

PERENCANAAN JARINGAN PIPA AIR BERSIH DI KECAMATAN SUKODONO KABUPATEN SIDOARJO

Alfira Raudhatul Jannah^{1,*}, Winda Harsanti², Mona Shinta Safitri³

Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

Email: alfira.rdhil@gmail.com, winda.harsanti@polinema.ac.id, mona.shinta@polinema.ac.id.

ABSTRAK

Sumber air yang mengalir Kecamatan Sukodono saat ini berasal dari sumur dan capaian akses air minum di Kabupaten Sidoarjo sendiri masih terbilang rendah. Hal inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui kebutuhan debit air yang dibutuhkan dengan menghitung jumlah proyeksi penduduk serta merencanakan sistem jaringan pipa air bersih yang mampu melayani seluruh masyarakat di Kecamatan Sukodono sampai pada tahun 2038. Sistem jaringan yang direncanakan pada Kecamatan Sukodono yakni sistem jaringan distribusi cabang (*branch*). Hasil analisis untuk jumlah proyeksi penduduk pada tahun 2038 sebanyak 155.289 jiwa dengan debit kebutuhan air di Kecamatan Sukodono yakni sebesar 0,166 m³/detik dan jenis pipa yang digunakan yakni HDPE dengan diameter 2 inci hingga 14 inci. Debit yang tersedia dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) di Tawang Sari, Sidoarjo sebesar 0,180 m³/dtk sehingga debit ini mampu untuk memenuhi debit kebutuhan air di Kecamatan Sukodono.

Kata kunci : Air bersih; Debit kebutuhan; Jaringan pipa; Perencanaan

ABSTRACT

The source of water for Sukodono Sub-district currently comes from wells and the achievement of access to drinking water in Sidoarjo District itself is still relatively low. This is the background of this research. The purpose of this planning is to determine the water discharge requirements by calculating the number of population projections and planning a clean water pipe network system that is able to serve all people in Sukodono District until 2038. The network system planned in Sukodono Subdistrict is a branch distribution network system. The results of the analysis are for the projected population in 2038 is 155.289 people with a water demand discharge in Sukodono District of 0,166 m³/s and the type of pipe used is HDPE with a diameter of 2 inches to 14 inches. The available discharge from the Water Treatment Plant (WTP) in Tawang Sari, Sidoarjo is 0.180 m³ / s so that this discharge is able to fulfil the discharge of water needs in Sukodono District.

Keywords : clean water; discharge requirements; pipe network; planning

1. PENDAHULUAN

Capaian akses air bersih pada Kabupaten Sidoarjo masih terbilang rendah dikarenakan masih banyaknya kecamatan maupun desa – desa di Kabupaten Sidoarjo yang belum teraliri air bersih melalui PDAM. Saat ini sumber air yang masih dominan digunakan di wilayah ini berasal dari mata air Umbulan, Pasuruan. Selain itu, sumber air yang digunakan oleh masyarakat rata – rata berasal dari sumur. Upaya untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan capaian akses air bersih di Kabupaten Sidoarjo dilakukan dengan merencanakan jaringan pipa air bersih. Adapun tujuan dari perencanaan jaringan pipa air bersih di Kecamatan Sukodono

untuk mengetahui jumlah proyeksi penduduk pada tahun 2038, mengetahui besar debit kebutuhan rencana pada Kecamatan Sukodono, menggambarkan skema jaringan pipa air bersih dan menghitung rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan jaringan air bersih.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Perencanaan jaringan air bersih terletak pada Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Wilayah ini berbatasan langsung dengan:

- Utara : Kecamatan Taman
- Selatan : Kecamatan Sidoarjo

- Timur : Kecamatan Buduran
- Barat : Kecamatan Krian



Gambar 3. 1 Peta Kabupaten Sidoarjo

2.2 Metode Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan berupa jumlah penduduk dan jumlah fasilitas umum yang bisa didapatkan melalui Badan Pusat Statistik untuk tahun 2014 – 2023. Peta topografi didapatkan melalui situs Geospasial. Data debit sumber air yang digunakan diperoleh melalui PDAM Sidoarjo pada tahun 2023 sebesar 0,180 m³/dtk dan harga satuan bahan dan upah yang mengacu pada hspk Kabupaten Sidoarjo tahun 2022.

2.3 Metode Pengolahan Data

1. Peta topografi

Peta topografi digunakan untuk mendesain *layout* jaringan pipa. Kemudian penggambaran skema jaringan pipa berdasarkan *layout* yang telah didesain dilengkapi dengan keterangan hasil debit perhitungan dan peletakan node – node pipa.

2. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dan fasilitas umum

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk membutuhkan data jumlah penduduk sebelum tahun proyeksi. Berikut merupakan salah satu data penduduk sebelum tahun proyeksi yang direncanakan.

Tabel 3. 1 Data Penduduk Kecamatan Sukodono tahun 2023

Desa	Jumlah Penduduk
Wilayat	3473
Kebongagung	11872
Anggaswangi	5682
Jumputrejo	8344
Suruh	3475
Pekarungan	8436
Pademonegoro	4494
Cangkringsari	4339
Jogosatru	3165

Desa	Jumlah Penduduk
Ngaresrejo	2761
Sambungrejo	4325
Plumbungan	3434
Sukodono	8501
Kloposepuluh	5508
Masangan wetan	3359
Suko	12754
Masangan kulon	12617
Panjunan	3418
Bangsri	4388

Sumber: Badan Pusat Statistik Sidoarjo 2014 – 2023

Dari data tersebut digunakan pada perhitungan tingkat pertumbuhan penduduk, proyeksi jumlah penduduk dan standar deviasi.

a. Rasio tingkat pertumbuhan penduduk

$$r = \frac{\Sigma \text{penduduk tahun akhir} - \Sigma \text{penduduk tahun awal}}{\Sigma \text{penduduk tahun awal}} \quad (1)$$

$$r_{\text{rata-rata}} = \frac{\Sigma r}{\text{jumlah data}} \quad (2)$$

b. Proyeksi jumlah penduduk

1. Metode Aritmatik

$$P_t = P_o (1 + (n \times r)) \quad (3)$$

2. Metode Geometrik

$$P_t = P_o \times (1 + r)^n \quad (4)$$

3. Metode Eksponensial

$$P_t = P_o \times e^{r \cdot n} \quad (5)$$

Keterangan:

P_t = Jumlah penduduk pada akhir periode t (orang)

P_o = Jumlah penduduk pada awal periode t (orang)

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

n = Tahun proyeksi

c. Standar Deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\Sigma (\bar{x}_i - x_r)^2}{(n-1)}} \quad (6)$$

Keterangan:

SD = Standar deviasi

X_r = Rata – rata jumlah penduduk (orang)

X_i = Jumlah penduduk pada tahun ke – i (orang)

n = Jumlah data tahun perencanaan

Dimana nilai standar deviasi dipilih nilai terkecil dari ketiga metode tersebut yang nantinya akan dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air domestik. Sedangkan data fasilitas umum hanya menggunakan data tahun 2023

yang digunakan untuk perhitungan proyeksi fasilitas umum.

$$\frac{\text{Fasilitas tahun proyeksi}}{\text{Fasilitas tahun awal}} = \frac{\text{Penduduk tahun proyeksi}}{\text{Penduduk tahun awal}} \quad (7)$$

3. Perhitungan Debit Kebutuhan

Perhitungan debit kebutuhan terdiri dari kebutuhan domestik, non domestik, kehilangan air, kebutuhan air rata-rata, kebutuhan hari maksimum dan kebutuhan jam puncak.

a. Kebutuhan domestik (Qd)

- Sambungan Rumah
 $SR = \text{Jmlh. Penduduk} \times \text{Konsumsi SR} \times SR\% \quad (8)$

- Hidran Umum
 $HU = \text{Jmlh. Penduduk} \times \text{konsumsi HU} \times HU\% \quad (9)$

Sehingga untuk total kebutuhan air domestik yakni:

$$Qd = SR + HU \quad (10)$$

Keterangan:

Qd = Kebutuhan air domestik (m³/dtk)

Tabel 2. 1 Kebutuhan Air Bersih Domestik

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	>20.000
	Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
Konsumsi unit sambung rumah (SR) lt/org/hari	190	170	130	100	80
Konsumsi unit hidran umum (HU) lt/org/hari	30	30	30	30	30
Konsumsi non domestik lt/org/hari (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
Faktor hari maksimum	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Faktor jam puncak	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
Jumlah jiwa per Hu	100	100	100	100	100
Sisa tekanan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
Jam operasi	24	24	24	24	24
Volume Reservoir (%)	20	20	20	20	20
SR Hu	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80-20	70-30	70-30

Sumber: Ditjen Cipta Karya Dep PU, 2000

b. Kebutuhan non domestik (Qnd)

$$Qnd = \Sigma \text{fasilitas umum} \times \text{Nilai Konsumsi} \quad (11)$$

Keterangan:

Qnd = Kebutuhan air non domestik (m³/dtk)

Nilai konsumsi untuk kebutuhan air non domestik ini terbagi dalam beberapa kategori yakni kategori I (metropolitan), kategori II (kota besar), kategori III (kota sedang), kategori IV (kota kecil) dan kategori V (desa).

