



## Tinjauan SPAM Daerah Pelayanan IPA 3 Antang Kelurahan Bangkala Kecamatan Manggala Kota Makassar

Andi Mappilawa<sup>#a</sup>, Roski R. I. Legrans<sup>#b</sup>, Isri R. Mangangka<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>andiarul.id@gmail.com, <sup>b</sup>legransroski@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>isri.mangangka@unsrat.ac.id

### Abstrak

Kelurahan Bangkala, Kecamatan Manggala, Kota Makassar, menghadapi tantangan peningkatan kebutuhan air bersih akibat pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah yang pesat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proyeksi kebutuhan air bersih selama 20 tahun ke depan serta merancang sistem distribusi perpipaan yang memenuhi standar teknis menggunakan perangkat lunak EPANET 4.0. Proyeksi penduduk dihitung dengan metode geometrik, aritmatika, dan eksponensial, dengan estimasi tertinggi mencapai 28.308 jiwa pada tahun 2043. Kebutuhan air total diperkirakan sebesar 27,16 L/dtk dengan kebutuhan pada jam puncak mencapai 47,52 L/dtk. Simulasi kondisi eksisting menunjukkan sebagian besar node memiliki tekanan di bawah standar teknis (10–60 m), dengan tekanan terendah 1,90 m pada Junc 6, serta kecepatan aliran pada pipa utama yang umumnya berada di bawah 0,3 m/s sehingga berpotensi menimbulkan stagnasi. Hasil desain pengembangan jaringan menunjukkan peningkatan signifikan pada tekanan air di semua node ke dalam rentang ideal serta kecepatan aliran yang sesuai standar. Penambahan pipa utama (trunk main) baru dan dua unit pompa mendukung pemerataan tekanan dan peningkatan debit. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemodelan hidraulik berbasis EPANET dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam perencanaan dan optimalisasi sistem distribusi air bersih untuk mendukung pelayanan air minum yang berkelanjutan di Kelurahan Bangkala.

*Kata kunci:* air bersih, proyeksi penduduk, distribusi air minum, EPANET, Kelurahan Bangkala

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan mendasar yang esensial bagi kehidupan manusia dan menjadi prioritas utama dalam pembangunan infrastruktur pelayanan publik. Seiring pesatnya pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, dan peningkatan taraf hidup masyarakat, permintaan air bersih terus meningkat dari waktu ke waktu. Namun, ketersediaan sumber air baku serta infrastruktur distribusi yang terbatas kerap menjadi kendala dalam pemenuhan kebutuhan air bersih, khususnya pada musim kemarau. Sistem penyediaan air minum umumnya terbagi menjadi sistem perpipaan yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan sistem non-perpipaan yang dikelola secara mandiri oleh masyarakat. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan sistem ini adalah ketidakmampuan memenuhi permintaan air yang terus tumbuh seiring peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan wilayah. Di Kota Makassar, PDAM Kota Makassar melalui Unit Manggala bertanggung jawab mendistribusikan air bersih ke Kecamatan Manggala, termasuk Kelurahan Bangkala, yang dilayani oleh Instalasi Pengolahan Air (IPA) 3 Antang dengan sumber air dari Kanal Lekopancing berkapasitas 85 liter/detik. Mengingat proyeksi pertumbuhan penduduk yang signifikan di Kelurahan Bangkala dalam beberapa tahun ke depan, diperlukan perencanaan sistem distribusi air bersih yang memadai untuk menjamin layanan yang berkelanjutan dan merata. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi perencanaan dan pengelolaan sistem distribusi air bersih yang lebih optimal di wilayah tersebut.

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah system distribusi air minum dapat memenuhi kebutuhan air di Kel. Bangkala?
2. Bagaimana model rencana jaringan perpipaan IPA 3 Antang agar dapat mencakup wilayah pengembangan Kel. Bangkala?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Merencanakan jaringan distribusi air bersih yang sesuai dengan Kelurahan Bangkala, Kecamatan Manggala, Kota Makassar dengan menggunakan perangkat lunak EPANET dengan menganalisa debit, proyeksi jumlah penduduk, dan kebutuhan air Bersih.

### 1.4. Batasan Masalah

1. Lokasi Penelitian Kelurahan Bangkala, Kecamatan Manggala, Kota Makassar.
2. Tidak menghitung struktur bangunan dan jembatan pipa penunjang sistem pengaliran distribusi.
3. Proyeksi perencanaan jaringan distribusi air bersih Kelurahan Bangkala, Kecamatan Manggala, Kota Makassar hanya dalam 20 tahun.
4. Analisis jaringan distribusi menggunakan program epanet 2.0.
5. Tidak menghitung rancangan anggaran biaya.

