

PERENCANAAN PENYEDIAAN SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN NGADILUWIH KABUPATEN KEDIRI

Fadia Zakiyatul Ulya¹, Winda Harsanti²

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹fadiaf1604@gmail.com, ²wharsanti@gmail.com

ABSTRAK

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia untuk mendukung aktivitas sehari-hari. Saat ini masyarakat Kecamatan Ngadiluwih masih menggunakan sumur sebagai sumber air bersih. Namun, penggunaan air sumur yang terus menerus dapat merusak kualitas air dan mengakibatkan pencemaran air tanah dan penurunan air tanah. Terkait hal tersebut, maka diperlukan untuk merencanakan sistem distribusi air bersih yang diambil dari sumber mata air. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk merencanakan layout pipa distribusi, menganalisis pertumbuhan penduduk Kecamatan Ngadiluwih pada tahun 2044, menganalisis debit kebutuhan air bersih di Kecamatan Ngadiluwih, menganalisis dimensi pipa untuk memenuhi kebutuhan air saat jam puncak, menganalisis kapasitas reservoir untuk memenuhi kebutuhan air, dan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB). Penelitian ini menggunakan metode perhitungan domestik dan non domestik untuk menghitung kebutuhan air bersih. Hasil dari penelitian ini didapatkan jumlah penduduk di tahun 2044 adalah 100.916 jiwa, dengan total rencana panjang pipa 41,670 km, debit yang dibutuhkan sebesar 41,825 liter/detik pada zona 1 dan 36,028 liter/detik pada zona 2, pipa pada rencana ini menggunakan pipa PVC ukuran Ø 40 mm, Ø 50 mm, Ø 63 mm, Ø 75 mm, Ø 90 mm, Ø 110 mm, Ø 140 mm, Ø 180 mm, Ø 200 mm, Ø 250 mm. Kapasitas reservoir pada zona 1 adalah 2 x 5 x 5,8 m dan pada zona 2 adalah 2 x 5 x 5,1 m, dengan total Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan adalah Rp. 5.374.647.000,-.

Kata Kunci: air bersih, jam puncak, jaringan pipa, kebutuhan air

ABSTRACT

Water is one of the basic human needs to support daily activities. Currently, the people of Ngadiluwih Subdistrict still use wells as a source of clean water. However, continuous use of well water can damage water quality and cause groundwater pollution and depletion. In this regard, it is necessary to plan a clean water distribution system that draws water from springs. Specifically, this study aims to plan the distribution pipe layout, analyze the population growth of Ngadiluwih District in 2044, analyze the clean water demand in Ngadiluwih District, analyze the pipe dimensions to meet water demand during peak hours, analyze the reservoir capacity to meet water demand, and calculate the Budget Plan (RAB). This study uses domestic and non-domestic calculation methods to calculate clean water demand. The results of this study show that the population in 2044 will be 100,916 people, with a total planned pipe length of 41.670 km, a required flow rate of 41.825 liters/second in zone 1 and 36.028 liters/second in zone 2. The pipes in this plan use PVC pipes with sizes of Ø 40 mm, Ø 50 mm, Ø 63 mm, Ø 75 mm, Ø 90 mm, Ø 110 mm, Ø 140 mm, Ø 180 mm, Ø 200 mm, and Ø 250 mm. The reservoir capacity in Zone 1 is 2 x 5 x 5.8 m and in Zone 2 is 2 x 5 x 5.1 m, with a total estimated budget of IDR 5,374,647,000,-.

Keywords: clean water, peak hour, pipelines network, water demand

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Ngadiluwih tergolong dalam wilayah administratif yang berada di Kabupaten Kediri dengan luas 43,03 km². Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kediri tahun 2024, jumlah penduduk di Kecamatan Ngadiluwih mencapai 81.131 jiwa. Jumlah ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan tahun 2015 dengan jumlah penduduk sebesar 71.988 jiwa. Pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi ini memberikan pengaruh

langsung terhadap meningkatnya kebutuhan dasar, termasuk diantaranya ketersediaan air bersih.

Namun demikian, sejak tahun 2020, layanan penyediaan air bersih dari PDAM yang sebelumnya melayani sebagian wilayah Kecamatan Ngadiluwih mengalami penghentian karena berkurangnya pelanggan PDAM dari tahun ke tahun. Situasi ini mendorong mayoritas warga untuk mengandalkan sumber air alternatif, seperti air tanah. Namun, pemanfaatan air tanah yang berlebihan dalam waktu lama dapat memicu

berbagai permasalahan lingkungan, antara lain penurunan permukaan tanah, masuknya air laut ke dalam lapisan air tanah di wilayah pesisir, serta menurunnya kualitas dan ketersediaan air bawah tanah. Hal ini sejalan dengan pendapat (Maizir, 2019), yang menyatakan bahwa eksploitasi air tanah yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi lingkungan secara signifikan.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam merancang sistem jaringan distribusi air bersih yang efisien dan berkelanjutan dengan memanfaatkan potensi lokal, serta mengurangi ketergantungan terhadap air tanah yang berdampak negatif terhadap lingkungan.