Tabel 2. 2 Kebutuhan Air Bersih Non Domestik Kategori I, II, III dan IV

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	10	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	2000	Liter/hari
Masjid	3000	Liter/hari
Kantor	10	Liter/pegawai/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Hotel	150	Liter/bed/hari
Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
Kompleks Militer	60	Liter/orang/hari
Kawasan Industri	0.2-0.8	Liter/detik/hari
Kawasan Pariwisata	0.1-0.3	Liter/detik/hari

Tabel 2. 3 Kebutuhan Air Bersih Non Domestik Kategori V

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/hari
Hotel/losmen	90	Liter/hari
Komersial/Industri	0.2-0.8	Liter/hari

Sumber: Ditjen Cipta Karya Dep PU, 2000

c. Kehilangan air (Qha)

$$Qha = 15\% \times (Qd + Qnd) \quad (12)$$

Keterangan:

Qd = kebutuhan domestik (m³/dtk)

Qnd = kebutuhan non domestik (m³/dtk)

d. Kebutuhan air rata – rata (Qr)

$$Qr = Qd + Qnd + Qha \quad (13)$$

Keterangan:

Qd = Kebutuhan domestik (m³/dtk)

Qnd = Kebutuhan non domestik (m³/dtk)

Qha = Kehilangan air (m³/dtk)

e. Kebutuhan hari maksimum (Qmax)

$$Qmax = Fmax \times Qr \quad (14)$$

Keterangan:

Fmax = Faktor hari maksimum = 1,1

Qr = Kebutuhan air rata – rata (m³/dtk)

f. Kebutuhan jam puncak (Qpeak)

$$Qpeak = Fpeak \times Qr \quad (15)$$

Keterangan:

Fpeak = Faktor jam puncak = 1,5

Qr = Kebutuhan air rata – rata (m³/dtk)

Setelah perhitungan kebutuhan air rencana didapatkan akan dianalisis dengan debit sumber air yang tersedia, apakah debit tersedia mampu untuk memenuhi debit kebutuhan air rencana atau tidak.

4. Perhitungan dimensi pipa

Dimensi pipa diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus *Hazen-William* yang memerlukan data berupa beda tinggi, jenis pipa yang digunakan dan diameter pipa yang diperlukan.

a. Diameter Pipa

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times S^{0,54}} \right)^{1/2,63} \quad (16)$$

Keterangan:

- D = Diameter pipa (m)
- Q = Debit yang mengalir pada pipa (m³/detik)
- C = Koefisien kekasaran pipa
- S = Kemiringan hidraulis

Tabel 2. 4 Koefisien Kekasaran *Hazen - William*

Jenis Pipa	Nilai
<i>New Cast Iron</i>	130 - 140
<i>Concrete or Concrete Lined</i>	120 - 140
<i>Galvanized Iron</i>	120
<i>Plastic</i>	140 - 150
<i>Steel</i>	140 - 150
<i>Vetivield Clay</i>	110

Sumber: SNI 7509:2011

b. Kemiringan Pipa

$$S = \frac{\text{Elv.Pipa Hulu} - \text{Elv.Pipa Hilir}}{\text{Panjang Pipa}} \quad (17)$$

c. Kecepatan Aliran Ijin

Menurut permen PUPR 18/PRT/M/2007 kecepatan aliran ijin pipa terbagi menjadi dua yakni untuk kecepatan minimum 0,3 – 0,6 m/dtk dan maksimum 3,0 – 4,5 m/dtk.