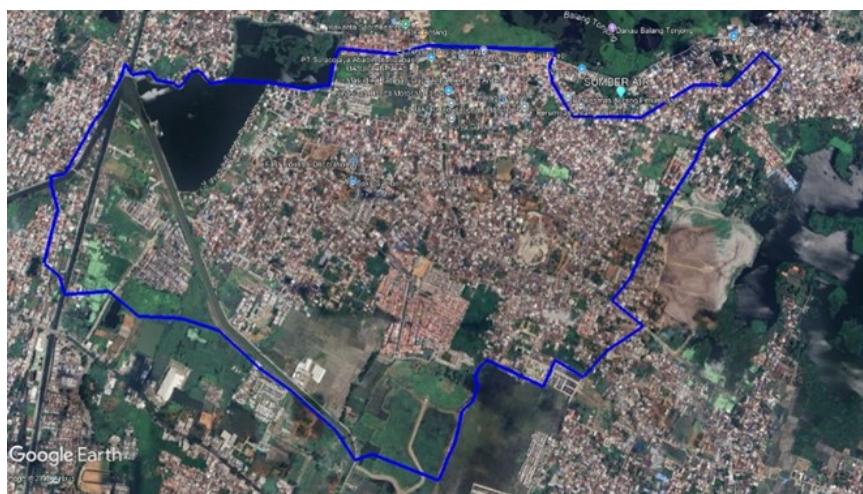
### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi kepada instansi-instansi terkait, dalam mengembangkan pelayanan air bersih di wilayah Kelurahan Bangkala, Kecamatan Manggala, Kota Makassar. Dan referensi bagi peneliti lainnya yang berkaitan dengan sumber daya air

## 2. Metode

### 2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kelurahan Bangkala. Kelurahan Bangkala berada di Kecamatan Manggala, Kota Makassar, dapat dilihat pada Gambar 1.

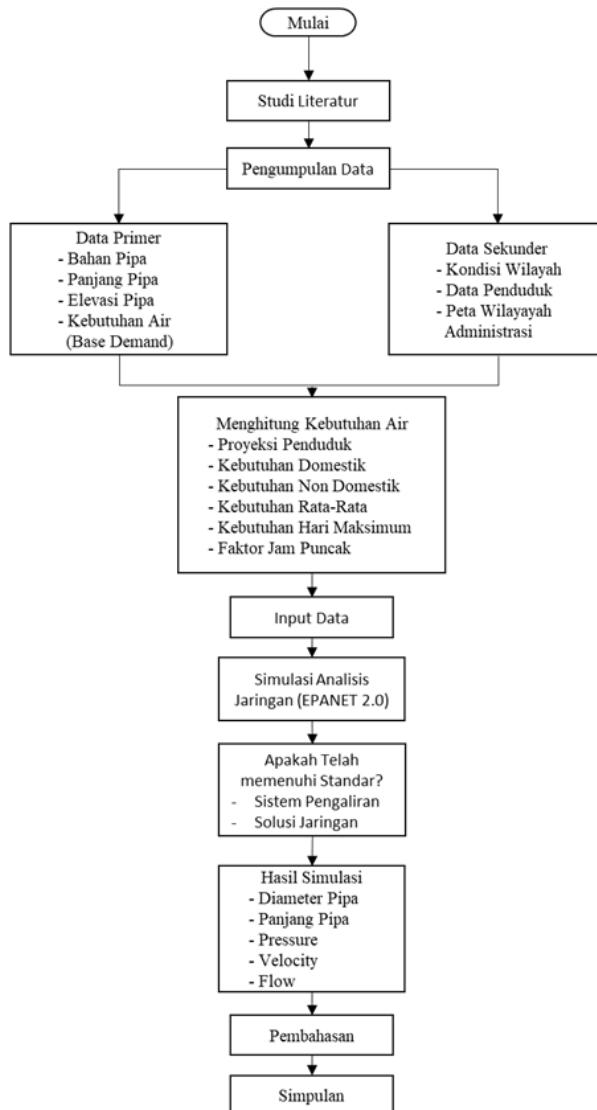


**Gambar 1.** Peta Lokasi Kelurahan Bangkala

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara melakukan wawancara pada instansi dan observasi kondisi sistem penyediaan air bersih. Data Sekunder didapatkan dari pengambilan data Jumlah penduduk dan data fasilitas umum.

## 2.2. Diagram Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian *Metode Analisa Data*

## 2.3. Tahap Analisis

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari observasi dan wawancara maka dilakukan analisis data seperti berikut.

### 2.3.1 Menghitung Pertumbuhan Penduduk

Proyeksi pertumbuhan populasi dilakukan dengan memanfaatkan jumlah penduduk dari tahun-tahun sebelumnya untuk memprediksi data di masa depan. Semakin banyak data yang tersedia, semakin akurat proyeksi yang dihasilkan. Terdapat tiga metode dalam proyeksi pertumbuhan penduduk, yaitu metode Aritmetika, metode Geometri, dan metode Eksponensial. Analisis data yang digunakan adalah yang memiliki korelasi paling mendekati 1 dan standar deviasi terkecil

### 2.3.2 Menghitung Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan kebutuhan air minum dilakukan setelah memperoleh proyeksi jumlah

penduduk serta data mengenai fasilitas masyarakat di area penelitian. Kebutuhan air minum terdiri dari kebutuhan air untuk penggunaan domestik dan kebutuhan air non-domestik.