2. METODE

Kebutuhan Air Bersih

a. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Laju pertumbuhan penduduk memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kebutuhan air bersih. Nilai pertumbuhan penduduk dihitung dalam persentase dengan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{\text{Perubahan Jumlah Penduduk}}{\text{Jumlah Penduduk Tahun } n} \times 100\% \dots (1)$$

Dengan:

Perubahan Jumlah Penduduk = jumlah penduduk tahun sebelumnya – jumlah penduduk tahun n

Pertumbuhan penduduk dapat dihitung menggunakan Metode Aritmatika, Metode Geometrik, dan Metode Eksponensial menurut (Putra, Hapsari et al. 2022).

$$Pt = P0 (1 + n \times r) \dots (2)$$

$$Pt = P0(1 + r)^n \dots (3)$$

$$Pt = P0 \times e^{rn} \dots (4)$$

Dengan:

Pt = Jumlah penduduk pada akhir periode t (orang)

P0 = Jumlah penduduk pada awal periode t (orang)

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

n = Tahun proyeksi (tahun)

e = 2,71828183

Uji kesesuaian metode proyeksi menggunakan koefisien korelasi, dilakukan untuk memilih metode yang paling tepat dari hasil perhitungan data kependudukan.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2] - [n(\sum X^2) - (\sum X)^2]}} \dots (5)$$

Dengan:

r = koefisien korelasi

n = jumlah data

X = jumlah penduduk setiap tahun dari tahun dasar

Y = jumlah penduduk tiap tahun hasil proyeksi

b. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan bagian dari kebutuhan air bersih yang mencakup berbagai aktivitas rumah tangga, seperti memasak, mandi, mencuci pakaian, serta penggunaan toilet. Kebutuhan ini bersifat esensial karena berkaitan langsung dengan kualitas hidup dan kesehatan masyarakat (Triarmadja, 2019).

Tabel 1. Kebutuhan Air Domestik

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA				
		JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
		> 1 jt	500 k s/d 1 jt	100 k s/d 500 k	20 k s/d 100 k	< 20 k
		Metro	Besar	Sedang	k	Desa Kecil
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) 1/o/h	>150	150 – 120	90 – 120	80 – 120	60 – 90
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) 1/o/h	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40
3	Faktor Harian Maks. Untuk Pipa Transmisi	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
4	Faktor Jam Puncak Untuk Pipa Distribusi	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
5	Jumlah Jiwa Per SR	5	5	5	5	5
6	Jumlah Jiwa Per HU	100	100	100	100	100
7	Sisa Tekanan Di Jaringan Distribusi (mka)	10	10	10	10	10
8	Jam Operasi	24	24	24	24	24
9	Volume Reservoir (%) (maks.	20	20	20	20	20

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA				
		JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
		> 500 k	100 k	20 k	< 20 k	
	1 jt	s/d 1 jt	s/d 500 k	s/d 100 k	20 k	
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
	day demand)					
10	SR:HU (%)	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80: 20	70: 30	70: 30
11	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: (Wago, Udiana et al. 2021)

- Perhitungan kebutuhan domestik dihitung dengan
1. Jumlah Penduduk Terlayani = Tingkat pelayanan x Jumlah Penduduk.....(6)
 2. Jumlah Terlayani
Sambungan Rumah (SR) = Persentase SR x Jumlah Penduduk Terlayani.....(7)
Hidran Umum (HU) = Persentase HU x Jumlah Penduduk Terlayani.....(8)
 3. Konsumsi Air Rata-rata
Konsumsi Rata-rata SR = Jumlah Penduduk Terlayani x Konsumsi Unit SR.....(9)
Konsumsi Rata-rata HU = Jumlah Penduduk Terlayani x Konsumsi Unit HU.....(10)
 4. Kebutuhan Air Domestik = Konsumsi Rata-rata SR + Konsumsi Rata-rata HU.....(11)

c. Kebutuhan Non-Domestik

Menurut (Kodoatie & Sjarief, 2010), kebutuhan air non-domestik digunakan sebagai penggunaan air untuk kebutuhan instansi, industri, dan komersial. Hal ini mengacu pada penggunaan air untuk tujuan selain penggunaan domestik, seperti industri dan manufaktur. Oleh karena itu, estimasi kebutuhan air non-domestik harus mempertimbangkan karakteristik tiap jenis penggunaan serta efisiensi dalam pengelolaannya. Menurut Permen PU SPAM No. 18/PRT/M2007 presentase dari kebutuhan non domestik adalah 15% dari kebutuhan domestik. Kebutuhan non domestik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:
Kebutuhan Air Non-Domestik = Kebutuhan Air Domestik x 15%.....(12)

d. Kehilangan Air

Kehilangan air mengacu pada jumlah air yang tidak sampai ke konsumen melalui sistem distribusi, dan tidak tercatat sebagai penggunaan resmi. Kehilangan ini umumnya disebabkan oleh faktor teknis maupun non-teknis, yang

kebanyakan terjadi secara tidak disengaja. Menurut Permen PU SPAM No. 18/PRT/M2007 nilai kehilangan air fisik/teknis bernilai maksimal 15% dari total kebutuhan air. Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kehilangan Air} = \text{Total Kebutuhan Air} \times 15\% \dots \dots \dots (13)$$

Dengan:

$$\text{Total Kebutuhan Air} = \text{Kebutuhan Air Domestik} + \text{Kebutuhan Air Non-Domestik}$$

e. Fluktuasi Kebutuhan Air

1. Kebutuhan harian rata-rata (Q h)
Kebutuhan harian rata-rata didapat dari penjumlahan total kebutuhan air dan kehilangan air.
 $Q h = Q \text{ Total} + \text{Kehilangan Air} \dots \dots \dots (14)$
Dengan:
 $Q h = \text{Kebutuhan harian rata-rata}$
 $Q \text{ Total} = \text{Kebutuhan air domestik} + \text{non domestik}$
 $\text{Kehilangan Air} = 15\% \times Q \text{ Total}$
2. Kebutuhan harian maksimum
 $Q h\text{-maks} = \text{faktor jam maksimum} \times Q h \dots \dots \dots (15)$
Dengan:
 $Q h\text{-maks} = \text{Debit kebutuhan harian maksimum}$
 $Q h = \text{Debit harian rata-rata}$
3. Pengelola dapat mengoptimalkan sistem untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara efektif dengan memeriksa faktor jam puncak (Syahputra, 2020). Berikut adalah rumus untuk mengetahui kebutuhan air jam puncak:
 $Q jp = \text{Faktor jam puncak} \times Q h \dots \dots \dots (16)$
Dengan:
 $Q jp = \text{Debit kebutuhan air jam puncak}$
 $Q h = \text{Kebutuhan harian rata-rata}$

Distribusi Air Bersih

a. Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi

Menurut (Tambingon et al., 2016), sistem jaringan pipa transmisi dan distribusi adalah rangkaian perpipaan yang dirancang untuk mengalirkan air secara kontinu dan efisien dari sumber air atau instalasi pengolahan menuju pengguna akhir. Sistem ini terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu pipa transmisi yang membawa air dari sumber ke fasilitas pengolahan, serta pipa distribusi yang menyalurkan air olahan tersebut hingga sampai ke konsumen.

