

Analisis Tingkat Pelayanan dan Evaluasi Kapasitas Jaringan Perpipaan di Perumahan BTN Antara Kota Makassar

Jeliani Estori Sarira ^{*1a}, Benyamin Tanan ^{*2}, Herman Welem ^{*3}

Submit:
2 Mei 2023

Review:
20 Mei 2023

Revised:
1 November 2024

Published :
22 November 2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, liansarira@gmail.com

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, nyamintan2002@yahoo.com

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, hermantanje@yahoo.com

^aCorresponding Author: liansarira@gmail.com

Abstrak

BTN Antara merupakan perumahan yang terdapat di Kelurahan Tamalanrea Indah Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Dalam mendukung fasilitas umum dan kebutuhan air masyarakat di BTN Antara menggunakan salah satu sumber air yaitu dari PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) Makassar. Distribusi air di perumahan BTN ANTARA masih belum sepenuhnya optimal dikarenakan beberapa faktor, yaitu tekanan air dalam pipa yang rendah pada waktu tertentu. Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/2007 (Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2007) kecepatan aliran minimum dalam pipa yang diijinkan ialah 0,3 – 0,6 m/s dan 0,5 – 1,0 atm untuk tekanan minimum pada titik jangkauan pelayanan terjauh. Penelitian ini dimaksudkan agar dapat mengetahui kebutuhan air bersih, tingkat pelayanan air bersih dan mengevaluasi kapasitas jaringan distribusi air bersih dan evaluasi kapasitas jaringan perpipaan di BTN Antara Pada perumahan BTN Antara tidak ada penambahan pelanggan baru sehingga diperoleh kebutuhan air total yaitu 669,2 m³/hari, kebutuhan air rata – rata harian yaitu 9,294 ltr/dtk, untuk kebutuhan air maksimum diperoleh 10,688 ltr/dtk, dan pemakaian air jam puncak yaitu 18,170 ltr/dtk. Dari hasil perhitungan tingkat pelayanan di Perumahan BTN Antara diperoleh 87,890%. 3. Dari hasil perhitungan sisa tekanan untuk pipa kiri di perumahan BTN Antara terdapat 44 node yang sisa tekanannya berada di bawah 5 mka. Dan untuk perhitungan pipa kanan terdapat 19 node yang juga berada di bawah 5 mka.

Kata kunci: air bersih, tingkat pelayanan, jaringan perpipaan

Abstract

BTN Antara is a housing complex located in Tamalanrea Indah Village, Tamalanrea District, Makassar City, South Sulawesi Province. In supporting public facilities and the water needs of the community, BTN Antara uses a water source, namely PDAM (Regional Water Supply Company) Makassar. The distribution of water in the BTN ANTARA housing complex is still not optimal due to several factors, namely the low water pressure in the pipes at certain times. According to the regulation of the Minister of Public Works No. 18/PRT/2007 (Ministry of Public Works of the Republic of Indonesia, 2007) minimum permissible flow velocity in pipelines is approximately 0.3 – 0.6 m/s and 0.5 – 1.0 atm for minimum pressure at service coverage points. This research is intended to be able to determine the need for clean water, the level of clean water service and evaluate the capacity of the clean water distribution network and evaluate the capacity of the pipeline network at BTN Antara. / day, the average daily water requirement is 9,294 ltr / sec, for the maximum water requirement it is 10,688 ltr / sec, and peak hour water use

is 18,170 ltr / sec. From the results of calculating the level of service at BTN Antara Housing, it was obtained 87,890%. 3. From the results of the calculation of the residual pressure for the left pipe in the BTN Antara housing, there are 44 nodes whose residual pressure is below 5 mka. And for the calculation of the right pipe there are 19 nodes which are also under 5 mka.

