenai kehilangan tekanan pada instalasi jaringan pipa. Metode Hazen William adalah metode yang digunakan untuk menghitung debit dan tekanan pada sistem jaringan perpipaan pada suatu bangunan. Sedangkan metode Hardy Cross adalah metode yang dapat digunakan untuk menentukan distribusi debit aliran pada jaringan pipa.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi terutama bagi pihak pengelola asrama putra Pondok Pesantren Al-Kautsar, terkait kebutuhan dan ketersediaan air bersih dan juga pemerataan kebutuhan air bersih seiring dengan bertambahnya jumlah penghuni disetiap tahunnya menjadi merata. Serta pada penelitian ini nantinya menghasilkan gambar isometri pada sistem distribusi air bersih dan bisa digunakan sebagai bentuk gambaran dan dapat juga direncanakan ulang agar sistem distribusi dapat berjalan dengan lancar. Kemudian hasil dari penelitian ini digunakan sebagai rujukan untuk kedepannya bagi pihak asrama putra Pondok Pesantren Al-Kautsar agar suplai air dapat segera terpenuhi sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

2. Tinjauan Pustaka

1. Prinsip Dasar Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem didtribusi air adalah sistem perpipaan yang disiapkan didalam dan diluar gedung untuk mengalirkan air bersih kedalam gedung dari sumbernya ke outlet (keluaran). Sistem distribusi air bersih dirancang untuk memenuhi kebutuhan air bersih layak minum. Ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam membersihkan sistem air yaitu kualitas air distribusi, sistem penyediaan air yang digunakan, pencegahan pencemaran air sistem, aliran dalam pipa, laju aliran dan tekanan air. (Nisa, 2021).

2. Sistem Perpipaan

Komponen utama dari sistem distribusi air adalah sistem jaringan perpipaan, seperti kebocoran, kerusakan pipa atau komponen lainnya, besarnya energi yang hilang, dan penurunan tingkat pelayanan untuk penyediaan air bersih bagi konsumen. Menurut sejarah, penerapan pertama sistem perpipaan adalah pada zaman Yunani. Mereka yang menanamkan nilai-nilai kesehatan yang tinggi. Sistem perpipaan merupakan suatu sistem untuk menyalurkan fluida antar peralatan dari suatu tempat ketempat yang lain dalam rangka melakukan suatu proses produksi. Aliran atau perpindahan fluida dari suatu tempat ketempat tujuan yang diinginkan dilakukan dengan dengan memanfaatkan gaya gravitasi bumi. (Erwanto, 2013). Ruang lingkup pada pekerjaan pipa yaitu : Instalasi pipa air bersih, Instalasi pipa air kotor dan air hujan. Instalasi pipa gas (Gas Fitting), Energi panas (Heating). Pekerjaan talang (Roof Gutter). Instalasi pemadatan kebakaran (Hydrant & Springkler).

3. Sistem Instalasi Pipa

Menurut (Morimura and Noerbambang, 2000) sistem instalasi pipa pada gedung umumnya terbagi atas tiga bagian utama yang harus dipahami dan dirawat untuk mencapai tingkat kenyamanan penghuni yaitu :

1) Pemakaian air dalam satu hari :

$$Q_d = \text{Jumlah penghuni} \times \text{Pemakaian air per orang / per hari}$$

2) Kebutuhan air rata-rata pemakaian per hari :

$$Q_h = Q_d t$$

Dimana :

$$Q_h = \text{Pemakaian air rata-rata (1/jam)}$$

$$Q_d = \text{Pemakaian air rata-rata (1/hari)}$$

$$t = \text{Pemakaian rata-rata (jam/hari)}$$

Pemakaian air pada jam puncak

$$Q_{h-maks} = C_1 \times Q_h, \dots\dots\dots$$

Dimana :

$$Q_h - \text{maks} = \text{Pemakaian air (1/jam)}$$

C_1 = Konstanta 1,5 untuk bangunan rumah tinggal, 1,75 untuk bangunan perkantoran, 2,0 untuk bangunan hotel atau apartement

$$Q_h = \text{Pemakaian rata-rata (1/jam)}$$

3) Pemakaian air pada menit puncak :

$$Q_{m-maks} = C_2 \cdot Q_h$$

Dimana :

$$Q_m - \text{maks} = \text{Pemakaian air (1/menit)}$$

C_2 = Konstanta 3,0 untuk bangunan rumah tinggal, 3,5 untuk bangunan perkantoran, 4,0 untuk bangunan hotel atau apartement

$$Q_h = \text{Pemakaian rata-rata (1/jam)}$$

4) Penentuan Debit Aliran Dalam Pipa :

$$Q = vt$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit air (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$t = \text{Waktu (detik).}$$