Tabel 2. Kriteria Ideal Pipa Transmisi dan Distribusi

Uraian	Kriteria
Jenis Saluran	Pipa (saluran tertutup)
Kecepatan aliran air dalam pipa	
– Kec. <i>Minimum</i>	0,3 – 0,6 m / detik
– Kec. <i>Maksimum</i>	
Pipa PVC	3,0 – 4,5 m / detik
Pipa DCIP	6,0 m / detik

Tekanan air dalam pipa

– Tekanan <i>Minimum</i>	1 Atm
– Tekanan <i>Maksimum</i>	
Pipa PVC	6 – 8 Atm
Pipa DCIP	10 Atm
Pipa PE 100	12,4 Atm
Pipa PE 80	9 Mpa
Kemiringan tebing galian terhadap dasar saluran	45° (untuk bentuk trapesium) 90° (untuk bentuk persegi)

Sumber: PERMEN PUPR No. 18/PRT/M/2007.

b. Dimensi Pipa

Ukuran pipa ditentukan berdasarkan rumus perencanaan yang lazim digunakan, dengan tetap mempertimbangkan standar ukuran pipa yang tersedia secara komersial di pasaran. Perhitungan dimensi pipa dijelaskan melalui rumus berikut:

$$\text{Diameter Hitungan} = \sqrt[2,63]{\frac{Q}{0,2785 \times C \times I^{0,54}}} \dots \dots \dots (17)$$

Dengan:

Q = debit aliran (m³/det)

C = koefisien Hazen Wiliam

I = gradien hidrolis

Tabel 3. Pemilihan Kemiringan Hidrolis

L (m)	Keadaan lapangan 1		Keadaan lapangan 2		Keadaan lapangan 3	
	(beda tinggi < 5 m daerah datar)	(beda tinggi > 5 m daerah datar)	(beda tinggi > 5 m daerah tidak datar dan menurun)	(beda tinggi > 5 m daerah tidak datar dan menaik)	(beda tinggi > 5 m daerah tidak datar dan menaik)	(beda tinggi > 5 m daerah tidak datar dan menaik)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
< 1000	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,010
1000 - 5000	0,007	0,010	0,013	0,017	0,020	0,007
1500 - 2000	0,005	0,008	0,010	0,013	0,015	0,005
2000 - 2500	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	0,004
2500 - 3000	0,003	0,005	0,007	0,008	0,010	0,003
3000 - 3500	0,003	0,004	0,006	0,007	0,009	0,003
3500 - 4000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,008	0,002
4000 - 4500	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,002
4500 - 5000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,002

Sumber: Pedoman Teknis Proyek Air Bersih Perdesaan, Ditjen Cipta Karya PU, 1985.

c. Mayor Losses

Menghitung kehilangan tinggi energi (*mayor losses*) menggunakan persamaan Hazen William sebagai berikut:

$$H_f = \frac{Q^{1,85}}{0,2785 \times D^{2,63} \times C^{1,85}} \times L \dots \dots \dots (18)$$

Dengan:

H_f = kehilangan tinggi energi (m)

Q = debit pada aliran (m³/det)

D = diameter pipa (m)

L = panjang pipa (m)

C = koefisien Hazen-Williams

d. Hukum Bernoulli

Hukum Bernoulli menyatakan bahwa jumlah energi akibat elevasi, kecepatan, dan tekanan total energi pada penampang pipa dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$h_1 + \frac{\rho_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{\rho_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \dots \dots \dots (19)$$

Dengan:

$\frac{\rho_1}{\gamma}, \frac{\rho_2}{\gamma}$ = tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)

$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g}$ = tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)

ρ_1, ρ_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m²)

γ_w = berat jenis air (kg/m³)

V₁, V₂ = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

h₁, h₂ = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)

h_f = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

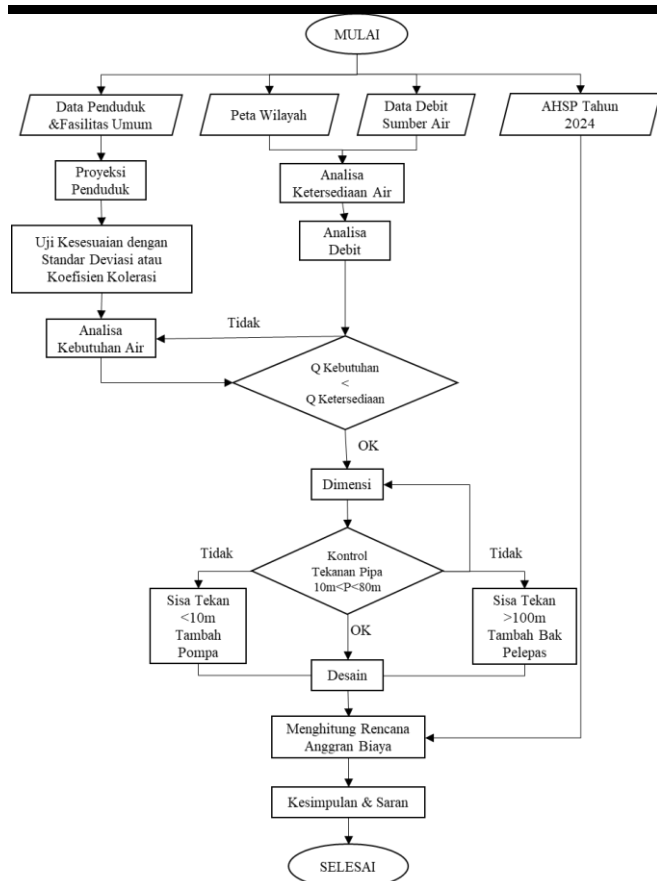
Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perkiraan total biaya yang diperlukan untuk melaksanakan suatu proyek, yang mencakup seluruh komponen pengeluaran seperti biaya bahan bangunan dan upah tenaga kerja.

$$\text{RAB} = \text{Volume} \times \text{HSP} \dots \dots \dots (20)$$

Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah bagan air penelitian:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Air Bersih

a. Proyeksi Jumlah Penduduk

Berikut merupakan contoh perhitungan rasio rata-rata pertumbuhan penduduk di Desa Tales tahun 2015 - 2016, Kecamatan Ngadiluwih sebagai dasar dalam analisis jumlah penduduk.