### 2.3.3 Menghitung Ketersediaan Air Bersih

Perhitungan ketersediaan air dilakukan untuk membandingkannya dengan kebutuhan air guna menentukan apakah perlu dilakukan peningkatan. Ketersediaan air dianalisis berdasarkan data dari debit sumber air.

### 2.3.4 Perencanaan Broncaptur

Perencanaan broncaptur merupakan langkah krusial dalam pembangunan sistem penyediaan air minum (SPAM). Perhitungan yang tepat akan memastikan bahwa broncaptur yang dibangun mampu memenuhi kebutuhan air baku yang diperlukan.

### 2.3.5 Menghitung kapasitas Reservoir

Perhitungan kapasitas reservoir dilakukan untuk menentukan apakah volume reservoir dapat menampung total kebutuhan air masyarakat di Kelurahan Imandi, Kecamatan Dumoga Timur, dalam 20 tahun ke depan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Analisis Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk merupakan tahapan dasar dari menganalisis kebutuhan air bersih. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk, antara lain metode Geometri, Aritmatika, dan Eksponensial. Untuk memproyeksikan jumlah penduduk untuk 20 tahun kedepan dibutuhkan data awal jumlah penduduk Kelurahan Bangkala Kecamatan Gemeh yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Jumlah Data Penduduk di Kelurahan Imandi Tahun 2014-2024

DATA PENDUDUK				
KELURAHAN	TAHUN			
	2019	2021	2022	2023
BANGKALA	19068	19068	19913	20366

Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk, dapat digunakan salah satu dari tiga metode, yaitu metode Aritmetika, Geometri, atau Eksponensial dengan hasil perhitungan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Proyeksi Penduduk Kelurahan Bangkala

Tahun	Aritmatika	Geometri	Eksponensial
2024	20431	20704	19131
2025	20496	21048	19194
2026	20561	21397	19257
2027	20626	21752	19321
2028	20691	22113	19385
2029	20755	22481	19448
2030	20820	22854	19513
2031	20885	23233	19577
2032	20950	23619	19642
2033	21015	24011	19706

Tahun	Aritmatika	Geometri	Eksponensial
2034	21080	24409	19771
2035	21145	24815	19837
2036	21210	25227	19902
2037	21275	25645	19968
2038	21340	26071	20033
2039	21404	26504	20100
2040	21469	26944	20166
2041	21534	27391	20232
2042	21599	27846	20299
2043	21664	28308	20366

**Tabel 3.** Hasil Standar Deviasi dan Koefisien Korelasi Proyeksi Penduduk Kelurahan Bangkala

No.	Metode	Jumlah Penduduk Tahun 2043	Standar Deviasi (S)
1	Geometrik	28308	2366,49
2	Aritmatika	26856	1919,77
3	Eksponensial	20366	384,56

Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi penduduk Kelurahan Bangkala dengan menggunakan metode aritmatika, geometri, dan eksponensial, didapat hasil pada Tabel 2 dan Tabel 3. Kemudian dilakukan uji kesesuaian koefisien korelasi dan standar deviasi. Dimana dari hasil perhitungan uji kesesuaian didapat koefisien korelasi metode aritmatika 0,993 dan metode geometri -0,997 sedangkan metode eksponensial 0,999, dan untuk standar deviasi metode aritmatika 1919,77 dan metode geometri 2366,49 sedangkan metode eksponensial 384,56. Sehingga proyeksi penduduk yang dipilih adalah metode aritmatika dikarenakan koefisien korelasi yang mendekati +1 dan hasil standar deviasi terkecil.

### 3.2. Analisis Kebutuhan Air Bersih

#### 3.2.1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik terdiri dari sambungan rumah tangga dan hidram umum. Dan berdasarkan kriteria desain Ditjen Cipta Karya PU untuk pedasaran, dapat diasumsikan konsumsi unit sambungan rumah tangga adalah 80 L/org/hari dan hidran umum 30 l/org/hari, dengan tingkat pelayanan SR 80% dan HU 30%. Dengan perhitungan pada tahun rencana tahun 2043, dapat dilihat pada Tabel 4.

#### 3.2.2. Kebutuhan Air non Domestik

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan untuk fasilitas umum seperti kantor, sekolah, rumah sakit atau puskesmas, tempat ibadah, terminal, dan lain sebagainya. Di Kelurahan Bangkala memiliki fasilitas umum sehingga kebutuhan non domestik angka presentase yang diperkirakan adalah sebesar 20%. Dengan perhitungan pada tahun rencana tahun 2043, dapat dilihat pada Tabel 4.

