

PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN KEDOPOK KOTA PROBOLINGGO

Achmad Cevin Alfatih¹, Mohamad Zenurianto², Sutikno³,

Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang ¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: achmadcevinnn@gmail.com ¹, mzenurianto@polinema.ac.id ², sutikno.civil@gmail.com ³

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk di Kecamatan Kedopok, Kota Probolinggo, berdampak pada bertambahnya kebutuhan air bersih dari waktu ke waktu. Di sisi lain, masih terdapat beberapa ruas jalan yang belum memperoleh layanan jaringan distribusi air bersih. Kondisi tersebut mendorong perlunya penyusunan perencanaan jaringan distribusi yang mampu memenuhi kebutuhan air bersih untuk periode perencanaan selama 20 tahun. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan jumlah penduduk pada masa mendatang, menghitung kebutuhan air bersih, merancang jaringan distribusi beserta dimensi pipanya, serta menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Proyeksi penduduk dilakukan menggunakan metode aritmatik, geometrik, dan eksponensial, sedangkan analisis hidrolika jaringan dilaksanakan dengan bantuan perangkat lunak *WaterCAD*. Penyusunan RAB mengacu pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kota Probolinggo Tahun 2025. Hasil penelitian menunjukkan proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2045, kebutuhan air bersih rencana, rancangan jaringan distribusi lengkap dengan dimensi pipa dan pompa yang telah memenuhi kriteria teknis, serta estimasi biaya pembangunan jaringan distribusi air bersih. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem distribusi air bersih guna meningkatkan pemerataan pelayanan di Kecamatan Kedopok, Kota Probolinggo.

Kata Kunci: Distribusi Air Bersih, Kebutuhan Air, Proyeksi Penduduk, *WaterCAD*, Jaringan Perpipaan.

ABSTRACT

*Population growth in Kedopok District, Probolinggo City, has led to a continuous increase in the demand for clean water. However, several road sections are still not served by the existing water distribution network. Therefore, planning a water distribution network is necessary to meet the projected clean water demand over a 20-year planning period. This study aims to project future population growth, estimate clean water demand, design the water distribution network and determine the appropriate pipe dimensions, and prepare the Cost Estimate (Rencana Anggaran Biaya/RAB). Population projections were carried out using the arithmetic, geometric, and exponential methods, while the hydraulic analysis of the distribution network was performed using *WaterCAD* software. The cost estimate was prepared based on the 2025 Unit Price Analysis (Analisis Harga Satuan Pekerjaan/AHSP) of Probolinggo City. The results of this study include population projections up to 2045, projected clean water demand, a water distribution network design complete with pipe dimensions and pump specifications that satisfy the required technical criteria, and the estimated construction cost of the clean water distribution network. The findings are expected to serve as a reference for the future development of the clean water distribution system to improve the equitable distribution of water services in Kedopok District, Probolinggo City.*

Keywords: Clean Water Distribution, Water Demand, Population Projection, *WaterCAD*, Pipeline Network.

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan pokok yang harus tersedia bagi masyarakat dalam jumlah, mutu, dan keberlanjutan pelayanan yang memadai. Seiring

meningkatnya jumlah penduduk serta berkembangnya kawasan permukiman, kebutuhan terhadap air bersih juga terus bertambah sehingga diperlukan sistem distribusi yang mampu melayani seluruh wilayah secara optimal.