5. Analisis Hidrolika

Perhitungan analisis hidrolika menggunakan persamaan *Hazen – William* untuk mencari nilai kehilangan tekan pada pipa, elevasi pipa dan tinggi energi serta sisa tekan pada pipa serta kontrol kecepatan dan debit aliran pada pipa. (Abdul Gaus, Ichsan, 2016)

a. Kehilangan Energi (Hf)

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,278 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \quad (18)$$

Keterangan:

- Hf = Kehilangan energi (m)
- D = Diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)
- C = Nilai koefisien kekasaran pipa menurut *Hazen – William* (Pada **Tabel 2.4**)
- Q = Debit (m³/dtk)

b. Elevasi Pipa dan Tinggi Energi

Pada elevasi pipa maupun tinggi energi akan dicari nilai bagian hulu dan hilir, dimana rumus sebagai berikut:

- Elevasi pipa hulu
= El. tanah hulu – Kedalaman galian pipa (19)

- Elevasi pipa hilir
= El. pipa hulu – (S × panjang pipa) (20)

Dimana untuk elevasi tinggi energi menggunakan persamaan Bernoulli yakni:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f \quad (21)$$

Keterangan:

- Z₁, Z₂ = Ketinggian air dari bidang referensi (m)
- V₁, V₂ = Kecepatan aliran (m/dtk)
- P₁, P₂ = Tekanan (m)
- γ = Berat jenis air (kg/m³)
- g = gravitasi (m/dtk²)
- Hf = Kehilangan energi (m)

Apabila bagian hulu berada pada *reservoir* maka untuk mencari tinggi energi sebagai berikut:

- Elevasi tinggi energi hulu
= El pipa hulu + Tinggi muka air di *reservoir* (22)

c. Sisa Tekan
= El tinggi energi hulu – El tinggi energi hilir (23)

d. Kontrol Kecepatan dan Debit
- Kontrol kecepatan
= Q/A (24)

- Kontrol debit
= V × A (25)

Keterangan:

- Q = Debit (m³/dtk)
- V = Kecepatan (m/dtk)
- A = Luas penampang (m²)

6. Kebutuhan pompa

Jumlah kebutuhan pompa disesuaikan dengan nilai sisa tekan dalam pipa. Apabila nilai sisa tekan di bawah 10 m maka perlu penggunaan pompa agar dapat menaikkan nilai sisa tekan pada pipa.

7. Desain *Reservoir*

Dimensi *reservoir* ini ditentukan berdasarkan perhitungan volume kebutuhan air bersih yang akan ditampung.

8. Perhitungan anggaran biaya

Untuk menghitung rencana anggaran biaya perlu menggunakan acuan harga satuan bahan dan upah serta menghitung volume pekerjaan pada setiap item pekerjaan dalam perencanaan jaringan pipa air bersih ini. Sehingga setelah harga satuan dan volume pekerjaan didapatkan maka dapat menghitung anggaran biaya yakni sebagai berikut:

$$RAB = \Sigma (\text{vol pekerjaan} \times \text{harga sat. pekerjaan}) \quad (26)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Perhitungan proyeksi dimulai dari memperhitungkan tingkat pertumbuhan penduduk untuk setiap tahunnya

berdasarkan **Rumus (1)** sehingga didapatkan hasil untuk tingkat pertumbuhan penduduk pada Kecamatan Sukodono sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Tingkat Pertumbuhan Penduduk di Kecamatan

Sukodono	
Desa	r
Wilayut	0,0068
Kebonagung	0,0061
Anggaswangi	0,0370
Jumputrejo	0,0360
Suruh	0,0151
Pekarungan	0,0059
Pademonegoro	0,0077
Cangkringsari	0,0198
Jogosatru	0,0040
Ngaresrejo	0,0252
Sambungrejo	0,0040
Plumbungan	0,0103
Sukodono	0,0064
Kloposepuluh	0,0235
Masangan Wetan	0,0533
Suko	0,0050
Masangan Kulon	0,0061
Panjunan	0,0135
Bangsri	0,0392

Setelah didapatkan untuk rasio tingkat pertumbuhan setiap desa dilanjutkan dengan menghitung proyeksi jumlah penduduk berdasarkan **Rumus (3), (4) dan (5)** dan didapatkan hasil perhitungan proyeksi penduduk sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Proyeksi Penduduk di Kecamatan Sukodono tahun 2038

No	Desa	Jumlah Proyeksi Penduduk 2038		
		Aritmatika	Geometrik	Eskponensial
1	WILAYUT	3835	3852	3854
2	KEBONAGUNG	13280	13329	13333