#### 3.2.3. Kehilangan Air

Hasil analisis kehilangan air ditampilkan pada Tabel 4.

#### 3.2.4. Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total merupakan jumlah dari kebutuhan air domestik, kebutuhan air non

domestik, dan kehilangan air.

### 3.2.5. Kebutuhan Harian Maksimum dan Jam Puncak

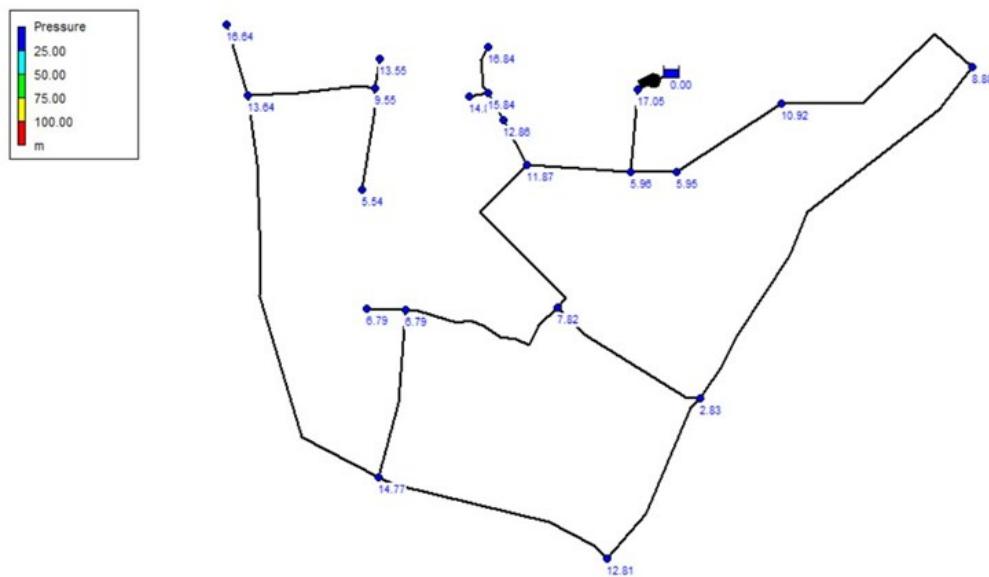
Berdasarkan faktor jam puncak, dihitung debit harian maksimum dan debit jam puncak. Keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kebutuhan Air

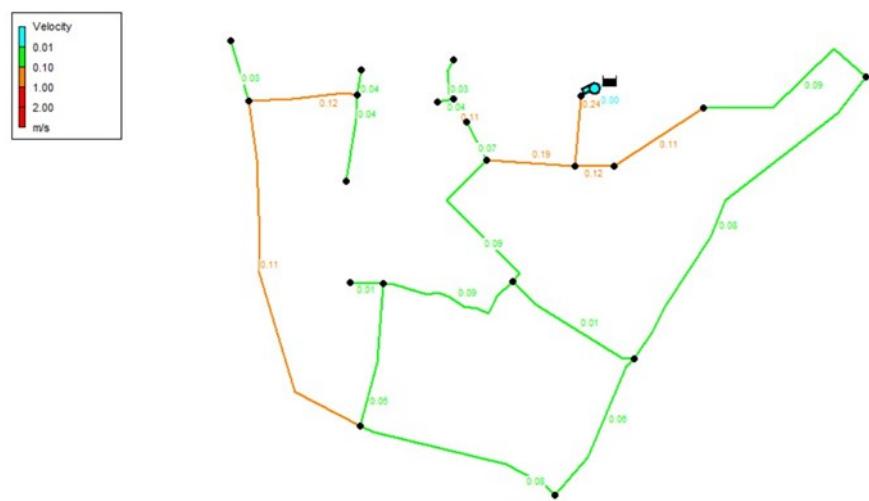
No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Persentase Pertumbuhan Penduduk 2024-2043	Cakupan Pelayanan SR	Kebutuhan Non Domestik	Kehilangan Air	Kebutuhan Air Total	Kebutuhan Air Jam Puncak	Kebutuhan Air Harian Maksimum
			%		l/det	l/det			
1	2024	19131	0,33	80	3,543	0,04251	21,30	37,27	26,6
2	2025	19194			3,554	0,04265	21,37	37,4	26,7
3	2026	19257			3,566	0,04279	21,44	37,52	26,8
4	2027	19321			3,578	0,04294	21,51	37,64	26,9
5	2028	19385			3,590	0,04308	21,58	37,77	27
6	2029	19448			3,601	0,04322	21,65	37,89	27,1
7	2030	19513			3,614	0,04336	21,72	38,02	27,2
8	2031	19577			3,625	0,04350	21,80	38,14	27,2
9	2032	19642			3,637	0,04365	21,87	38,27	27,3
10	2033	19706			3,649	0,04379	21,94	38,39	27,4
11	2034	19771			3,661	0,04394	22,01	38,52	27,5
12	2035	19837			3,674	0,04408	22,09	38,65	27,6
13	2036	19902			3,686	0,04423	22,16	38,78	27,7
14	2037	19968			3,698	0,04437	22,23	38,9	27,8
15	2038	20033			3,710	0,04452	22,30	39,03	27,9
16	2039	20100			3,722	0,04467	22,38	39,16	28
17	2040	20166			3,734	0,04481	22,45	39,29	28,1
18	2041	20232			3,747	0,04496	22,52	39,42	28,2
19	2042	20299			3,759	0,04511	22,60	39,55	28,2
20	2043	20366			3,771	0,04526	22,67	39,68	28,3
Total		394848			73,120	0,87744	439,60	769,3	549,5