4. Pipa

Pipa adalah sebuah selongsongan bundar (silinder berongga) yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas. Pipa biasanya disamakan dengan istilah tube, pipa tersebut biasanya terbuat dari bermacam-macam bahan sesuai dengan kebutuhannya, seperti : besi, tembaga, kuningan, plastik, PVC, alumunium, stainless.

Salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan pipa yaitu diameter pipa yang tepat, dikarenakan diameter pipa akan menunjang kenyamanan penghuninya. Diameter pipa yang tepat akan mengurangi resiko kerugian-kerugian pada instalasi jaringan pipa air bersihnya. Perhitungan diameter pipa air bersih berdasarkan unit beban alat saniter yaitu dengan melihat tabel nilai unit beban alat saniter air bersih berdasarkan jenisnya, kemudian dilanjutkan dengan melihat tabel jenis pipa PVC untuk mengetahui beban unit alat saniter dan diameter pipa yang digunakan.

5. Proyeksi Peramalan Penambahan Jumlah Penghuni

Banyak metode yang digunakan dalam memperkirakan laju perkembangan jumlah populasi. Metode perkiraan populasi dihitung dengan menggunakan metode aritmatika :

(1). Metode Aritmatika

Menurut McGhee (1991), metode aritmatika didasarkan pada anggapan bahwa laju perubahan populasi konstan, menggunakan asumsi bahwa pertumbuhan penduduk dengan jumlah sama setiap tahun. Bentuk matematis model aritmatika adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_t + (K_a * x) \quad K_a = (P_t - P_o) / t$$

Dimana,

P_n : Jumlah penduduk n pada tahun mendatang

P_o : Jumlah penduduk pada awal tahun data

P_t : Jumlah penduduk pada akhir tahun data

X : Selang waktu (tahun dari tahun n – tahun terakhir)

T : Interval waktu tahun data ($n-1$)

3. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang dijadikan panduan untuk melakukan penelitian, agar dapat diperoleh hasil yang baik untuk mencapai tujuan penelitian yang direncanakan. Langkah- langkah pelaksanaan penelitian pada diagram berikut ini:

Waktu studi dimulai dari pengumpulan data sampai proses pengerjaan hasil studi yaitu 4 bulan dihitung dari bulan April 2023 sampai bulan Juli 2023. Lokasi studi adalah asrama putra pondok pesantren Al-Kautsar yang beralamat di Krajan, Sumber Sari, Kecamatan Srono, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68471. Setiap langkah digambarkan dalam bentuk diagram dan dihubungkan dengan garis atau arah panah. Flowchart dari proyek akhir perhitungan kebutuhan dan ketersediaan air bersih studi kasus Asrama Putra Pondok Pesantren Al-Kautsar dapat dilihat pada: Studi literatur yang merupakan suatu proses untuk mencari sumber referensi dalam pelaksanaan proyek akhir, dengan bidang yang serupa dan tidak jauh dari judul proyek akhir yaitu instalasi pada jaringan pipa air bersih. Digunakan sebagai referensi atas teori yang telah ada dari suatu jurnal, paper, buku, yang berguna untuk memperkuat gagasan proyek akhir.