Tabel 3. 3 Proyeksi Fasilitas Umum di Kecamatan Sukodono tahun 2038

DESA	TK (Unit)	SD (Unit)	SMP/MTS (Unit)	SMA/MA (Unit)	SMK (Unit)	Rumah Sakit (Unit)	Puskesmas (Unit)	Masjid (Unit)
Wilayut	1	1	0	0	0	0	0	1
Kebonagung	9	5	0	0	0	2	0	7
Anggaswangi	3	3	2	2	0	0	2	5
Jumputrejo	12	5	0	0	0	0	0	14
Suruh	2	2	1	0	0	0	0	5
Pekarungan	8	4	1	0	1	0	0	5
Pademonegoro	4	2	1	0	0	0	0	2
Cangkringsari	7	5	0	0	0	0	0	5
Jogosatru	4	3	0	0	0	0	1	5
Ngaresrejo	3	1	0	0	0	0	0	7
Sambungrejo	4	2	1	0	0	0	0	4
Plumbungan	2	2	1	0	0	0	1	7
Sukodono	3	3	0	0	0	0	0	4
Kloposepuluh	7	7	0	0	0	0	0	5
Masangan Wetan	2	2	2	0	0	0	2	9
Suko	6	2	1	1	0	0	1	6
Masangan Kulon	8	2	0	0	0	0	0	9
Panjunan	2	4	1	1	1	0	0	4
Bangsri	6	3	3	2	2	0	0	5

3.3 Analisis Kebutuhan Air

Pada analisis kebutuhan air akan dihitung kebutuhan domestik, non-domestik, kehilangan air, debit saat hari

3	ANGGASWANGI	9794	10860	10969
4	JUMPUTREJO	16094	17762	17932
5	SURUH	4762	4862	4797
6	PEKARUNGAN	9578	9610	9613
7	PADEMONEGORO	5317	5347	5350
8	CANGKRINGSARI	6636	6866	6886
9	JOGOSATRU	3424	3430	3430
10	NGARESREJO	4681	4935	4958
11	SAMBUNGREJO	4710	4717	4718
12	PLUMBUNGAN	4338	4382	4385
13	SUKODONO	9531	9570	9573
14	KLOPOSEPULUH	9047	9478	9517
15	MASANGANWETAN	9224	11169	11401
16	SUKO	13225	13259	13261
17	MASANGANKULON	13822	13822	13826
18	PANJUNAN	4590	4668	4668
19	BANGSRI	9220	10339	10456
	Standar Deviasi	39273	41083	41252

Dari hasil perhitungan jumlah proyeksi penduduk maka dilanjutkan dengan menghitung standar deviasi dari setiap metode untuk setiap desanya berdasarkan **Rumus (6)**. Hasil standar deviasi yang telah dihitung maka dipilih nilai yang paling kecil, sehingga jumlah proyeksi penduduk yang akan digunakan untuk perhitungan kebutuhan air dari metode aritmatik dimana jumlah penduduk dapat dilihat pada **Tabel 3.2**

3.2 Proyeksi Jumlah Fasilitas Umum

Perhitungan jumlah fasilitas umum diperlukan untuk mengetahui jumlah kebutuhan non-domestik. Perhitungan jumlah proyeksi fasilitas umum merujuk pada **Rumus (7)** sehingga hasil proyeksi untuk fasilitas umum yang diberikan pada tabel berikut ini:

maksimum hingga jam puncak. Dengan adanya jumlah proyeksi penduduk maka sebagai contoh perhitungan kebutuhan air di Desa Wilayut yakni:

1. Kebutuhan Domestik (Qd)

Perhitungan kebutuhan domestik berdasarkan **Rumus (8)**, sebagai contoh hasil menggunakan rumus tersebut pada Desa Wilayat yakni sebesar $0,003 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

2. Kebutuhan Non-Domestik (Qnd)

Perhitungan kebutuhan non domestik menggunakan **Rumus (11)**, dimana sebagai contoh hasil menggunakan rumus tersebut pada fasilitas umum di Desa Wilayat yakni sekolah sebesar $0,0001 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan masjid sebesar $0,00011 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

3. Kehilangan Air (Qha)

Persentase kehilangan air didapatkan pada **Tabel 2.1** yang digunakan pada **Rumus (12)** sehingga hasil untuk kehilangan air pada Desa Wilayat sebesar $0,00048 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

4. Kebutuhan Air Rata – Rata (Qr)

Perhitungan kebutuhan air rata – rata didapatkan dari penjumlahan kebutuhan domestik, kebutuh non domestik dan kehilangan air seperti **Rumus (13)** sehingga di Desa Wilayat hasil yang didapatkan sebesar $0,003 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

5. Kebutuhan Hari Maksimum

Perhitungan kebutuhan hari maksimum menggunakan **Rumus (14)** dengan nilai faktor untuk hari maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.1**. Sehingga nilai kebutuhan hari maksimum di Desa Wilayat sebesar $0,004 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