### 3.3. Simulasi dengan EPANET

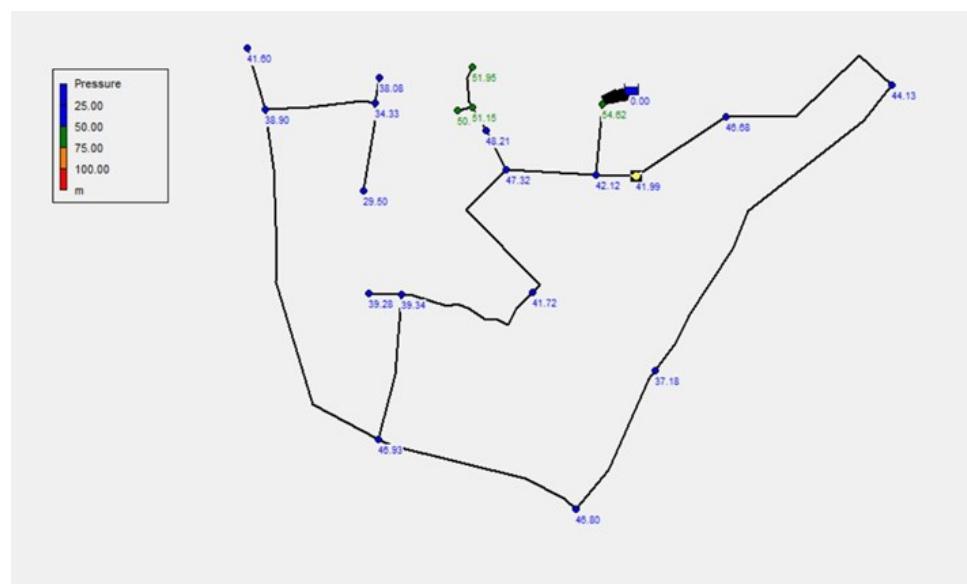
Peta jaringan air bersih didesain berdasarkan pada situasi dan kondisi wilayah perencanaan dengan mengikuti bentuk jaringan yang direncanakan. Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan gambar peta jaringan pipa eksisting air bersih dan Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan gambar peta jaringan yang direncanakan di Kelurahan Bangkala dengan EPANET.



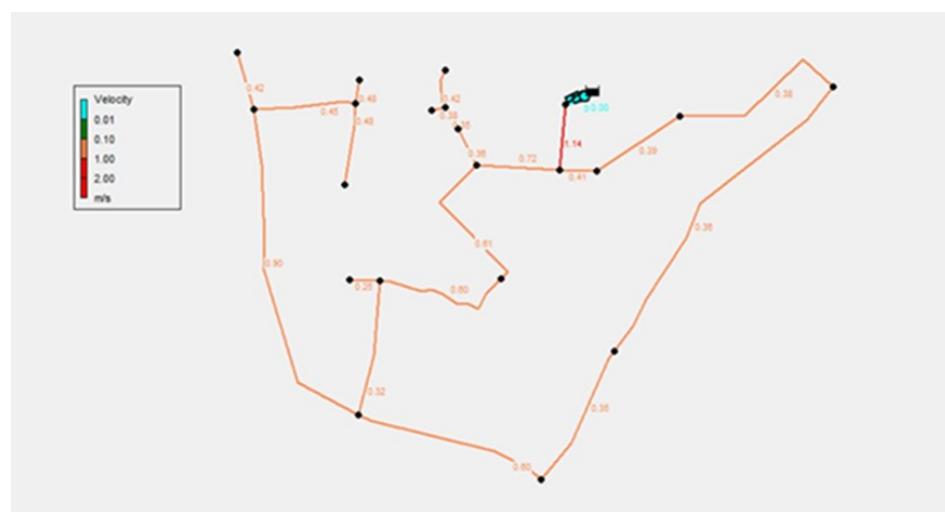
**Gambar 3.** Desain Jaringan Air Bersih Eksisting Dengan Software EPANET 2.0



**Gambar 4.** Desain Jaringan Air Bersih Eksisting Dengan Software EPANET 2.0



**Gambar 5.** Desain Jaringan Air Bersih Yang Direncanakan Dengan Software EPANET 2.0



**Gambar 6.** Desain Jaringan Air Bersih Yang Direncanakan Dengan Software EPANET 2.0

Dengan Tabel Nodes dan links yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 untuk desain jaringan pipa eksisting air bersih, dan pada Tabel 7 dan Tabel 8 untuk desain pengembangan jaringan pipa air bersih.