Keywords: *clean water, clean water service, pipeline*

PENDAHULUAN

BTN Antara merupakan perumahan yang terdapat di Kelurahan Tamalanrea Indah Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Perumahan tersebut telah lama berdiri, terdapat berbagai tipe rumah dan fasilitas umum yang mendukung kegiatan masyarakat di dalamnya. Dalam mendukung fasilitas – fasilitas umum dan kebutuhan air masyarakat di BTN Antara menggunakan salah satu sumber air yaitu dari PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) Makassar. Debit aliran pada saluran tertutup mempunyai bentuk energi potensial, pertama yang diakibatkan oleh elevasinya dan yang kedua diakibatkan oleh tekanannya [1]. Distribusi air di perumahan BTN ANTARA masih belum sepenuhnya optimal dikarenakan beberapa faktor, yaitu tekanan air dalam pipa yang rendah pada waktu tertentu. Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/2007 kecepatan aliran minimum dalam pipa yang diijinkan adalah 0,3 – 0,6 m/s dan tekanan minimum dalam pipa yaitu 0,5 – 1,0 atm pada titik jangkauan pelayanan terjauh. Sisa tekanan minimum diujung pada jalur pipa induk tidak lebih besar dari 10 mka. Hal ini agar setiap pelanggan bisa mendapatkan air yang cukup. Konsep pengaliran pada sistem perpipaan bertekanan menyatakan bahwa jumlah energi di sepanjang pipa antara titik satu dengan titik kedua adalah sama, tekanan energi ini akan berkurang karena adanya gesekan antara zat cair dan dinding pipa yang di sebut kehilangan sisa tekanan. Tekanan harus dijaga agar tidak terlalu rendah, karena apabila tekanan terlalu rendah akan menyebabkan terjadinya kontaminasi air selama aliran dalam pipa distribusi (Saffii, 2012). Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi sistem jaringan distribusi air minum, kemudian mengevaluasi pola sebaran tekanan pada jaringan distribusi PDAM pada BTN ANTARA Kota Makassar

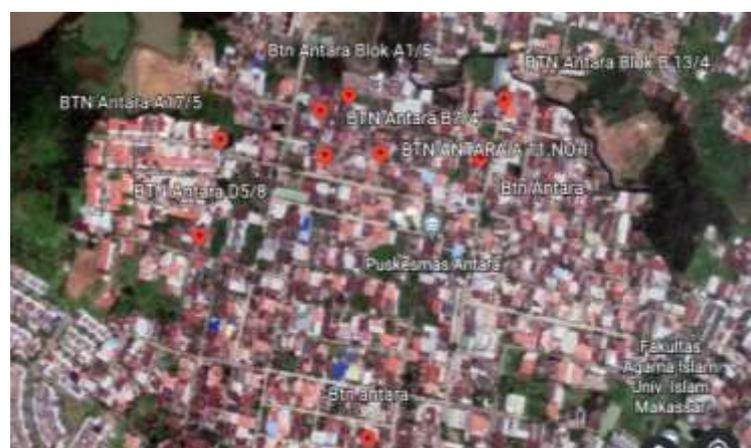
Sebelum melakukan penelitian ini, ada banyak penelitian yang serupa yang berkaitan dengan penelitian ini seperti yang dilakukan oleh Awaluddin Salilama dengan judul Analisis Kebutuhan Air Bersih (PDAM) di Wilayah Gorontalo dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan air yang diperlukan PDAM Kota Gorontalo pada tahun 2020 sebesar 356,117 lt/dt dengan jumlah konsumennya 201.431 jiwa. [1]. Penelitian oleh Jeni Paresa dengan judul Analisis Kebutuhan Air Bersih dan Layanan PDAM di Kabupaten Merauke berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan debit air PDAM PT. Wedu Merauke saat ini sebesar 1.050,250 m³/hari sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan air masyarakat. [2]. Penelitian dengan judul Analisis Tingkat Pelayanan Air Bersih Di Kota Bogor oleh Mawang Putra sebagian besar responden tidak menggunakan alternatif air lainnya selain PDAM, sisanya menggunakan alternatif air lainnya. [3]. Penelitian dengan judul Analisis Kapasitas dan Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi PDAM di Wilayah Pesisir Kecamatan Tallo, Kota Makassar oleh Herman Parung menyatakan bahwa jaringan pipa distribusi yang melayani kawasan pesisir Kelurahan Tallo untuk kondisi eksisting tahun 2012, dengan data-data pelayanan Jumlah Penduduk di Kelurahan Tallo sebanyak 8.034 Jiwa. [4]. Suatu judul Studi Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih Di Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang oleh Denik Sri Krisanayanti menyatakan bahwa kehilangan energi yang paling tinggi terjadi pada pipa 4 yaitu sebesar 2,087 m/dtk sedangkan kecepatan terendah terdapat pada pipa nomor 7 yaitu sebesar 0,000 m/dtk. [5]. Sebuah judul Analisis Kebutuhan Air Bersih Masyarakat Kecamatan Petang oleh I Komang Darmayasya menyatakan bahwa hasil simulasi jaringan pipa yang dianalisis menggunakan Waternet menunjukkan bahwa sistem penyediaan air untuk Wilayah Kecamatan Petang tidak