Tabel 4. Data Jumlah Penduduk Desa Tales

Tahun	P (Jiwa)
2015	9325
2016	9525
2017	9978
2018	10044
2019	10106
2020	10162
2021	10539
2022	10577
2023	10507
2024	10486

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Kediri

Perubahan jumlah penduduk = Jumlah penduduk tahun 2016 – jumlah penduduk tahun 2015

$$= 9525 - 9325$$

$$= 200 \text{ jiwa}$$

Persentase pertumbuhan jumlah penduduk = (Perubahan Jumlah Penduduk)/(jumlah penduduk tahun 2015)×100%

$$= 200/9325 \times 100\%$$

$$= 2,14\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa desa Banjarejo memiliki rasio pertumbuhan penduduk terendah sebesar -0,10%, sedangkan desa Branggahan mendapatkan nilai rasio terbesar yaitu 2,80%.

Berikut contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk Desa Tales pada tahun 2044:

- Metode Aritmatika

$$P_{2044} = P_0 (1 + n \times r)$$

$$= 10486 (1 + (20 \times 1,33\%))$$

$$= 13269 \text{ jiwa}$$

- Metode Geometrik

$$P_{2044} = P_0 (1 + r)^n$$

$$= 10486 (1 + 1,33\%)^{20}$$

$$= 13649 \text{ jiwa}$$

- Metode Eksponensial

$$P_{2044} = P_0 \times e^{rn}$$

$$= 10486 \times 2,718281828^{(1,33\% \times 20)}$$

$$= 13673 \text{ jiwa}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2044

Desa	Aritmatika	Geometrik	Eksponensial
Tales	13269	13649	13673
Slumbung	4308	4597	4617
Branggahan	10570	11774	11865
Seketi	5828	6241	6270
Banggle	6092	6750	6800
Ngadiluwih	7258	7348	7354
Purwokerto	9480	9814	9835
Dukuh	9325	9438	9445
Rembangkepuh	5603	5923	5945
Bedug	3276	3276	3276
Rembang	8514	9096	9136
Badal	3681	3841	3851
Badalpandean	3911	4130	4144
Wonorejo	4717	4855	4863
Banjarejo	4662	4663	4663
Mangunrejo	4936	4973	4975

b. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Koefisien Korelasi

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X \sum Y)}{\sqrt{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2][n(\sum X^2) - (\sum X)^2]}}$$

$$= \frac{(10 \times 1013250145) - (101249 \times 99932)}{\sqrt{(10 \times 1026817845 - (101249)^2) \cdot (10 \times 1000049811 - (99932)^2)}}$$

$$= 0,940907305$$

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Koefisien Korelasi

Desa	Metode Proyeksi		
	Aritmatika	Geometrik	Eksponensial
Tales	0,941	0,936	0,936
Slumbung	0,915	0,924	0,924
Branggahan	0,921	0,908	0,907
Seketi	0,970	0,972	0,972
Banggle	0,974	0,970	0,970
Ngadiluwih	0,932	0,931	0,931
Purwokerto	0,811	0,800	0,800
Dukuh	0,915	0,913	0,913
Rembangkepuh	0,955	0,949	0,949
Bedug	-0,486	-0,486	-0,486
Rembang	0,881	0,869	0,869
Badal	0,964	0,964	0,964
Badalpandean	0,726	0,709	0,708
Wonorejo	0,552	0,540	0,540
Banjarejo	-0,269	-0,269	-0,269
Mangunrejo	0,767	0,771	0,771

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien korelasi dipilih nilai yang paling mendekati +1. Nilai ini mengindikasikan hubungan yang sangat kuat antara data historis dan hasil proyeksi.

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih dilakukan menggunakan metode Koefisien Korelasi, karena metode ini mampu menunjukkan tingkat kekuatan hubungan linear antara variabel tahun dan jumlah penduduk. Berdasarkan uji kesesuaian metode proyeksi dengan koefisien korelasi didapat total jumlah penduduk pada setiap desa pada tabel berikut:

Tabel 7. Total Jumlah Penduduk Tahun 2044

No	Desa	2044
1	Tales	11947
2	Slumbung	3810
3	Branggahan	8767
4	Seketi	5146
5	Banggle	6092
6	Ngadiluwih	7258
7	Purwokerto	9480

No	Desa	2044
8	Dukuh	9325
9	Rembangkepuh	5603
10	Bedug	3277
11	Rembang	8514
12	Badal	3681
13	Badalpandean	3911
14	Wonorejo	4717
15	Banjarejo	4709
16	Mangunrejo	4679
Total		100916

Debit Kebutuhan

Perencanaan proyeksi kebutuhan air bersih di Kecamatan Ngadiluwih direncanakan untuk periode tahun 2044, dengan penjabaran rinci disampaikan sebagai berikut. Sebagai contoh perhitungan kebutuhan air bersih untuk tahun 2044 di Desa Tales, Kecamatan Ngadiluwih.