**Tabel 5.** Network Table : Nodes Jaringan Pipa Eksisting

Node ID	Elevation	Demand	Head	Pressure
	m	LPS	m	m
Junc 1	3	0.00	19.13	16.13
Junc 2	14	0.45	19.03	5.03
Junc 3	9	0.45	19.00	10.00
Junc 4	14	0.6	19.04	5.04
Junc 5	11	0.45	18.96	7.96
Junc 6	17	0.45	18.90	1.90
Junc 7	7	0.45	18.89	11.89
Junc 8	5	0.38	18.85	13.85
Junc 9	13	0.38	18.87	5.87
Junc 10	13	0.23	18.87	5.87
Junc 11	12	0.30	18.90	6.90
Junc 12	8	0.45	18.95	10.95
Junc 13	7	0.38	18.94	11.94
Junc 14	3	0.23	18.92	15.92
Junc 15	5	0.30	18.92	13.92
Junc 16	6	0.30	18.63	12.63
Junc 17	14	0.30	18.62	4.62
Junc 18	10	0.38	18.63	8.63
Junc 19	6	0.45	18.72	12.72
Junc 20	3	0.45	18.71	15.71
Junc 21	4	0.38	18.92	14.92
Resvr 1	3	-77,2	3.00	0.00

**Tabel 6.** Network Table : Links Jaringan Pipa Eksisting

Link ID	Length	Diameter	Flow	Velocity	Unit Headloss
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Pipe 1	186.61	200	7.72	0.25	0.47
Pipe 2	281.84	200	3.37	0.11	0.10
Pipe 3	103.96	200	3.82	0.12	0.13
Pipe 4	523.81	200	2.92	0.09	0.08
Pipe 5	984.65	200	2.47	0.08	0.06
Pipe 6	420.66	200	1.78	0.06	0.03
Pipe 7	553.73	150	1.33	0.08	0.07
Pipe 8	980.05	150	1.88	0.11	0.14
Pipe 9	166.18	150	0.45	0.03	0.01
Pipe 10	381.70	150	-0,92	0.05	0.04
Pipe 11	86.16	150	0.23	0.01	0.00
Pipe 12	408.47	150	-1,52	0.09	0.09
Pipe 13	387.23	150	-0,24	0.01	0.00
Pipe 14	450.01	150	-1,58	0.09	0.10
Pipe 15	235.34	150	-3,31	0.19	0.40
Pipe 16	113.93	150	1.27	0.07	0.07
Pipe 17	69.57	100	0.90	0.11	0.26
Pipe 18	42.04	100	0.30	0.04	0.03
Pipe 19	112.53	100	0.23	0.03	0.02
Pipe 20	288.43	100	0.98	0.12	0.30
Pipe 21	69.67	100	0.30	0.04	0.03
Pipe 22	229.52	100	0.30	0.04	0.03
Pump 1			7.72	0.00	-16.13

**Tabel 7.** Network Table : Node Pengembangan Jaringan Pipa Eksisting

Node ID	Elevation	Demand	Head	Pressure
	m	LPS	m	m
Junc 1	3	0.00	57.62	54.62
Junc 2	14	0.45	55.99	41.99
Junc 3	9	0.45	55.68	46.68
Junc 4	14	0.60	56.12	42.12
Junc 5	11	0.45	55.13	44.13
Junc 6	17	0.45	54.18	37.18
Junc 7	7	0.45	53.80	46.80
Junc 8	5	0.38	51.93	46.93
Junc 9	13	0.38	52.34	39.34
Junc 10	13	4.50	52.28	39.28
Junc 11	12	0.30	53.72	41.72
Junc 12	8	0.45	55.32	47.32
Junc 13	7	0.38	55.21	48.21
Junc 14	3	7.50	54.95	51.95
Junc 15	5	3.00	55.05	50.05
Junc 16	6	3.75	44.08	38.08
Junc 17	14	3.75	43.50	29.50
Junc 18	10	0.38	44.33	34.33
Junc 19	6	0.45	44.90	38.90
Junc 20	3	7.50	44.60	41.60
Junc 21	4	0.38	55.15	51.15
Resvr 1	3	-35.93	3.00	0.00