Penyediaan jaringan distribusi yang andal menjadi salah satu upaya penting untuk mewujudkan pemerataan pelayanan air minum sekaligus meningkatkan keandalan sistem penyediaan air bersih. Kecamatan Kedopok merupakan salah satu kecamatan di Kota Probolinggo yang mengalami peningkatan jumlah penduduk dari 37.475 jiwa pada tahun 2022 menjadi 39.061 jiwa pada tahun 2025. Pertambahan jumlah penduduk tersebut berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan air bersih. Namun demikian, berdasarkan data Perumdam Bayuangga Kota Probolinggo, masih terdapat sejumlah ruas jalan di Kelurahan Jrebeng Kulon, Jrebeng Lor, Jrebeng Wetan, Kareng Lor, Kedopok, dan Sumber Wetan yang belum memperoleh pelayanan jaringan distribusi air bersih secara optimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa cakupan pelayanan air minum di Kecamatan Kedopok masih belum merata. Oleh sebab itu, pengembangan jaringan distribusi air bersih perlu direncanakan dengan mempertimbangkan proyeksi jumlah penduduk, kebutuhan air bersih, kondisi topografi, serta kemampuan jaringan dalam memenuhi persyaratan hidraulik, seperti tekanan, kecepatan aliran, dan kehilangan energi. Melalui perencanaan tersebut, diharapkan pelayanan air bersih pada wilayah yang belum terlayani dapat ditingkatkan secara lebih efektif.

Penelitian ini bertujuan menyusun perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kedopok, Kota Probolinggo dengan periode rencana selama 20 tahun. Tahapan perencanaan meliputi analisis proyeksi penduduk, perhitungan kebutuhan air bersih, penentuan dimensi pipa distribusi, serta penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Perumdam Bayuangga Kota Probolinggo dalam mendukung pengembangan sistem distribusi air bersih pada masa yang akan datang.

2. METODE

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan jumlah penduduk dari waktu ke waktu akan memengaruhi peningkatan kebutuhan air bersih. Oleh karena itu, proyeksi pertumbuhan penduduk dilakukan sebagai dasar untuk memperkirakan kebutuhan air bersih pada masa perencanaan. Dalam penelitian ini, perhitungan proyeksi penduduk dilakukan menggunakan persamaan berikut:

- Metode Aritmatik

$$P_n = P_0 \cdot (1 + r \cdot n) \quad (1)$$

- Metode Geometrik

$$P_n = P_0 \cdot (1+r)^n \quad (2)$$

- Metode Eksponensial

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \quad (3)$$

Keterangan :

P_n = total penduduk pada tahun ke-n (jiwa)

P_0 = total penduduk pada tahun dasar (jiwa)

n = periode proyeksi (tahun)

r = laju pertumbuhan penduduk tahunan (%)

e = konstanta logaritma natural (2,7182818)

Dengan rumus tingkat pertumbuhan penduduk dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Sigma i = \Sigma \frac{\Sigma \text{penduduk tahun } b - \Sigma \text{penduduk tahun } a}{\Sigma \text{penduduk tahun } a} \quad (4)$$

$$\text{Rasio } (r) = \frac{\Sigma i}{n-1} \quad (5)$$

Setelah nilai proyeksi penduduk diperoleh dari setiap metode, tahap berikutnya adalah melakukan analisis standar deviasi untuk menilai tingkat penyimpangan hasil proyeksi. Nilai standar deviasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma (Y_i - Y_{mean})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Keterangan :

Sd = Nilai simpangan baku (standard deviation)

Y_i = Nilai data ke- i

Y_{mean} = Nilai rata-rata data

n = Banyaknya data

Kebutuhan Air Bersih

Perencanaan sistem penyediaan air bersih dilakukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, baik untuk keperluan rumah tangga maupun berbagai aktivitas lainnya. Oleh sebab itu, perhitungan kebutuhan air mengacu pada beberapa komponen kebutuhan sebagai berikut:

a. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk memenuhi aktivitas rumah tangga sehari-hari. Besarnya kebutuhan domestik ditentukan berdasarkan rata-rata konsumsi air setiap orang per hari. Penetapan kriteria kebutuhan air mengacu pada ketentuan Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR mengenai penyediaan sistem air bersih [1]. Perhitungan kebutuhan air domestik dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_d = \text{jumlah penduduk} \times \text{kebutuhan air} \quad (7)$$

b. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air yang dimanfaatkan untuk kegiatan di luar rumah tangga, seperti fasilitas sosial, sarana pendidikan, pelayanan kesehatan, perkantoran, tempat ibadah, sektor perdagangan, industri kecil, serta hidran umum [1]. Perhitungan kebutuhan air non-domestik dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{nd} = \Sigma (n_j \times q_j) \quad (8)$$