- Jumlah Penduduk Total (jiwa) = 11947 jiwa
- Tingkat Pelayanan (70%)
= 70% x Jumlah Penduduk
= 70% x 11947
= 8363 jiwa
- Jumlah Terlayani
Sambungan Rumah (SR) (70%)
= 70% x Jumlah Penduduk Terlayani
= 70% x 8363
= 5854 jiwa
Hidran Umuum (HU) (30%)
= 30% x Jumlah Penduduk Terlayani
= 30% x 8363
= 2509 jiwa
- Konsumsi Air Rata-Rata
Konsumsi Sambungan Rumah (SR)
= Tingkat terlayani x 60 liter/orang/hari
= 5854 x 60
= 351241 liter/hari
Konsumsi Hidran Umuum (HU)
= Tingkat terlayani x 20 liter/orang/hari
= 2509 x 20
= 50177 liter/hari
- Kebutuhan Air Domestik
= Konsumsi SR + Konsumsi HU
= 351241 + 50177
= 401419 liter/hari
= 4,646 liter/detik
- Kebutuhan Air Non Domestik (15%)
= Kebutuhan Air Domestik x 15%
= 4,646 x 15%

= 0,697 liter/detik

- Total Kebutuhan Air
= Kebutuhan Air Domestik + Non Domestik
= 4,646 + 0,697
= 5,343 liter/detik
- Kehilangan Air (15%)
= Total Kebutuhan Air x 15%
= 5,343 x 15%
= 0,801 liter/detik
- Kebutuhan Harian Rata-Rata
= Total Kebutuhan Air + Kehilangan Air
= 5,343 + 0,801
= 6,144 liter/detik
- Kebutuhan Harian Maksimum
= 1,1 x Kebutuhan Harian Rata-Rata
= 1,1 x 6,144
= 6,759 liter/detik
- Kebutuhan Jam Puncak
= 1,5 x Kebutuhan Harian Rata-Rata
= 1,5 x 6,144
= 9,217 liter/detik

Tabel 8. Rekapitulasi Kebutuhan Jam Puncak dan Kebutuhan Maksimum Pada Tiap Desa

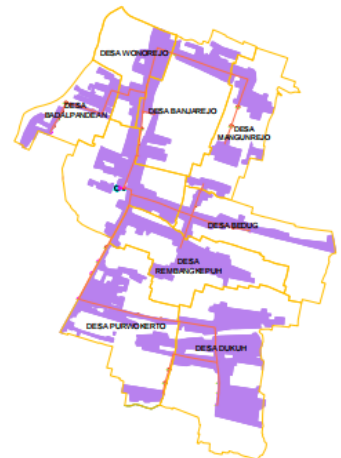
No	Desa	Kebutuhan Jam Puncak		Kebutuhan Harian Maksimum	
		(lt/dtk)	(m ³ /dt)	(lt/dtk)	(m ³ /dt)
1	Tales	9,217	0,009	6,759	0,007
2	Slumbung	2,940	0,003	2,156	0,002
3	Branggahan	6,763	0,007	4,960	0,005
4	Seketi	3,970	0,004	2,911	0,003
5	Banggle	4,700	0,005	3,447	0,003
6	Ngadiluwih	5,599	0,006	4,106	0,004
7	Purwokerto	7,314	0,007	5,363	0,005
8	Dukuh	7,194	0,007	5,276	0,005
9	Rembang kepuh	4,323	0,004	3,170	0,003
10	Bedug	2,528	0,003	1,854	0,002
11	Rembang	6,568	0,007	4,817	0,005
12	Badal	2,840	0,003	2,082	0,002
13	Badal pandean	3,017	0,003	2,212	0,002
14	Wonorejo	3,639	0,004	2,668	0,003
15	Banjarejo	3,633	0,004	2,664	0,003
16	Mangunrejo	3,610	0,004	2,647	0,003
Jumlah		77,853	0,078	57,092	0,057

Jaringan pipa dibagi menjadi 2 zona pelayanan yaitu pada zona 1 meliputi Desa Rembang, Bedug,

Rembangkepuh, Dukuh, Purwokerto, Bandalpandean, Wonorejo, Banjarejo, dan Mangunrejo. Sedangkan zona 2 meliputi Desa Ngadiluwih, Badal, Banggle, Seketi, Branggahan, Slumbung, dan Tales.

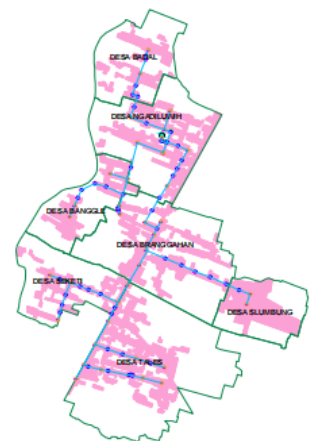
Pembagian zona diperlukan karena terdapat 2 sumber mata air yang digunakan untuk melayani satu kecamatan, pembagian zona ditujukan agar memudahkan pembagian jaringan pipa.

KETERANGAN	
○	TIK NOD E
●	SUMBER PENGAMBILAN
■	RESERVOIR
—	JARINGAN PIPAZONA 1
—	JARINGAN PIPAZONA 2
—	BATAS DESA ZONA 1
—	BATAS DESA ZONA 2
■	PEMUKIMAN ZONA 1
■	PEMUKIMAN ZONA 2



Gambar 2. Peta Area Zona 1

KETERANGAN	
○	TIK NOD E
●	SUMBER PENGAMBILAN
■	RESERVOIR
—	JARINGAN PIPAZONA 1
—	JARINGAN PIPAZONA 2
—	BATAS DESA ZONA 1
—	BATAS DESA ZONA 2
■	PEMUKIMAN ZONA 1
■	PEMUKIMAN ZONA 2



Gambar 3. Peta Area Zona 2

Dari hasil perhitungan didapatkan total kebutuhan jam puncak masing-masing pada zona 1 adalah 41,825 liter/detik dan zona 2 adalah 36,028 liter/detik, sedangkan total kebutuhan harian maksimum pada zona 1 adalah 30,672 liter/detik dan zona 2 adalah 26,420 liter/detik.

c. Debit Ketersediaan

Analisis ketersediaan air dilakukan dengan membandingkan antara debit air yang tersedia dengan debit kebutuhan air di masing-masing zona pelayanan. Sumber air didapat dari sumber mata air yaitu Sumber Ngreco yang terletak di zona 1 dengan debit 43,5 liter/detik dan Sumber

Ngadiloyo yang terletak di zona 2 dengan debit 41 liter/detik. Perhitungan ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana kapasitas sumber air dapat mencukupi kebutuhan air bersih yang dibutuhkan.