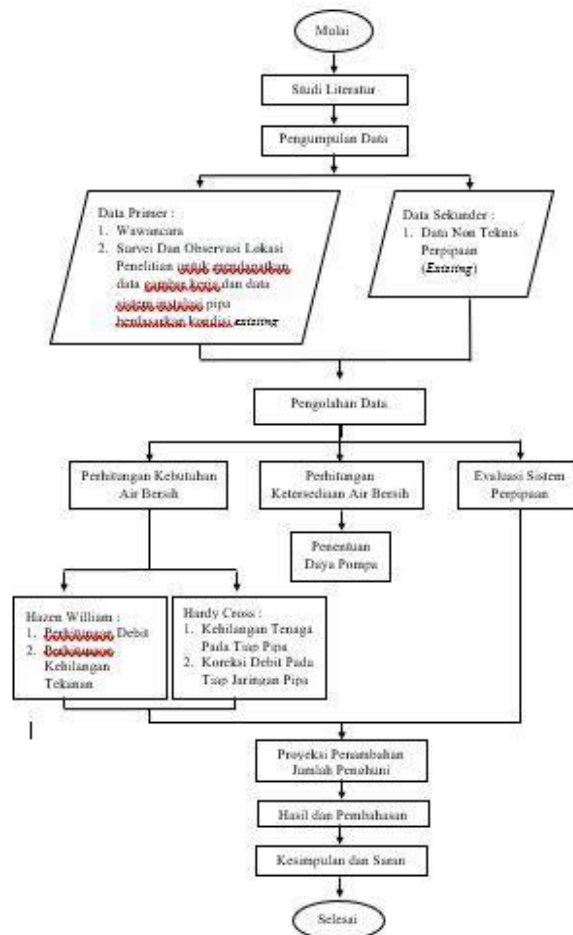
Pengumpulan data proyek akhir ini dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Data primer

Pengumpulan data primer dimulai dengan mencari lokasi yang tepat dengan penelitian, alhasil menemukan studi kasus di Asrama Putra Pondok Pesantren Al-Kautsar, selanjutnya adalah wawancara dan observasi dengan pihak asrama yaitu bapak Ashadullah selaku pihak pengelola Pondok Pesantren Al-Kautsar.

2. Data sekunder

Terdapat beberapa data sekunder yang digunakan dalam proyek akhir ini. Data yang dibutuhkan adalah gambar instalasi jaringan pipa, ukuran pipa, jenis pipa, jumlah penghuni, serta debit aliran dalam pipa. Namun Asrama Putra Pondok Pesantren Al-Kautsar tidak memiliki gambar perencanaan instalasi jaringan pipa, karena hanya mengandalkan pengetahuan seorang tukang bangunan.



Gambar 1 Diagram Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

a. Data Plumbing

Berdasarkan dari hasil observasi dilapangan didapatkan data plumbing pada sistem distribusi air bersih antara lain : pompa Shimizu 175 watt, (rooftank 1) 5300 L, (rooftank 2) 2000 L, pipa PVC.

b. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

1. Pemakaian rata-rata per hari

$$Q_d = \text{Jumlah Penghuni} \times \text{Pemakaian air bersih per hari} \\ = 245 \times 120 \text{ liter} = 29400 \text{ liter/hari} = 29,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Pemakaian rata-rata per jam

$$Q_h = Q_d T = 29,400 \text{ m}^3/\text{hari} / 4 \text{ jam} = 7,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Pemakaian rata-rata air pada jam puncak

$$Q_{h\text{-max}} = C_1 \times Q_h = 2 \times 7,35 \text{ m}^3/\text{jam} = 14,7 \text{ m}^3/\text{jam}$$

c. Perhitungan Metode Hazen William

Pada perhitungan Hazen William menghitung nilai debit dan kehilangan tekanan sebagai berikut :

1. Nilai Debit

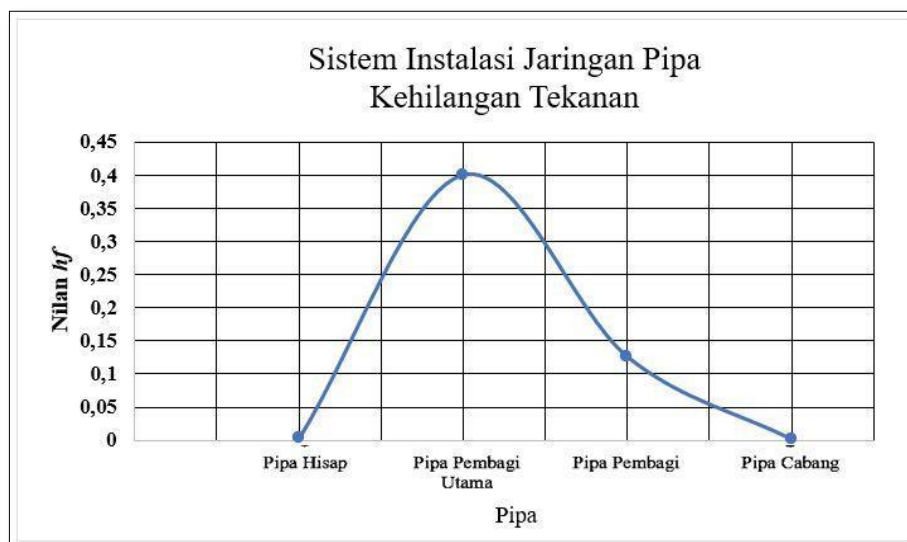
Pada perhitungan debit data yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian dilapangan sebagai berikut :