6. Kebutuhan Jam Puncak

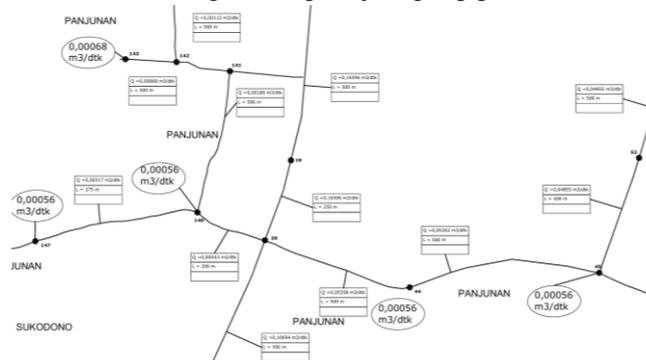
Kebutuhan jam puncak menggunakan **Rumus (15)** dengan nilai faktor untuk jam puncak dapat dilihat pada **Tabel 2.1**. Sehingga nilai kebutuhan jam puncak pada Desa Wilayat sebesar $0,006 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Setelah menghitung kebutuhan air pada setiap desa di Kecamatan Sukodono maka didapatkan total kebutuhan air dalam satu kecamatan yakni sebesar $0,166 \text{ m}^3/\text{detik}$. Tahap selanjutnya dilakukan perbandingan antara debit yang tersedia dengan debit kebutuhan rencana. Untuk debit sumber air yang tersedia dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) diketahui sebesar $0,180 \text{ m}^3/\text{detik}$. Sehingga setelah dianalisis debit tersedia mampu mencukupi debit kebutuhan di Kecamatan Sukodono.

3.4 Layout dan Skema Jaringan Pipa

Peletakan jaringan pipa yang direncanakan ini mengikuti jalanan yang melewati daerah yang dilayani mulai dari hulu hingga ke hilirnya. Dalam perencanaan jaringan pipa, menggunakan sistem jaringan distribusi dengan pola cabang (*branch*). Jenis pipa yang digunakan

yakni pipa HDPE sebab jenis pipa ini tahan lama dan ringan, tahan terhadap korosi dan juga keretakan sehingga sesuai untuk digunakan pada jaringan pipa air bersih.



Gambar 3.1 Skema Jaringan Pipa Air Bersih di Kecamatan Sukodono

3.5 Analisis Hidrolika

Perhitungan analisis hidrolika digunakan untuk mencari nilai kehilangan tekan, elevasi pipa dan tinggi energi, sisa tekan dan kontrol kecepatan serta debit dalam pipa.

1. Kehilangan Energi (Hf)

Perhitungan untuk mencari Hf menggunakan **Rumus (18)** sehingga didapatkan nilai Hf pada node R - 1 yakni $0,473 \text{ m}$.

2. Elevasi pipa dan tinggi energi

Perhitungan untuk mencari elevasi pipa hulu dan hilir menggunakan **Rumus (19) dan (20)** sehingga elevasi pipa hulu dan hilir pada node R – 1 yakni 9 m dan 8 m . Kemudian untuk elevasi tinggi energi hulu dan hilir pada node R - 1 menggunakan **Rumus (21)** untuk bagian hilir dan **Rumus (22)** untuk hulu sehingga didapatkan nilai yakni $16,000 \text{ m}$ dan $8,196 \text{ m}$.

3. Sisa Tekan

Nilai sisa tekan pada node R – 1 didapatkan berdasarkan penggunaan **Rumus (23)** sehingga nilai sisa tekan didapatkan sebesar $7,804 \text{ m}$. Dimana nilai tersebut tidak memenuhi kriteria sehingga perlu ditambahkan pompa yang dapat menaikkan nilai sisa tekan dan disesuaikan dengan kapasitas debit air sehingga perhitungan nilai sisa setelah ditambahkan pompa yakni sebesar $67,804 \text{ m}$.

4. Kontrol kecepatan dan debit

Kecepatan aliran pada pipa perlu di kontrol menggunakan **Rumus (24)** sehingga nilai kontrol kecepatan aliran yakni $1,727 \text{ m/dtk}$. Dimana nilai tersebut memenuhi syarat kecepatan aliran ijin dalam pipa yakni $0,3 - 3,0 \text{ m/dtk}$. Kemudian untuk kontrol debit aliran menggunakan **Rumus (25)** didapatkan hasil yakni $0,166 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Dimana nilai kontrol debit sama dengan debit aliran pada pipa.