Perhitungan Zona 1:

$$\begin{aligned}\text{Debit Ketersediaan} &= \frac{Q \text{ ketersediaan}}{Q \text{ kebutuhan}} \times 100\% \\ &= \frac{43,5}{41,825} \times 100\% \\ &= 104,01 \%\end{aligned}$$

Perhitungan Zona 2:

$$\begin{aligned}\text{Debit Ketersediaan} &= \frac{Q \text{ ketersediaan}}{Q \text{ kebutuhan}} \times 100\% \\ &= \frac{41}{36,028} \times 100\% \\ &= 113,8 \%\end{aligned}$$

d. Kebutuhan Air Tiap Desa

Pada setiap desa dibagi menjadi beberapa area lagi untuk memudahkan pembagian debit pada skema jaringan air bersih. Untuk menghitung debit yang dibagikan setiap area dibutuhkan data luas area masing-masing desa. Berikut adalah luas masing-masing area di setiap desa:

Tabel 9. Luas Area di Setiap Desa

Desa	Luas Total Area	
	(km ²)	(m ²)
Tales	1,341	1341189,81
Slumbung	0,765	764812,31
Branggahan	0,996	995707,51
Seketi	0,515	515475,02
Banggle	0,515	514887,97
Ngadiluwih	1,061	1060603,44
Purwokerto	1,050	1049882,01
Dukuh	1,721	1720844,69
Rembangkepuh	0,851	851266,23
Bedug	0,525	525216,29
Rembang	0,850	849585,87
Badal	0,491	491183,62
Badalpandean	0,447	446519,35
Wonorejo	0,552	552219,78
Banjarejo	0,704	703903,94
Mangunrejo	0,637	636656,39

Pada setiap desa dibagi menjadi beberapa area lagi untuk memudahkan pembagian debit. Berikut adalah contoh perhitungan pembagian kebutuhan air tiap-tiap area di setiap desa:

Tabel 10. Perhitungan Pembagian Debit di Beberapa Area

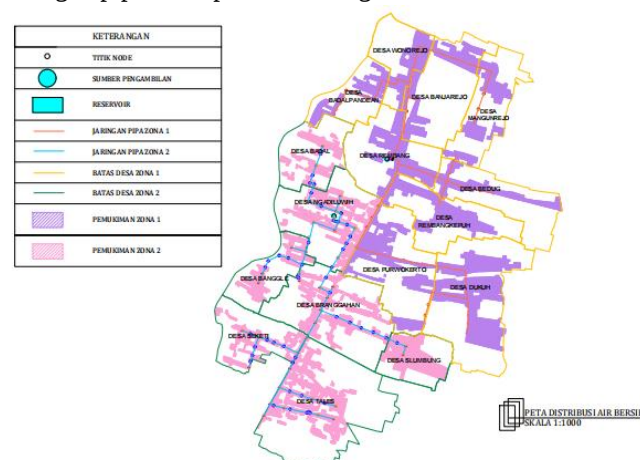
Zona 1			
Node	Area (m ²)	Desa	Debit Bagi (lt/dtk)
[1]	[2]	[3]	[4]
N1	255903,56	Rembang	1,978
N2	122617,19	Rembang	0,948
N3	177100,63	Banjarejo	0,914

$$\begin{aligned}Q_{N1} &= \frac{\text{Area Pada Node 1}}{\text{Total Area di Desa Rembang}} \times Q \text{ Total Desa Rembang} \\ &= \frac{255903,56}{849585,87} \times 6,568 \\ &= 1,978 \text{ liter/detik}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan debit bagi terbesar terletak pada Zona 1 Node 14 di Desa Rembang dengan debit bagi sebesar 2,637 liter/detik dan debit bagi terkecil terletak pada Node 14 di Desa Branggahan dengan debit bagi sebesar 0,300 liter/detik.

e. Sistem dan Desain Jaringan Pipa

Sistem jaringan pipa transmisi dan distribusi pada perencanaan ini dibagi ke dalam dua zona pelayanan. Panjang total pipa yang direncanakan mencapai 41,670 km, dengan jenis material yang digunakan adalah pipa PVC. Jaringan pipa ditampilkan dalam gambar berikut:



Gambar 4. Trase Jaringan Pipa

Berdasarkan gambar rencana trase jaringan pipa, analisis hidraulik dapat dilakukan guna menentukan dimensi pipa yang tepat, dengan mempertimbangkan kebutuhan debit aliran serta tekanan yang diperbolehkan. Perhitungan ini menggunakan metode Hazen-Williams, yang umum digunakan untuk aliran air dalam pipa bertekanan. Sebagai contoh, analisis dilakukan pada salah satu segmen pipa, yaitu antara node S - NB1 pada zona 1:

Diketahui :

$$\begin{aligned}\text{Panjang pipa (L)} &= 55,316 \text{ m} \\ \text{Debit (Q)} &= 30,672 \text{ ltr/dtk atau } 0,031 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ \text{Koefisien Pipa PVC (C)} &= 150\end{aligned}$$

Kemiringan Hidrolis (I) = 0,020 (Kondisi lapangan 2)
Sehingga, langkah-langkah perhitungannya dijelaskan pada uraian berikut:

1. Menentukan Diameter Pipa

$$D = \sqrt[2,63]{\frac{Q}{0,2785 \times C \times I^{0,54}}}$$

$$D = \sqrt[2,63]{\frac{0,031}{0,2785 \times 150 \times 0,020^{0,54}}}$$

$$D = 0,144 \text{ m}$$

Diameter pipa yang tersedia di lapangan dan paling mendekati adalah pipa PVC ukuran 180 mm atau 0,18 m dengan diameter dalam 0,166 m.