Q_{nd} = kebutuhan air non-domestik (L/hari)

n_j = jumlah fasilitas umum pada tahun rencana (unit)

q_j = kebutuhan air standar untuk setiap jenis fasilitas

c. Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total merupakan akumulasi dari kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik pada suatu wilayah pelayanan [2]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air total adalah sebagai berikut:

$$Q_{rt} = Q_d + Q_{nd} \quad (9)$$

Keterangan :

Q_{rt} = Kebutuhan air total

Q_d = Kebutuhan air domestik

Q_{nd} = Kebutuhan air non domestik

d. Kehilangan Air

Kehilangan air merupakan selisih antara volume air yang diproduksi dengan volume air yang disalurkan kepada konsumen. Kehilangan tersebut dapat terjadi akibat faktor teknis maupun nonteknis [1]. Dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih, nilai kehilangan air umumnya diasumsikan sebesar 20%–30% dari total kebutuhan air domestik dan non-domestik [1].

Faktor Harian Jam Maksimum dan Faktor Jam Puncak

Dalam perencanaan jaringan distribusi air bersih, faktor hari maksimum ditetapkan sebesar 1,5 untuk menghitung kebutuhan debit maksimum pada jaringan distribusi. Selain itu, faktor jam puncak sebesar 1,1 digunakan sebagai dasar dalam menentukan debit maksimum yang harus disuplai dari sumber menuju reservoir [1].

Sistem dan Jaringan Air Bersih

Pada tahap perencanaan jaringan distribusi, setiap segmen pipa perlu dilengkapi dengan informasi berupa node, debit kebutuhan, debit kumulatif, dan diameter pipa. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi pipa, yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q = A \times V \quad (10)$$

$$A = 1/4 \times 3,14 \times D^2 \quad (11)$$

Energi yang mengalir di dalam sistem pipa akan mengalami kehilangan akibat gesekan antara air dan permukaan bagian dalam pipa sepanjang jalur aliran. Nilai kehilangan energi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain panjang pipa, diameter pipa, kecepatan aliran, tingkat kekasaran permukaan pipa, serta debit aliran. Persamaan Hazen–Williams digunakan ketika kehilangan tinggi tekan lebih besar daripada empat meter dan dinyatakan sebagai berikut:

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \quad (12)$$

Menurut Bernoulli, tinggi energi total merupakan penjumlahan energi potensial, energi kinetik, dan energi tekanan yang dimiliki fluida pada saat mengalir. Hubungan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut:

$$h_1 = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma_w} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma_w} + h_l \quad (13)$$

Q = Debit Aliran pipa (l/dt)

A = Luas Penampang pipa (m^2)

D = Diameter pipa (m)