3.6 Simulasi dan analisis jaringan pipa menggunakan WaterCAD

Jaringan pipa air bersih yang direncanakan berdasarkan perhitungan manual akan disimulasikan dan dianalisis melalui aplikasi WaterCAD dimana untuk mengetahui dan mengecek apakah kondisi aliran air yang ada dalam perpipaan teraliri dengan baik atau tidak.

Tabel 3. 4 Hasil *running* dari aplikasi WaterCAD

Label	Elevation (m)	Demand Collection	Demand (m ³ /s)	Pressure (bars)
J-1	9.00	<Collection:	0.04151	7
J-1A	9.56	<Collection:	0.04151	6
J-2	9.00	<Collection:	0.04151	6
J-3	9.00	<Collection:	0.04151	6
J-4	8.00	<Collection:	0.04151	6
J-5	8.00	<Collection:	0.04151	6
J-6	8.00	<Collection:	0.04151	5
J-8	7.00	<Collection:	0.04151	5

Dalam penggunaan aplikasi ini terlebih dahulu memasukkan data – data yang dibutuhkan berupa debit air setiap node yang ada dalam jaringan perpipaan, diameter pipa yang digunakan, elevasi setiap node, faktor pemakaian air selama 24 jam dan skema jaringan yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian setelah dimasukkan seluruh data yang dibutuhkan maka bisa dilakukan *running* untuk mengetahui hasil seperti pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3. 5 Sisa Tekan dari Hasil Perhitungan

Pipa	Elevasi Tanah		Debit		Sisa Tekan
	Hulu	Hilir	(lt/dt)	(m3/dt)	
R - 1	10	9	166,05	0,16605	67,804
1 - 2	9	9	166,05	0,16605	67,698
2 - 3	9	9	166,05	0,16605	66,324
3 - 4	9	8	166,05	0,16605	66,531
4 - 5	8	8	166,05	0,16605	65,083
5 - 6	8	8	166,05	0,16605	63,497
6 - 7	8	8	166,05	0,16605	61,243
7 - 8	8	8	166,05	0,16605	59,314

Setelah mengetahui hasil *running* dari aplikasi WaterCAD ini maka bisa dilakukan perbandingan dan dicek apakah hasil dari perhitungan manual yang telah dilakukan dan hasil dari aplikasi WaterCAD sama atau berbeda jauh untuk nilai sisa tekannya. Dari **Tabel 3.4** dan **Tabel 3.5** bisa dilihat bahwa antara hasil perhitungan manual yang dilakukan melalui *excel* hanya memiliki selisih yang sedikit dengan hasil *Running* dari WaterCAD.

3.7 Desain Reservoir

Dalam pembuatan *reservoir* perlunya menghitung dimensi yang dapat menampung besarnya volume kebutuhan air bersih.

Tabel 3. 6 Fluktuasi Pemakaian Air

Jam	Suplai Air (Liter)	Pemakaian		Surplus Air (Liter)	Defisit (Liter)
		Faktor	Liter		
0 - 1	597600	0,3	179280	418320	0
1 - 2	597600	0,37	221112	376488	0
2 - 3	597600	0,45	268920	328680	0
3 - 4	597600	0,64	382464	215136	0
4 - 5	597600	1,5	896400	0	-298800
5 - 6	597600	2	1195200	0	-597600
6 - 7	597600	1,6	956160	0	-358560
7 - 8	597600	1,3	776880	0	-179280
8 - 9	597600	1,27	758952	0	-161352

9	-	10	597600	1,1	657360	0	-59760
10	-	11	597600	1,07	639432	0	-41832
11	-	12	597600	1,03	615528	0	-17928
12	-	13	597600	0,98	585648	11952	0
13	-	14	597600	1,05	627480	0	-29880
14	-	15	597600	1,18	705168	0	-107568
15	-	16	597600	1,2	717120	0	-119520
16	-	17	597600	1,3	776880	0	-179280
17	-	18	597600	1,7	1015920	0	-418320
18	-	19	597600	1,25	747000	0	-149400
19	-	20	597600	0,98	585648	11952	0
20	-	21	597600	0,62	370512	227088	0
21	-	22	597600	0,45	268920	328680	0
22	-	23	597600	0,37	221112	376488	0
23	-	24	597600	0,25	149400	448200	0