Berikut merupakan rekapitulasi pipa yang digunakan dalam jaringan air bersih:

Tabel 11. Rekapitulasi Diameter Pipa

Diameter (mm)	Panjang Pipa (m)
40	1737
50	8156
63	5257
75	5152
90	5860
110	5439
140	6323
180	1419
200	1870
250	457
Total	41670

Perhitungan A dengan diameter pakai sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,166^2$$

$$A = 0,022 \text{ m}^2$$

2. Menghitung Kehilangan Tekan (Hf)

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

$$H_f = \left(\frac{0,031}{0,2875 \times 150 \times 0,166^{2,63}} \right)^{1,85} \times 55,316$$

$$H_f = 0,514 \text{ m}$$

3. Menghitung Kecepatan Aliran dan Debit Aliran

(0,3 m/dtk $\leq$ V $\leq$ 4,5 m/dtk)

$$\begin{aligned} \text{Kontrol Kecepatan (V)} &= Q/A \\ &= 0,031/0,022 \\ &= 1,414 \text{ m/dtk} \rightarrow \text{OKE} \end{aligned}$$

(Q kontrol $\geq$ Q kebutuhan)

$$\begin{aligned} \text{Kontrol Debit (Q)} &= V \times A \\ &= 1,414 \times 0,022 \\ &= 0,031 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow \text{OKE} \end{aligned}$$

4. Menghitung Sisa Tekan

$$\text{Elev. Tinggi Hulu} = \text{Elev. Tanah asli} + \text{Kedalaman sumber}$$

$$= 77,448 + 1,4$$

$$= 78,848 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Elev. Tinggi Hilir} &= 82,664 + \frac{1,414^2}{2 \times 9,81} + 0,514 \\ &= 83,370 \text{ m} \end{aligned}$$

(10 m < sisa tekan < 80 m)

$$\begin{aligned} \text{Kontrol sisa tekan} &= 78,848 - 83,370 \\ &= -4,522 \rightarrow \text{TIDAK OKE} \end{aligned}$$

Karena kontrol tekan tidak OKE maka diperlukan pompa untuk memenuhi syarat sisa tekan, dari hasil perhitungan digunakan pompa dengan total head 70 m, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Sisa tekan setelah pompa} &= -4,522 + 70 \\ &= 65,478 \text{ m} \rightarrow \text{OKE} \end{aligned}$$

Setiap titik node yang memiliki sisa tekanan di bawah 10 meter perlu dipertimbangkan untuk dipasang pompa dengan total head sebesar 70 meter. Setelah itu, dilakukan pengecekan terhadap tekanan sisa, apakah nilainya berada di atas 10 meter namun tetap di bawah 80 meter. Jika tidak memenuhi kriteria tersebut, maka dapat dipertimbangkan pemilihan tekanan sisa yang lebih rendah dari 70 m.

5. Berdasarkan hasil perhitungan dimensi pipa dan tekanan sisa pada jaringan, selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan volume reservoir dan penjadwalan operasi pompa. Perhitungan ini bertujuan untuk memastikan distribusi air bersih dapat dilakukan secara optimal sesuai dengan pola kebutuhan harian serta ketersediaan debit dari sumber air. Hasil analisa pada zona 1 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 11. Fluktuasi Air Pada Reservoir Zona 1

Jam	if (jam)	Inflow (m ³ /jam)	Kebutuhan (m ³ /jam)
[1]	[2]	[3]	[4]
1	0,30	156,6	150,571
2	0,37	156,6	150,571
3	0,45	156,6	150,571
4	0,64	156,6	150,571
5	1,15		150,571
6	1,40		150,571
7	1,53		150,571
8	1,56	156,6	150,571
9	1,42	156,6	150,571
10	1,38	156,6	150,571
11	1,27	156,6	150,571
12	1,20		150,571
13	1,14		150,571
14	1,17	156,6	150,571

Jam	if (jam)	Inflow (m ³ /jam)	Kebutuhan (m ³ /jam)
[1]	[2]	[3]	[4]
15	1,18	156,6	150,571
16	1,22	156,6	150,571
17	1,31		150,571
18	1,38		150,571
19	1,25		150,571
20	0,98	156,6	150,571
21	0,62	156,6	150,571
22	0,45	156,6	150,571
23	0,37	156,6	150,571
24	0,26	156,6	150,571
24,00		3613,69	

Tabel 12. Fluktuasi Air Pada Reservoir Zona 1 (lanjut)

Outflow (m ³)	Surplus (m ³)	Defisit (m ³)	Tampungan (m ³)
[5]	[6]	[7]	[8]
45,171	111,429		
55,711	100,889		
67,757	88,843		
96,365	60,235		
173,156		-173,156	
210,799		-210,799	
230,373		-230,373	-230,373
234,890		-78,290	
213,810		-57,210	
207,787		-51,187	
191,225		-34,625	
180,685		-180,685	
171,650		-171,650	
176,168		-19,568	
177,673		-21,073	
183,696		-27,096	
197,247		-197,247	
207,787		-207,787	
188,213		-188,213	
147,559	9,041		
93,354	63,246		
67,757	88,843		
55,711	100,889		
39,148	117,452		
3613,69	740,87	-1848,96	-230,373
Tampungan min (m ³)			-230,373