ada masalah yang berarti secara hidraulik jaringan dapat melayani kebutuhan air di setiap wilayah layanan. [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Rudi Eryanto dengan judul Analisis Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Sawahlunto menyebutkan bahwa dari hasil penelitian jumlah kebutuhan air bersih PDAM sampai dengan tahun 2025 mengalami peningkatan sebesar 2,5% seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk kota Sawahlunto, debit air terpakai sampai tahun 2025 berjumlah 107,71 lt/dtk. [7]. Sebuah judul Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Bersih Di PDAM Kecamatan Dusun Timur oleh Harry Shartisya menyatakan bahwa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan pada tahun 2029, kapasitas produksi saat ini dinilai cukup dengan proyeksi penduduk pada tahun 2029 sebesar 53,807 jiwa diperoleh kebutuhan air pelanggan sebesar 20,24 lt/dtk dan kebutuhan air bersih penduduk sebesar 80,96 ltr/dtk. [8]. Penelitian dengan judul Analisa jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 oleh Searphin Nugroho menyatakan bahwa hasil simulasi Epanet 2.0 menunjukkan bahwa jaringan perpipaan distribusi air bersih existing di Kelurahan Harapan Baru memiliki 7 junction yang nilai tekanan airnya di bawah batas minimum. [9]. Suatu penelitian dengan judul Pola Konsumsi Air Untuk Kebutuhan Domestik Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Di Kecamatan Mayaran Kabupaten Wonogiri oleh Bondan Jati Kusuma menyatakan bahwa debit yang dihasilkan pada bulan desember tahun 2015 dari mata air Umbul Naga memiliki debit sebesar 2,5 l/dtk dan dari hasil penelitian menyebutkan bahwa pengaruh tingkat pendapatan terhadap pola konsumsi air sangat erat. [10]. Rekomendasi teknis mencakup peningkatan kapasitas WTP hingga 2,13 kali, mengurangi kehilangan air sebesar 25%, dan memanfaatkan sistem unit cadangan untuk mencegah gangguan distribusi air selama 24 jam. Rekomendasi ini harus disinkronkan dengan Rencana Keamanan Air Minum (RPAM) di kota tersebut[11]. Diprediksi bahwa kebutuhan air bersih pada tahun 2032 akan mencapai 33.276 L/hari atau meningkat sebesar 47,21% dari kebutuhan air bersih saat ini, sehingga tidak diperlukan pembangunan bak baru dan sumber air mentah[12]. Air adalah elemen kunci untuk mempertahankan kehidupan di bumi dan untuk menjalankan proses manufaktur. Eksploitasi berlebihan terhadap air tawar akibat pertumbuhan populasi dan ekspansi industri telah mengakibatkan penipisan sumber daya yang terbatas[13][14][15].

METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

BTN ANTARA merupakan lokasi penelitian yang dilakukan. Terletak di Kelurahan Tamalanrea Indah, Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar Sulawesi Selatan. Secara geografis perumahan BTN ANTARA berada pada posisi 5°08'06'' Lintang Selatan dan 119°28'40'' Lintang Utara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

B. Metode Pengumpulan Data

1. Persiapan

Pada penelitian ini menggunakan jenis data yang dapat dihitung secara langsung, dan data yang diperoleh melalui survey langsung ke lapangan. Dalam penelitian ini jenis data yang digunakan yaitu data sekunder dan data primer.

2. Pengumpulan data

a. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini berupa kuesioner yang akan dijalankan dengan mendatangi langsung setiap rumah dengan sampel sekitar 10% dari total rumah yang mewakili pelanggan dan non pelanggan yang dibagi secara proporsional dengan setiap blok per rumah.

b. Data Sekunder

- 1) Data perumahan yang diambil dari aplikasi google earth dan di crosscek langsung di lapangan.
- 2) Data pelanggan PDAM merupakan data yang diambil langsung dari PDAM Kota Makassar yang mencakup data pelanggan dan jumlah pemakaian air per bulan.
- 3) Data Jaringan Eksisting merupakan data yang di peroleh langsung di PDAM Kota Makassar yang meliputi data jaringan pipa, diameter pipa dan peta pemasangan pipa.

C. Analisis Data

1. Penentuan Jumlah Sampel

2. Analisa Kebutuhan Air
3. Analisa Penggunaan Air Eksisting
4. Calon Pelanggan baru
5. Analisa Total Kebutuhan Air
6. Tingkat Pelayanan
7. Evaluasi Kapasitas Jaringan Eksisting

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Populasi dan Sampel

Populasi dan sampel adalah unit – unit atau suatu kelompok yang memiliki karakter atau bentuk tertentu yang disengaja dipilih, agar dapat diambil data yang dapat digunakan dalam penelitian yang telah dirancang. Jumlah rumah yang berada di BTN Antara berjumlah 656 rumah. Penelitian ini menggunakan sampel yang akan menentukan tingkat pelayanan air bersih PDAM di BTN Antara.

Pada penelitian ini besarnya sampel ditentukan berdasarkan rumus

$$n = N / (1 + N (d^2))$$

Dimana :

n = besar sampel yang diperlukan

N = besar populasi

d = tingkat kepercayaan yang diinginkan (10%)

$$n = 656 / (1 + 656 (0,1^2))$$

$$n = 86,77 \approx 87$$

Jumlah responden yang diperoleh pada saat mengadakan kuesioner di Perumahan BTN ANTARA Kota Makassar adalah 87 rumah dari total rumah keseluruhan yang ada. Pada perumahan BTN ANTARA tipe rumah di tiap blok berbeda sehingga pembagian kuesioner dilakukan di tiap rumah pada tiap blok yang dapat mewakili. Rumah yang menggunakan jasa PDAM berjumlah 77 rumah dan rumah yang tidak berlangganan berjumlah 10 rumah.

2. Analisis Data Pemakaian Air

a. Pemakaian air rumah tangga (Domestik)

Dari total pelanggan 553 pada tahun 2020-2021 di peroleh rata-rata pemakaian air yaitu :

Tabel 1. Pemakaian air rata-rata di perumahan BTN Antara Makassar

Jan	27,6 m ³
Feb	28,2 m ³
Mar	26,3 m ³
Apr	27,3 m ³
Mei	26,9 m ³
Juni	27,9 m ³
Juli	28,5 m ³
Agst	28,4 m ³
Sep	29,6 m ³
Okt	31,3 m ³
Nov	30,5 m ³
Des	28,5 m ³

Dari tabel pemakaian air rata – rata di atas diperoleh pemakaian air rata – rata perbulan yaitu 28,4 m³/bulan atau sebesar 0,948 m³/hari. Untuk total pemakaian air pada BTN Antara diperoleh 388,316 m³/hari.