Tabel 1. Perhitungan Debit Aliran Disetiap Jalur Pipa Air Bersih

Pukul	V (m ³)	Tandon Gravitasi 1 (Lantai 2)		Tandon Gravitasi 1 (Lantai 1)		Tandon Gravitasi 2 (Lantai 1)	
		t (s)	Q m ³ /detik	t (s)	Q m ³ /detik	t (s)	Q m ³ /detik
05.00-06.00	0,019	48	0,00039583333	51	0,00037254902	77	0,00025675325
09.00-10.00	0,019	59	0,0003220339	56	0,00033928571	81	0,0002345679
12.00-13.00	0,019	63	0,0003015873	54	0,00035185185	79	0,00024050633
15.00-16.00	0,019	51	0,00037254902	52	0,00036538462	73	0,00026027397
18.00-19.00	0,019	53	0,00035849057	58	0,00032758621	84	0,00022619048
Rata-rata		Σ Q (m ³ /s) = 0,00035009882		Σ Q (m ³ /s) = 0,00035133148		Σ Q (m ³ /s) = 0,00024365839	

2. Kehilangan Tekanan

Setelah diketahui terkait instalasi jaringan pipa pada setiap jalur ke setiap kran serta jenis pipa yang digunakan dilapangan dan juga debit aliran dalam instalasi jaringan pipa maka dapat menghitung kehilangan tekanan yang terjadi sesuai dengan data yang ada di lapangan. Berikut adalah diagram dari perhitungan kehilangan tekanan sebagai berikut :



Gambar 2 Diagram Nilai Hf

d. Perhitungan Metode Hardy Cross

Pada perhitungan Hazen William menghitung nilai debit dan kehilangan tekanan sebagai berikut :

1. Nilai Kehilangan Tekanan

Perhitungan ini diharapkan dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah distribusi aliran pada jaringan pipa. Metode yang digunakan berupa bentuk iterasi dan membutuhkan perhitungan embutuhkan perhitungan asumsi yang logis untuk menjangkau masalah terkait distribusi air bersih sebagai berikut :

- a) Menghitung koefisien gesekan pipa (f)

$$f = \frac{124,58n^2}{D^{1/3}}$$

$$f = \frac{124,58 \times 0,009^2}{0,038^{1/3}}$$

$$f = 0,030015032$$

Menghitung koefisien kehilangan tenaga (k)

$$k = \frac{8fxL}{9\pi^2 x D^5}$$

$$k = \frac{8 \times 0,030015032 \times 12,1}{9 \times 3,14^2 \times 0,038^5}$$

$$k = 379112,3055$$

Menghitung nilai Reynold (Re)

$$Re = \frac{4Q}{\pi v D}$$

$$Re = \frac{4 \times 0,00035}{3,14 \times 0,11513 \times 0,038}$$

$$Re = 0,10191$$

Jadi, dari perhitungan diatas didapat nilai koefisien gesekan pipa (f) sebesar 0,030015032, nilai koefisien tenaga pada pipa nomor 1 (k) sebesar 379112,3055. Dan nilai angka Reynold (Re) sebesar 0,10191

2. Nilai Koreksi Debit

Pada setiap titik sampul, debit aliran menuju dan meninggalkan titik tersebut adalah sama. kemudian dihitung nilai kQ^2 dan $|2kQ|$ untuk masing-masing pipa, dan selanjutnya dihitung jumlah aljabar dari kedua nilai tersebut, sehingga akhirnya dapat dihitung koreksi debit ΔQ .