**Tabel 8.** Network Table : Links Jaringan Pipa Eksisting

Link ID	Length	Diameter	Flow	Velocity	Unit Headloss
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Pipe 1	186.61	200	35.93	1.14	8.07
Pipe 2	281.84	200	12.34	0.39	1.11
Pipe 3	103.96	200	12.79	0.41	1.19
Pipe 4	523.81	200	11.89	0.38	1.04
Pipe 5	984.65	200	11.44	0.36	0.97
Pipe 6	420.66	200	10.99	0.35	0.90
Pipe 7	553.73	150	10.54	0.60	3.38
Pipe 8	980.05	150	15.83	0.90	7.18
Pipe 9	166.18	150	7.50	0.42	1.80
Pipe 10	381.70	150	-5.66	0.32	1.07
Pipe 11	86.16	150	4.50	0.25	0.70
Pipe 12	408.47	150	-10.53	0.60	3.38
Pipe 14	450.01	150	-10.83	0.61	3.56
Pipe 15	235.34	200	-22.53	0.72	3.40
Pipe 16	113.93	200	11.25	0.36	0.94
Pipe 17	69.57	200	10.88	0.35	0.88
Pipe 18	42.04	100	3.00	0.38	2.38
Pipe 19	112.53	150	7.50	0.42	1.80
Pipe 20	288.43	150	7.88	0.45	1.97
Pipe 21	69.67	100	3.75	0.48	3.59
Pipe 22	229.52	100	3.75	0.48	3.59
Pump 1			17.96	0.00	-54.62
Pump 2			17.96	0.00	-54.62

Hasil simulasi pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa sebagian besar pipa memiliki kecepatan aliran di bawah standar minimum 0,3 m/s yang ditetapkan oleh Permen PUPR No. 18 Tahun 2007, dengan nilai berkisar antara 0,01 hingga 0,25 m/s. Kecepatan rendah ini berisiko

menyebabkan stagnasi, endapan, dan penurunan kualitas air. Setelah dilakukan pengembangan jaringan melalui penggantian pipa dengan diameter lebih besar dan penataan ulang jalur pipa, terjadi peningkatan signifikan kecepatan aliran. Sebagian besar pipa mencapai atau melampaui batas minimum, seperti Pipe 6 yang meningkat dari 0,06 m/s menjadi 0,35 m/s dan Pipe 8 dari 0,11 m/s menjadi 0,90 m/s. Penambahan pipa baru (Pipe 25) sebagai trunk main juga turut mendukung distribusi aliran dengan kecepatan tinggi mencapai 1,14 m/s dan debit besar sebesar 35,93 LPS. Selain itu, penggunaan dua pompa baru (Pump 1 dan Pump 2) dengan debit masing-masing 17,96 LPS berperan penting dalam menjaga tekanan dan aliran yang stabil di seluruh jaringan. Secara keseluruhan, pengembangan ini berhasil meningkatkan efisiensi hidraulik dan memperbaiki distribusi air bersih sesuai standar teknis yang berlaku.

#### 4. Kesimpulan

1. Proyeksi Jumlah Penduduk:

Proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Bangkala hingga tahun 2043 berdasarkan tiga metode (geometrik, aritmatika, dan eksponensial) menghasilkan angka yang berbeda. Metode eksponensial dipilih karena memiliki standar deviasi terkecil, dengan estimasi penduduk mencapai 20.366 jiwa.

2. Kebutuhan Air Bersih:

Total kebutuhan air bersih yang dihitung meliputi kebutuhan domestik, non-domestik, kehilangan air, kebutuhan jam puncak, dan kebutuhan harian maksimum. Pada tahun 2043, kebutuhan air total mencapai 27.155 liter/detik, sedangkan kebutuhan jam puncak mencapai 47.521 liter/detik.