b. Pemakaian Air Non Domestik

- a. Fasilitas Pendidikan (1 SD) = 9,867 m³/hari
 - b. Rumah Ibadah (1 Masjid) = 39,3 m³/hari
 - c. Fasilitas Kesehatan (1 Puskesmas) = 31,5 m³/hari
 - d. Komersial (7 unit) = 161,267 m³/hari
- Total pemakaian air non domestik = 241,934 m³/hari

3. Analisis Kebutuhan Air

Departemen Pekerjaan Umum (PU) mengklasifikasikan kebutuhan air menjadi 2 golongan yaitu domestik dan non domestik. Kebutuhan air non domestik pada perumahan BTN Antara terdiri atas sekolah, rumah ibadah, puskesmas, dan komersial. Untuk total kebutuhan air domestik diperoleh 623,2 m³/hari dan untuk kebutuhan air non domestik diperoleh 46 m³/hari. Sehingga kebutuhan air total diperoleh dari menjumlahkan kebutuhan air domestik dan non domestik yaitu sebesar 669,2 m³/hari atau 7,745 ltr/dtk.

4. Kehilangan Air

Untuk menghitung kehilangan air menggunakan rincian kehilangan atau kebocoran air yaitu sebesar 20%, hal ini di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti kebocoran pada pipa akibat bencana alam, kerusakan pada alat instalasi proyek perbaikan jalan dan sebagainya.

5. Kebutuhan Air Harian Maksimum

Standar faktor untuk harian maksimum adalah 1,15 menurut permen PU tentang penyelenggaraan pengembangan SPAM.

6. Pemakaian Air Jam Puncak

Kebutuhan air jam puncak adalah kebutuhan air pada jam puncak pada jam tertentu dalam satu hari kebutuhan airnya akan memuncak. Standar untuk pemakaian air jam puncak adalah 1,7 menurut permen PU tentang penyelenggaraan pengembangan SPAM.

7. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan dapat dilihat dari dua aspek yaitu dari perbandingan antara pemakaian dengan kebutuhan air, dan dari kuesioner yang dibagikan. Dengan rumus penggunaan air dibagi dengan kebutuhan air dikali 100%.

8. Analisis Jaringan Perpipaan

a. Menghitung kehilangan tekanan menggunakan persamaan *Hazen Williams*

$$hf = (10,67 \times Q^{1,85}) / (C^{1,85} \times d^{4,87}) \times L$$

$$hf = 10,675 \times 162,7 / (120^{1,85} \times 0,1^{4,87}) \times 0,02221,85 = 2,2139 \text{ m}$$

b. Menghitung HGL (*Hydraulic Grade Line*) pada setiap ruas pipa

Untuk nilai HGL pada awal distribusi di asumsikan sebagai 1 atm atau 10 mKA

maka :

$$HGL = ELVR - \Sigma hf$$

$$HGL = 14 - 2,2139$$

$$HGL = 11,7861 \text{ m}$$

c. Menghitung sisa tekanan pada setiap ruas pipa

$$H = HGL - elv$$

$$H = 11,7861 - 4$$

$$H = 7,7861 \text{ m}$$

Tabel 2. Perhitungan Pemakaian Air Pada Setiap Jalur Pipa Kiri

No Pipa	Dari Node	Ke Node	D	L	Jenis Pipa	elevasi	Jumlah Bangunan yang Dilayani	Non Domestik	Kehilangan Air	Faktor Jam Puncak	Q	
											SR	m ³ /dtk
Pipa 1	R	1	162,7	0,15	PVC	4			1,2	1,5	0,0000	0,0000
Pipa 2	1	2	8,64	0,15	PVC	4			1,2	1,5	0,0000	0,0000
Pipa 3	2	3	111,58	0,15	PVC	4			1,2	1,5	0,0000	0,0000
Pipa 24	23	24	51,73	0,1	HDPE	3	2		1,2	1,5	0,0215	0,0388
Pipa 25	24	25	301,75	0,1	HDPE	3	19		1,2	1,5	0,2678	0,4821
Pipa 26	25	26	35,44	0,1	HDPE	3	3		1,2	1,5	0,0816	0,1469
Pipa 27	26	27	221,5	0,1	HDPE	3	2		1,2	1,5	0,0291	0,0523
Pipa 182	148	150	34,32	0,075	HDPE	3	3		1,2	1,5	0,0661	0,1190
Pipa 183	150	151	52,59	0,075	HDPE	2			1,2	1,5	0,0000	0,0000
							612	4			22,1641568	