Tabel 2. Perhitungan Loop Berdasarkan Metode Hardy Cross Iterasi 8

No. Pipa	Q0 m ³ /s	kQ ² m ³ /s	2kQ m ³ /s
1	13,21	6743797,317	1021013,977
2	11,19	235953,1004	42172,1359
3	7,16	121163,3487	33844,51082
4	5,18	385643,0747	148896,94
5	3,21	6581,934621	4100,893845
6	2,37	2152,739312	1816,657647
7	2,19	601695,4118	549493,5268
8	1,89	122789898,8	129936400,8
9	1,67	874704,6216	1047550,445
10	1,56	763269,0907	978550,1163
11	1,31	62793958,24	95868638,53
12	2,3	165914426,8	144273414,6
13	2	125455143,1	125455143,1
14	2,32	47830191,5	41232923,71
15	1,8	8468222,161	9409135,734
16	1,5	8232993,767	10977325,02
17	1,3	20671871,2	31802878,77
18	1	1531598,205	3063196,41
19	2	2927286,673	2927286,673
20	1,24	192899,828	311128,7549
21	1,15	1009312,763	1755326,544
22	1,9	5963092,044	6276938,994
23	1,5	5750027,393	12937561,63
24	1,2	1254551,431	1806554,061
25	1,29	209091,9052	347949,8394

26	0,98	1254551,431	1204871,194
27	0,75	209091,9052	117614,1967
28	0,63	1254551,431	497931,463
29	0,45	209091,9052	42341,1108
30	0,32	1254551,431	128466,0665
31	0,25	209091,9052	13068,24408

Lanjutan Tabel 2. Perhitungan *Loop* Berdasarkan Metode Hardy Cross Iterasi 8

No. Pipa	Q ₀ m ³ /s	kQ ² m ³ /s	2kQ m ³ /s
32	32	1,45	2637694,384
33	33	1,12	262284,8859
34	0,85	1254551,431	906413,4089
35	9,18	209091,9052	17620676,67
Jumlah kQ² dan 2kQ		622039282,8	643444804,5

Karena perhitungan telah memenuhi syarat, yaitu nilai koreksi debit $\Delta Q \approx 0$. Jadi nilai koreksi debit yang telah memenuhi syarat $\Delta Q \approx 0$ pada iterasi ke-8 yaitu sebesar 0,966732933. Perhitungan koreksi debit dilakukan sampai iterasi ke-8 dikarenakan nilai debit sebesar 0,00035009882 karena terjadi pengecilan diameter pipa pada lantai 2, sehingga debit asumsi (Q₀) harus diturunkan nilainya agar nilai koreksi debit dapat memenuhi persyaratan yaitu $\Delta Q \approx 0$. Perhitungan *Loop* Berdasarkan Metode Hardy Cross Iterasi 8 Karena perhitungan telah memenuhi syarat, yaitu nilai koreksi debit $\Delta Q \approx 0$. Jadi nilai koreksi debit yang telah memenuhi syarat $\Delta Q \approx 0$ pada iterasi ke-8 yaitu sebesar 0,966732933. Perhitungan koreksi debit dilakukan sampai iterasi ke-8 dikarenakan nilai debit sebesar 0,00035009882 karena terjadi pengecilan diameter pipa pada lantai 2, sehingga debit asumsi (Q₀) harus diturunkan nilainya agar nilai koreksi debit dapat memenuhi persyaratan yaitu $\Delta Q \approx 0$.

E. Evaluasi Sistem Perpipaan

Berdasarkan hasil perhitungan distribusi air pada instalasi jaringan pipa air bersih menggunakan metode Hazen William dan Hardy Cross, untuk hasil perhitungan benar membuktikan bahwa data yang ada dilapangan setelah dilakukan perhitungan dari kedua metode tersebut ada penyesuaian baik dilihat dari nilai debit, kehilangan tekanan, kehilangan tenaga pada pipa, dan nilai koreksi debit. Kemudian hasil evaluasi sistem distribusi sebagai berikut :

Tabel 3. Evaluasi Berdasarkan Kondisi Eksisting

No.	Sistem Plambing	Kondisi Eksisting	Evaluasi
1.	Ground Water Tank	4800 L	6000 L
2.	Rooftank 1	5300 L	Sudah sesuai
3.	Rooftank 2	2000 L	Sudah sesuai
4.	Pipa	PVC (2", 1 ½", 1", ¾", 1/2")	Diameter pipa pembagi utama diperbesar dari 1 ½" ke 2" dan pipa lantai 2 dari 3/4" menjadi 1"
5.	Pompa	175 Watt	Pompa jenis bosther daya 200 Watt