H_f = Sisa tekan

$H_{1,2}$ = Elevasi Pipa

v = kecepatan aliran

P = Tekanan air

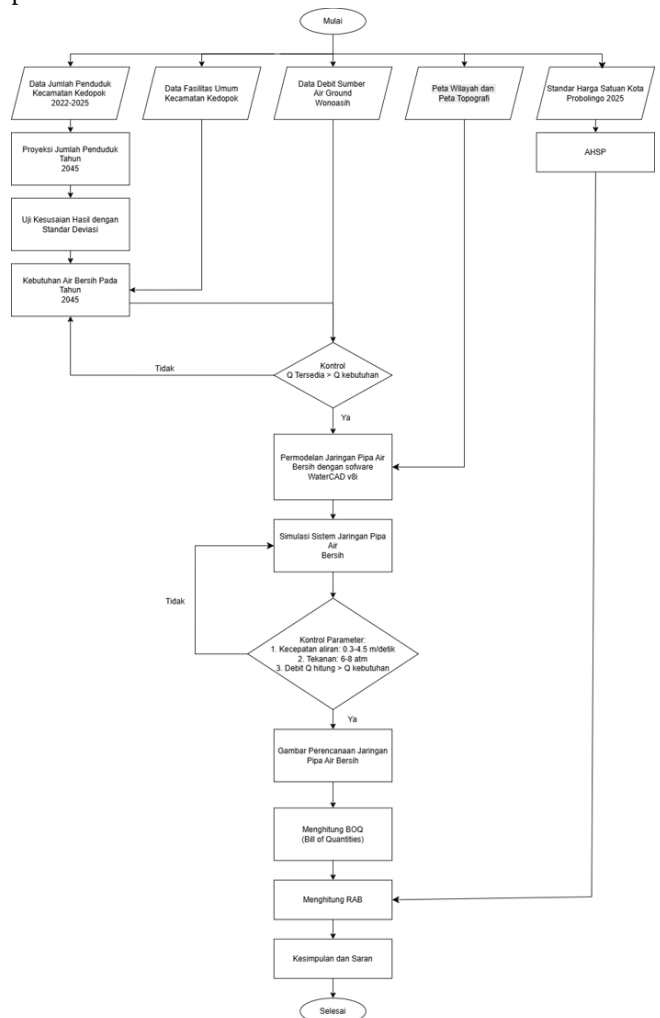
γ = berat jenis air

C = Kekasaran Pipa

I = Kemiringan Hidrolis

Bagan Alir Penelitian

Diagram alir berikut menunjukkan tahapan penelitian yang digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk menentukan jumlah penduduk pada akhir periode perencanaan selama 20 tahun. Perhitungan tersebut menggunakan nilai rata-rata

tingkat pertumbuhan penduduk sebagai dasar dalam memperkirakan jumlah penduduk pada tahun rencana.

a. Rasio Pertumbuhan Penduduk

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus (4) dan rumus (5), diperoleh nilai rasio pertumbuhan penduduk untuk masing-masing kelurahan di Kecamatan Kedopok. Nilai rasio tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis proyeksi jumlah penduduk selama umur rencana 20 tahun. Hasil perhitungan rasio pertumbuhan penduduk pada setiap kelurahan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 1. Rekapitulasi Rasio Pertumbuhan Penduduk

Kelurahan	Nilai rasio rata-rata (r)
Sumber Wetan	0,021
Kareng Lor	0,021
Kedopok	0,009
Jrebeng Kulon	0,020
Jrebeng Wetan	0,017
Jrebeng Lor	0,002

b. Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk dihitung menggunakan tiga metode, yaitu aritmatika, geometrik, dan eksponensial. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan standar deviasi, metode aritmatika dipilih karena menghasilkan proyeksi jumlah penduduk sebesar 50.053 jiwa.

Tabel 2. Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Penduduk

Kelurahan	Metode		
	Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
Sumber Wetan	10269	10945	10992
Kareng Lor	8920	9544	9588
Kedopok	5304	5378	5383
Jrebeng Kulon	8673	9182	9216
Jrebeng Wetan	6536	6825	6844
Jrebeng Lor	10351	10359	10360
Total	50053	52234	52383

Kebutuhan Air Bersih

Rata-rata kebutuhan air diperoleh melalui analisis terhadap pola konsumsi air yang mengacu pada kondisi ideal.

a. Kebutuhan Air Domestik

Perhitungan kebutuhan air domestik pada masing-masing kelurahan untuk tahun rencana disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Kebutuhan Air Domestik

Kelurahan	Pnddk Th 2045 (jiwa)	Pnddk Terlayani (jiwa)	Keb. Air SR (lt/dt)	Keb. Air HU (lt/dt)	Total Keb. Air (lt/dt)

Sumber Wetan	10269	7189	5.824	0.749	6.573
Kareng Lor	8920	6244	5.059	0.650	5.709
Kedopok	5304	3713	3.008	0.387	3.395
Jrebeng Kulon	8673	6071	4.919	0.632	5.551
Jrebeng Wetan	6536	4575	3.707	0.477	4.183
Jrebeng Lor	10351	7246	5.870	0.755	6.625
Total	50053	35037	28.387	3.650	32.036