Pemakaian air PDAM pada jalur pipa kiri di perumahan BTN Antara dengan jumlah sambungan rumah (domestik) sebanyak 612 unit dan jumlah non domestik sebanyak 4 unit. Dapat dilihat pipa 25 terdapat jumlah pelanggan sebanyak 19 unit yang berarti pemakaian akan air bersih juga lebih besar di bandingkan dengan pipa lainnya yaitu sebesar 0,4821 ltr/dtk. Untuk jumlah pemakaian air pada pipa kiri diperoleh nilai sebesar 0,022164 m³/dtk atau 22,164 ltr/dtk.

Tabel 3. Perhitungan debit & kehilangan tekanan pada pipa kiri

No Pipa	L m	D m	Q m ³ /dtk	Hf m
1	162,7	0,15	0,0222	2,2139
2	8,64	0,15	0,0087	0,0209
3	111,58	0,15	0,0087	0,2703
24	51,73	0,1	0,0134	2,0113
25	301,75	0,1	0,0007	0,0544
26	35,44	0,1	0,0127	1,2345
27	221,5	0,1	0,0001	0,0003
182	34,32	0,075	0,0001	0,0009
183	52,59	0,075	0,0000	0,0000

Berdasarkan rumus *Hazen Williams* (nilai koefisien 120) dengan jenis pipa PVC dan HDPE pada pipa jalur kiri di perumahan BTN Antara dapat dilihat kehilangan tekanan tiap pipa pada tabel 2. Seperti pada pipa 25 dengan debit 0,0007 m³/dtk diperoleh kehilangan tekanan dalam pipa sebesar 0,0544 m.

Tabel 4. Perhitungan sisa tekanan pada setiap node di pipa kiri

No Node	e	HGL _R m	∑hf m	HGL m	H m
Reservoir	4	14	-	-	-
1	4		2,2139	11,7861	7,7861
2	4		2,2348	11,7652	7,7652
3	4		2,5051	11,4949	7,4949
24	3		6,6543	7,3457	4,3457
25	3		6,7088	7,2912	4,2912
26	3		7,8889	6,1111	3,1111
27	3		7,8891	6,1109	3,1109
150	2		5,4092	8,5908	6,5908
151	2		5,4092	8,5908	6,5908

Pada tabel 3. Diperoleh hasil perhitungan sisa tekanan pada pipa kiri di Perumahan BTN Antara terdapat 151 node dengan 44 node yang sisa tekanannya belum memenuhi kebutuhan air pelanggan. Seperti pada node 24,25,26 dan 27 dapat dilihat bahwa sisa tekanannya berada di bawah 5 mka yang berarti tekanan di dalam pipa kurang untuk menyalurkan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air di BTN Antara menurut asumsi pemakaian air dari PU diperoleh kebutuhan air domestik sebesar 623,3 m³/hari, untuk kebutuhan air non domestik diperoleh 46 m³/hari. Pada perumahan BTN Antara tidak ada penambahan pelanggan baru sehingga diperoleh kebutuhan air total yaitu 669,2 m³/hari, kebutuhan air rata-rata harian yaitu 9,294 ltr/dtk, untuk kebutuhan air maksimum diperoleh 10,688 ltr/dtk, dan pemakaian air jam puncak yaitu 18,170 ltr/dtk. Dari hasil perhitungan tingkat pelayanan di Perumahan BTN Antara diperoleh 87,890%. Dari hasil analisa kuesioner dapat dilihat bahwa masih banyak rumah yang menggunakan pompa dan tandon yang berarti tingkat pelayanan PDAM di BTN Antara Kota Makassar masih terbilang rendah. Berdasarkan hasil perhitungan sisa tekanan untuk pipa kiri terdapat 44 dari 151 node yang kurang dapat memenuhi kebutuhan air di BTN Antara, dan untuk pipa kanan terdapat 19 dari 81 node yang juga memiliki tekanan dibawah 5 mka, hal ini terjadi karena penggunaan air yang berbeda dan di pengaruhi oleh elevasi.