F. Proyeksi Data Penghuni

Qd eksisting = Jumlah Penghuni x 120 liter
 = 245 x 120 liter

$$\begin{aligned} &= 29,4 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Qd maksimum} &= \text{Jumlah Penghuni} \times 120 \text{ liter} \\ &= 335 \times 120 \text{ liter} \\ &= 40,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Presentase (\%)} &= (\text{Qd eksisting})/(\text{Qd maksimum}) \times 100 \\ &= (29,4\text{m}^3/\text{hari})/(40,2 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 100 \\ &= 27 \% \end{aligned}$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Evaluasi Distribusi Air Bersih Dengan Menggunakan Metode Hazen William Dan Hardy Cross Asrama Putra Pondok Pesantren Al-Kautsar diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Untuk kebutuhan air bersih berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil yaitu 29,4 m³/hari dan untuk nilai ketersediaan air bersih pada Asrama Putra Pondok Pesantren Al-Kautsar sebesar 502.400 m³.
2. Hasil evaluasi sistem pipa pada kondisi eksisting kebutuhan air bersih belum mencukupi dari penggunaannya. Kekurangan kebutuhan air bersih dalam kondisi ideal adalah 27 % selisih dari (Qd) kebutuhan air bersih pada kondisi eksisting
3. Proyeksi Kebutuhan air bersih dalam batas maksimum untuk 335 penghuni dibutuhkan 40,2 m³/hari.

Referensi

- Erwanto, 2013. Modul Praktik Plumbing dan drainase. Banyuwangi. Zulis Erwanto
- Ferial, M. F., Mundra, I. W., & Hirijanto. 2020. Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Kecamatan Pagak Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Sondir*, 1, 22–33.
- Ikhsan, Jazaul, Nursetiawan, dan Puji Harsanto. 2018. Bahan Ajar (Mekanika Fluida dan Hidrolika). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Jaenudin, M., & Kholiq, A. 2022. Kajian Sistem Plumbing Air Bersih Dan Air Kotor Pada Bangunan Gedung Dewan Perwakilan Daerah Kabupaten Majalengka. *Seminar Teknologi Majalengka (Stima)*, 6, 191–197.
- Matero, Rivo, Roski R. I. Legrans, dan Isri R. Mangangka. 2020 "Tinjauan Terhadap Perancangan Sistem Plumbing Air Bersih Dan Air Buangan Pada Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado." *Jurnal Tekno*, 219-228.
- Morimura, T. and Noerbambang, S.M. 2000 "Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing", Jakarta: PT. Pradnya Paramita, p. 696.
- Nisa, F. K. 2021 "Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Dan Pembuangan Air Limbah Pada Rayz Hotel Sengkaling.
- Nasional, B.S., 2015. Sistem Plumbing Pada Bangunan Gedung-2015 SNI 8153:2015. Badan Standardisasi Nasional.
- Perdana, Reza Cholid Yanuan. 2015 "Studi Evaluasi Perencanaan Sistem Plumbing Dan Fire Hydrant Pada Proyek Condotel Horison Ultima Blok A Dan Blok B Kota Batu." *Jurnal Rekayasa Sipil*, 42-47.
- Prayogo, T. B. 2017 "Studi Kelayakan Ekonomi Sistem Jaringan Air Bersih Hipam Kelurahan Dadaprejo Kecamatan Junrejo Kota Batu", pp. 248-258.
- Pratama, Galang Kori. 2022 Studi Penentuan Debit Puncak Dan Kehilangan Tekanan Pada Instalasi Jaringan Pipa Air Bersih Asrama Putri Pondok Pesantren Bustanul Makmur. Laporan Proyek Akhir, Banyuwangi: Program Studi Diploma III Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi.

Rakhim, Abd, Nurnawaty, Riyan Sophian, dan Habibur Fathur Rahman. 2020 "Analisis Distribusi Air Bersih Pada Sistem Perpipaan Gedung Menara Iqra Kampus Unismuh Makassar." *Jurnal Teknik Hidro*, 47-56.

Walujodjati, Eko, Sulwan Permana, dan Hadi Nurhuda. 2022 "Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air." *Jurnal Konstruksi*, 183-193.