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air non-domestik pada setiap kelurahan untuk tahun rencana ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi Kebutuhan Non Domestik

Kelurahan	Kebutuhan air (lt/dt)
Sumber Wetan	2.26
Kareng Lor	1.47
Kedopok	1.11
Jrebeng Kulon	1.00
Jrebeng Wetan	0.83
Jrebeng Lor	1.33
Total	7.99

c. Kebutuhan Air Rata-Rata

Kebutuhan air rata-rata diperoleh dari akumulasi kebutuhan air domestik, kebutuhan air non-domestik, dan kehilangan air. Dalam penelitian ini, kehilangan air diasumsikan sebesar 20% dari total kebutuhan domestik dan non-domestik sesuai dengan kriteria perencanaan sistem penyediaan air bersih [1]. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan air rata-rata di Kecamatan Kedopok adalah 48,03 lt/dt.

Tabel 5. Rekapitulasi Kebutuhan Air Rata-Rata

Kelurahan	Qd (lt/dt)	Qnd (lt/dt)	Qha (lt/dt)	Qtot (lt/dt)
Sumber Wetan	6.57	2.26	1.77	10.59
Kareng Lor	5.71	1.47	1.44	8.61
Kedopok	3.40	1.11	0.90	5.41
Jrebeng Kulon	5.55	1.00	1.31	7.86
Jrebeng Wetan	4.18	0.83	1.00	6.02
Jrebeng Lor	6.63	1.33	1.59	9.54
Total	32.04	7.99	8.01	48.03

d. Kebutuhan Air Pipa Transmisi Dan Pipa Distribusi

Perencanaan debit pada jaringan pipa transmisi dilakukan berdasarkan kebutuhan air pada kondisi hari maksimum (Qmaks) menggunakan faktor hari maksimum, sedangkan debit pada jaringan pipa distribusi ditentukan berdasarkan kebutuhan air pada kondisi jam

puncak (Qpeak) dengan menerapkan faktor jam puncak selama periode operasi 24 jam. Penentuan debit tersebut bertujuan agar sistem distribusi mampu memenuhi kebutuhan air pada kondisi beban maksimum. Hasil perhitungan kebutuhan debit pada jaringan pipa transmisi dan jaringan pipa distribusi di setiap kelurahan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Transmisi dan Pipa Distribusi

Kelurahan	Keb. Pipa Transmisi (lt/dt)	Keb. Pipa Distribusi (lt/dt)
Sumber Wetan	11.65	15.89
Kareng Lor	9.48	12.92
Kedopok	5.95	8.11
Jrebeng Kulon	8.64	11.79
Jrebeng Wetan	6.62	9.02
Jrebeng Lor	10.50	14.31
Total	52.84	72.05

Skema, Tata Letak, dan Dimensi Pipa

a. Tata Letak Jaringan Pipa

Tata Letak jaringan pipa yang direncanakan dalam penelitian ini disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 2. Tata Letak Jaringan Pipa

b. Dimensi Pipa

Berdasarkan analisis *software WaterCAD* didapatkan dimensi pipa transmisi dan pipa distribusi yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 7. Rekapitulasi Dimensi Pipa Transmisi dan Pipa Distribusi

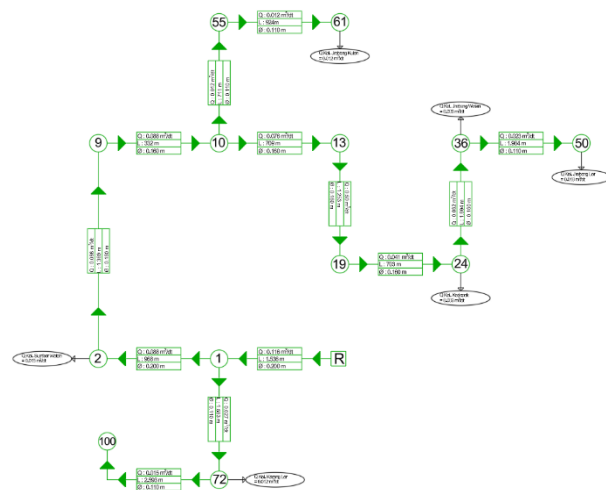
Node	Ø pipa (mm)	Panjang Pipa (m)
Transmisi	312.80	2544
	277.60	1849
	220.40	6093
Distribusi	176.20	696
	158.60	1059
	141.00	1297
	108.60	821