Volume Reservoir (m ³ /jam)		57,593	
Dimensi	h	=	2
	b	=	5
	l	=	5,8

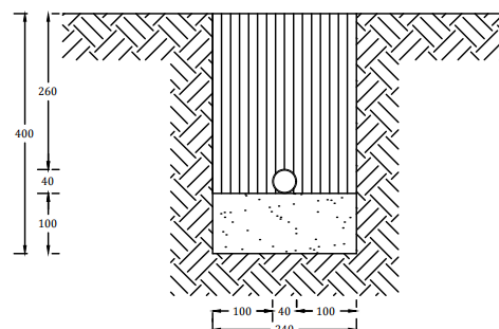
Pada masing-masing zona pompa aktif di sebagian waktu selama 16 jam untuk menjaga tekanan karena kebutuhan air yang tinggi. Volume reservoir pada zona 1 yaitu $2 \times 5 \times 5,8$ m dan volume reservoir pada zona 2 yaitu $2 \times 5 \times 5,1$ m.

f. Rekapitulasi Anggaran Biaya

Analisis terhadap Rencana Anggaran Biaya dilakukan guna memperoleh estimasi total biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem jaringan perpipaan. Item pekerjaan pembangunan jaringan pipa meliputi:

- Pekerjaan Persiapan
- Pekerjaan Galian
- Pekerjaan Pipa
- Pekerjaan Broncapturing
- Pekerjaan Reservoir
- Pekerjaan Pompa

Contoh perhitungan volume Pekerjaan Galian Pipa PVC Ø 40 mm:

**Gambar 3.** Detail Galian Pipa PVC Ø 40 mm

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 1737 \times 0,24 \times 0,4 \\ &= 166,752 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Harga Satuan} = \text{Rp. } 108.700,88$$

Sehingga, rencana anggaran biaya untuk Pekerjaan Galian Pipa PVC Ø 40 mm adalah:

$$\begin{aligned}\text{RAB} &= \text{volume} \times \text{harga satuan} \\ &= 166,752 \times \text{Rp. } 108.700,88 \\ &= \text{Rp } 18.126.088,31\end{aligned}$$

Harga satuan di atas juga dipakai untuk menghitung pekerjaan galian pipa PVC dengan berbagai diameter, namun berbeda pada perhitungan volume masing-masing diameter. Sehingga dari perhitungan kebutuhan biaya didapat rekapitulasi anggaran biaya sebagai berikut:

Tabel 13. Rekapitulasi Anggaran Biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA
I	Pekerjaan Persiapan	Rp. 448.189.895,36
II	Pekerjaan Galian	Rp. 642.940.935,31
III	Pekerjaan Pipa	Rp. 3.092.658.790,92
IV	Pekerjaan Broncaptering	Rp. 75.491.654,50
V	Pekerjaan Reservoir	Rp. 237.160.631,36
VI	Pekerjaan Pompa	Rp. 389.600.000,00
Jumlah		Rp. 4.886.041.907,44
PPN 10%		Rp. 488.604.190,74
Jumlah Total		Rp. 5.374.646.098,18
Dibulatkan		Rp. 5.374.647.000,00
Terbilang : Lima Milyar Tiga Ratus Tujuh Puluh Empat Juta Enam Ratus Empat Puluh Tujuh Ribu Rupiah		

4. KESIMPULAN

Dari perencanaan dan perhitungan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah penduduk Kecamatan Ngadiluwih, Kabupaten Kediri pada tahun 2044 adalah sebesar 100.916 jiwa.
2. Jaringan distribusi air bersih yang direncanakan untuk memenuhi Kecamatan Ngadiluwih, Kabupaten Kediri yang dibagi menjadi 2 zona yaitu zona 1 dengan total kebutuhan air sebesar 41,825 liter/detik, dan zona 2 sebesar 36,028 liter/detik.
3. Pipa yang dipilih adalah pipa PVC menggunakan beberapa dimensi yaitu Pipa PVC Ø 40 mm, Ø 50 mm, Ø 63 mm, Ø 75 mm, Ø 90 mm, Ø 110 mm, Ø 140 mm, Ø 180 mm, Ø 200 mm, Ø 250 mm, dengan total panjang pipa 41,670 km.
4. Digunakan total 2 reservoir yang digunakan untuk menampung kebutuhan air bersih di Kecamatan Ngadiluwih dengan masing-masing dimensi reservoir pada Zona 1 yaitu 2 x 5 x 5,8 m dan Zona 2 yaitu 2 x 5 x 5,1 m.
5. Total biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan ini adalah Rp. 5.374.647.000,00,- (Lima Milyar Tiga Ratus Tujuh Puluh Empat Juta Enam Ratus Empat Puluh Tujuh Ribu Rupiah)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (2024). Kecamatan Ngadiluwih Dalam Angka

- [2] Maizir, M. (2019). Pengaruh Pemanfaatan Sumberdaya Air Tanah dalam Pembangunan Kawasan Industri Baru. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(2), 56-59.
- [3] Putra, D. F. B. A., R. I. Hapsari and M. Efendi (2022). "Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi Dan Distribusi Air Bersih Kecamatan Tegalsiwalan Kabupaten Probolinggo." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)* 3(1): 26-32.
- [4] Triarmadja, R. (2019). *Teknik penyediaan air minum perpipaan*. Ugm Press.
- [5] Wago, O., I. M. Udiana and S. Utomo (2021). "Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Di Desa Lekogoko-Ngada." *Jurnal Teknik Sipil* 10(2): 163-172.
- [6] Putra, S. C., M. Charits And T. Rochman (2021). "Perencanaan Ulang Dan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Pada Kecamatan Bumiaji Kota Batu." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)* 2(4): 51-56.
- [7] Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata ruang air*. Penerbit Andi.
- [8] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/2007*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [9] Syahputra, B. (2020). Penentuan Faktor Jam Puncak dan Harian Maksimum Terhadap Pola Pemakaian Air Domestik Di Kecamatan Kalasan, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Lingkungan Sultan Agung*, 1(1), 1-15.
- [10] Pedoman Teknis Proyek Air Bersih Perdesaan, Ditjen Cipta Karya PU, 1985.
- [11] Tambingon, D. P., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. (2016). Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih Di Desa Pakuure Tinanian. *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 131409.