Untuk penyediaan air bersih di BTN Antara Kota Makassar sudah cukup baik. Namun perlu dilakukan juga perhitungan terhadap penggunaan air yang sesungguhnya. Diperlukan penggantian dan perbaikan jaringan perpipaan yang sudah tua ataupun berkarat sehingga bisa meminimalisasi kebocoran/kehilangan air pada saat pengolahan air sampai dengan pendistribusian air ke konsumen sehingga pemanfaatan sumber daya air lebih efisien. Pada beberapa titik di BTN Antara masih memiliki tekanan yang rendah, sehingga diperlukannya penambahan pipa untuk merubah tekanan air yang rendah sehingga dapat menjangkau semua konsumen.

REFERENSI

- [1] A. Salilama, D. Ahmad, dan N. F. Madjowa, "Analisis Kenutuhan Air Bersih (PDAM) di Wilayah Kota Gorontalo," *RADIAL*. vol. 6, no. 2. 2020.
- [2] J. Paresa, "Analisis Kebutuhan Air Bersih dan Layanan PDAM di Kabupaten Merauke," *MUSTEK ANIM HA*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [3] M. Putra, "Analisis Tingkat Pelayanan Air Bersih Di Kota Bogor," *J. Online Mhs. JOM Bid. Perenc. Wil. Kota*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [4] H. Parung dan A. Thaha, "Analisis Kapasitas dan Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi PDAM di Wilayah Pesisir Kecamatan Tallo, Kota Makassar". Tesis, Pasca Sarjana, Universitas Hasanuddin, 2021.
- [5] D. S. Krisnayanti, "Studi Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang," *J. Tek. Sipil*, no. 1.
- [6] I. K. A. Darmayasa dan P. Aryastana, "Analisis Kebutuhan Air Bersih Masyarakat Kecamatan Petang," *PADURAKSA*, vol. 7, 2018.
- [7] R. Eryanto, "Analisis Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Sawahlunto," *J. Ensiklopediaku*. vol. 1, 2021.
- [8] H. Shartisya dan E. Purnamasari, "Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih di PDAM Kecamatan Dusun Timur". <http://eprints.uniska-bjm.ac.id/4749/1/artikel.pdf>
- [9] S. Nugroho, I. Meicahayanti, dan J. Nurdiana, "Analisis Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda)," *TEKNIK*, vol. 39, no. 1, hlm. 62–66, Jul 2018.
- [10] D. Oleh dan B. J. Kusumo, "Pola Konsumsi Air untuk Kebutuhan Domestik pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Kecamatan Manyaran Kabupaten Wonogiri". Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo.
- [11] Ali, et.al, "Strategy Analysis for the Fulfilment of Clean Water Needs Through Piped-Water Service in Metropolitan City during the COVID-19 Pandemic," *International Journal of Technology*. vol. 15, no. 5. 2024.
- [12] J. Paresa, "AAnalysis of clean water needs, quality and availability projections in 2032 (Case study: SMK Negeri 2 Manokwari)," *ASTONJADRO*, vol.12, no.1, 2023.
- [13] Prakash, "Experimental investigations on simple and modified concatenated stepped solar still units for the extraction of clean water: A comparative study," *Renewable energy*, 2024.
- [14] Tong, et.al, "A diagnostic framework to reveal future clean water scarcity in a changing climate". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 56, 2024.
- [15] Nikiel and Eltahir, "Past and future trends of Egypt's water consumption and its sources." *Nat Commun* 12, 4508 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24747-9>