Tabel 7. Rekapitulasi Dimensi Pipa Transmisi dan Pipa Distribusi (Lanjutan)

Node	Ø pipa (mm)	Panjang Pipa (m)
	96.80	1151
	79.20	723
Distribusi	55.40	1519
	44.00	234
	26.20	396
	20.40	170

c. Skema Jaringan Pipa

Skema jaringan pipa pada penelitian ini disusun berdasarkan hasil Lay out jaringan pipa dan penentuan dimensi pipa yang digunakan dalam perencanaan. Skema tersebut disajikan sebagai berikut:



Gambar 3. Skema Jaringan Pipa

Pompa

Daya pompa ditentukan berdasarkan kebutuhan total head pada sistem distribusi air bersih sehingga dapat dipilih spesifikasi pompa yang sesuai dengan kondisi perencanaan.

Tabel 8. Spesifikasi Pompa

Parameter	Keterangan
Node	Reservoir - Pump
Merk Pompa	EBARA

Diameter Isap	150 mm
Diameter Buang	125 mm
Model	150x125 FSKA
Kecepatan Pompa	1500 rpm
Frekuensi	50 Hz
Head	29-26 m
Daya	37 kW
Kapasitas Pompa	162-396 m ³ /jam
Jumlah Pompa	1

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kedopok, Kota Probolinggo, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1). Proyeksi jumlah penduduk di enam kelurahan Kecamatan Kedopok untuk periode rencana tahun 2045 menghasilkan jumlah penduduk sebesar 50.053 jiwa.
- 2). Total kebutuhan air dari Kecamatan Kedopok yang terdiri dari 6 kelurahan tersebut diproyeksikan nilai kebutuhan air distribusi rencana ditahun 2045 sebesar 72,05 liter/detik.
- 3). Perencanaan jaringan menggunakan pipa HDPE dengan diameter Ø 0,355 m dengan Panjang 2.544 m. Adapun saluran distribusi Pipa HDPE Ø 0,315 m dengan Panjang 1.849 m, Pipa HDPE Ø 0,250 m dengan Panjang 6.093 m, Pipa HDPE Ø 0,200 m dengan Panjang 696 m, Pipa HDPE Ø 0,180 m dengan Panjang 1.059 m, Pipa HDPE Ø 0,160 m dengan Panjang 1.297 m, Pipa HDPE Ø 0,140 m dengan Panjang 821 m, Pipa HDPE Ø 0,110 m dengan Panjang 1.151 m, Pipa HDPE Ø 0,090 m dengan Panjang 723 m, Pipa HDPE Ø 0,063 m dengan Panjang 1.519 m, Pipa HDPE Ø 0,050 m dengan Panjang 234 m, Pipa HDPE Ø 0,032 m dengan Panjang 396 m, Pipa HDPE Ø 0,025 m dengan Panjang 170 m. Dengan total panjang pipa sepanjang 18.552 m.
- 4). Berdasarkan hasil perencanaan, kebutuhan anggaran pembangunan jaringan distribusi air bersih diperkirakan sebesar Rp17.987.345.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih. (2000). Kriteria Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- 2) DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih. (1994). Petunjuk Teknis Pelaksanaan Prasarana Air Minum Sederhana. Jakarta.
- 3) Mustakim, & Pratama, A. (2020). Analisis Kehilangan Air pada Sistem Distribusi Air Minum.