3. Hasil simulasi menggunakan perangkat lunak EPANET menunjukkan bahwa:

- Tekanan tertinggi berada di *Junc* 1 sebesar 16,13 m, sedangkan tekanan terendah ditemukan di *Junc* 6 sebesar 1,90 m, yang berada di bawah standar minimum tekanan (idealnya  $\geq 10$  m). Setelah dilakukan pengembangan jaringan, tekanan air meningkat secara signifikan di seluruh node. Seluruh node yang sebelumnya berada di bawah standar kini berada dalam rentang tekanan ideal (10–60 m), dengan tekanan tertinggi tercatat di *Junc* 24 sebesar 54,62 m. Ini menunjukkan bahwa desain ulang jaringan berhasil meningkatkan efisiensi dan pemerataan distribusi tekanan air.
- Kecepatan aliran rata-rata dalam pipa tergolong rendah ( $< 0,3$  m/s), dengan beberapa pipa memiliki kecepatan  $< 0,1$  m/s, menandakan adanya potensi stagnasi atau desain jaringan yang kurang optimal. Hasil pengembangan jaringan memperlihatkan peningkatan signifikan kecepatan aliran, dengan hampir seluruh pipa mencapai atau melampaui batas minimum 0,3 m/s. Pipe 6 meningkat dari 0,06 m/s menjadi 0,35 m/s, Pipe 8 dari 0,11 m/s menjadi 0,90 m/s, dan munculnya Pipe 25 sebagai pipa penguatan baru (trunk main) dengan debit besar (35,93 LPS) dan kecepatan aliran 1,14 m/s, menunjukkan penguatan sistem secara struktural. Dengan kecepatan rata-rata antara 0,35–0,90 m/s, jaringan kini beroperasi dalam rentang yang lebih efisien dan sesuai standar.
- Dalam pengembangan jaringan ini, sejumlah pipa diganti atau dimodifikasi dari sisi diameter dan fungsinya. Beberapa pipa yang awalnya berdiameter 150 mm ditingkatkan ke 200 mm untuk mendukung kapasitas aliran yang lebih besar. Sebagai contoh, Pipe 15 berubah dari diameter 150 mm menjadi 200 mm, memungkinkan peningkatan kecepatan dari 0,19 m/s menjadi 0,72 m/s. Peningkatan ini juga didukung dengan penambahan dua pompa baru (Pump 1 dan Pump 2) yang masing-masing mengalirkan debit 17,96 LPS untuk menjaga tekanan sistem pada jaringan utama. Secara keseluruhan, perubahan yang dilakukan mencakup: Peningkatan tekanan air di semua node ke dalam rentang ideal Percepatan aliran air dalam pipa untuk menghindari stagnasi Penggantian pipa pada beberapa jalur utama (Pipe 15, Pipe 16, Pipe 17) menjadi diameter lebih besar Penambahan pipa baru (Pipe 25) sebagai saluran utama berkecepatan tinggi Penambahan pompa (Pump 1 dan Pump 2) untuk peningkatan head sistem Pengembangan ini menunjukkan keberhasilan dalam perencanaan dan optimasi hidraulik sistem distribusi air bersih menggunakan software EPANET, yang dapat direkomendasikan untuk implementasi teknis dalam upaya peningkatan layanan air bersih di Kelurahan Bangkala.
- Headloss pada sistem umumnya rendah, namun terdapat ketidakseimbangan aliran dan tekanan antar titik *node* yang menunjukkan perlunya evaluasi ulang jaringan.

## Referensi

- Badan Geologi, Kementerian ESDM. (2022). *Kajian Kualitas Air Tanah di Wilayah Perkotaan*. Bandung: Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 7831:2002 Perencanaan system penyediaan air minum*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 6728.1:2015 Penyusunan neraca sumber daya – Bagian I: Sumber daya air*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2021). *Pedoman Teknis Sistem Distribusi Air Bersih*.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2007. *Pedoman Pengelolaan SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hamdani dkk. 2014. *Perencanaan Pipa Distribusi Air Bersih Kelurahan Sambaliung Kecamatan Sambaliung Kabupaten Berau*.
- Hermawan, D. A., & Ardiansyah, R. (2020). Integrasi GIS dan EPANET untuk Analisa Jaringan Distribusi Air Bersih. *Jurnal Teknik Sipil*, 26(1), 47–56.
- Kaneda, T dan Jason Bremner. (2014). *Understanding Population Projections: Assumptions Behind The Numbers*. Washington : Population Reference Bureau.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2022*. Jakarta: KLHK.
- Lidwina, P.A., Intan, S., dan Rachmad, R. 2021. *Analisis Kebutuhan Air Domestik Dan Non Domestik Di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*. *Jurnal Teknologi (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil)*, 5(2).
- Maula, Z. M. 2019. *Analisis Ketersediaan Air Meteorologis Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Domestik Penduduk Di Kabupaten Malang*. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)* Vol. 4, No. 2, Hal 1-9.
- PUPR. (2020). *Pedoman Pemanenan Air Hujan untuk Rumah Tangga Perkotaan*. Balitbang PUPR.
- Putra, W. B., Dewi, N. I. K., & Busono, T. (2020). *Penyediaan Air Bersih Sistem Kolektif: Analisis Kebutuhan Air Bersih Domestik pada Perumahan Klaster*. *Jurnal Arsitektur TERRACOTTA*, 1(2).
- Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Rofiq, M., & Fadillah, R. (2024). Studi Kehilangan Air pada Sistem Distribusi PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Jurnal Konstruksia*, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Rossman, L.A. (2000). EPANET, User Manual, Risk Reduction Engineering Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
- Selintung, M., M.P.Hatta, A. Sudirman. 2012. *Analisa Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih di Kabupaten Maros dengan menggunakan Softwar EPANET 2.0*. Makassar: Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Sinaga, B.S. 2018. *Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih di Perumahan Taman Gading Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember*.
- Syahwiah, A., Sapiddin, A., & Khaerulnisa. (2023). Kebijakan Ketersediaan Air Bersih dalam Mewujudkan Sustainable Development Goals (SDGs) di Indonesia. *Proceeding APHTNHAN*.
- United Nations. (2022). *Sustainable Development Goals Report 2022*.
- UNESCO. (2021). *World Water Development Report 2021: Valuing Water*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Walski, T. M., Chase, D. V., Savic, D. A., Grayman, W., Beckwith, S., & Koelle, E. (2003). *Advanced Water Distribution Modeling and Management*. Haestad Method