1. Perhitungan suplai air

$$\begin{aligned} \text{Suplai air} &= \text{Debit kebutuhan rencana} \\ &= 0,166 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= 597600 \text{ lt/jam} \end{aligned}$$

2. Perhitungan jumlah pemakaian

Pada jam 00.00 – 01.00

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pemakaian} &= \text{Suplai air} \times \text{Faktor} \\ &\text{pemakaian} \\ &= 597600 \times 0,3 \\ &= 179280 \text{ lt} \end{aligned}$$

3. Perhitungan surplus dan defisit

Pada jam 00.00 – 01.00

$$\begin{aligned} \text{Surplus} &= \text{Suplai air} - \text{jumlah pemakaian} \\ &= 597600 - 179280 \\ &= 418320 \end{aligned}$$

Pada jam 04.00 – 05.00

$$\begin{aligned} \text{Defisit} &= \text{Suplai air} - \text{jumlah pemakaian} \\ &= 597600 - 896400 \\ &= -298800 \end{aligned}$$

4. Perhitungan volume *reservoir* yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{volume reservoir} &= \frac{\text{Total Surplus} + \text{Total Defisit}}{2} \\ &= \frac{2742984 + 2719080}{2} \\ &= 2731032 \text{ lt} \\ &= 2731,032 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi *reservoir*

$$\text{Panjang} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi reservoir} &= p \times l \times t \\ &= 20 \times 20 \times 7 \\ &= 2800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3.8 Kebutuhan Pompa

Akibat adanya nilai sisa tekan pada pipa yang tidak memenuhi maka ditambahkan sebuah pompa agar mampu menaikkan nilai dari sisa tekan tersebut dengan tujuan agar air yang melewati pipa tersebut bisa teraliri dengan lancar dan baik. Berikut merupakan spesifikasi pompa yang digunakan untuk menaikkan nilai sisa tekan yang ada pada perencanaan jaringan pipa air bersih.

Tabel 3. 7 Spesifikasi Pompa

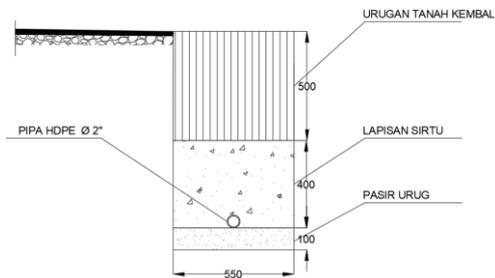
Penempatan pompa berada dekat dengan *reservoir* sebanyak 2 pompa dan pada 3 titik percabangan pipa (node 101 – 105, 230 – 232 dan 41- 294 dimana masing – masing node percabangan ini terdapat 2 pompa).

3.9 Rencana Anggaran Biaya

Dalam perhitungan rencana anggaran biaya terlebih dahulu memperhitungkan volume pekerjaan yang ada pada setiap item pekerjaan dan menghitung untuk satuan harga yang mengacu pada analisis harga satuan bahan dan upah Kabupaten Sidoarjo.

1. Volume pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan harus disesuaikan dengan gambar rencana yang telah dikerjakan sebelumnya. Untuk perhitungan volume pekerjaan pada pemasangan pipa HDPE Ø2:



Gambar 3. 2 Pekerjaan Galian Tanah untuk Pipa HDPE 2”

a. Perhitungan volume galian tanah pipa HDPE 2”

Diketahui untuk panjang pipa = 13.838 m
 Volume galian tanah = $p \times l \times t$
 = $13838 \times 0,55 \times 1$
 = $11762,30 \text{ m}^3$

b. Perhitungan volume timbunan pasir

Volume urugan pasir = $p \times l \times t$
 = $13838 \times 0,55 \times 0,1$
 = $1176,23 \text{ m}^3$

c. Perhitungan volume timbunan sirtu

Volume lapisan sirtu = $p \times l \times t$
 = $13838 \times 0,55 \times 0,4$
 = $4704,92 \text{ m}^3$

d. Perhitungan urugan tanah kembali

Vol urugan tanah Kembali = $p \times l \times t$
 = $13838 \times 0,55 \times 0,5$
 = $3805,45 \text{ m}^3$

2. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Perhitungan analisis harga satuan pekerjaan ini untuk mengetahui satuan harga dalam tenaga kerja maupun bahan dan alat yang digunakan sehingga nantinya akan didapatkan harga satuan pekerjaan pada suatu item pekerjaan yang dilaksanakan. Berikut untuk contoh perhitungan analisis harga satuan pada pekerjaan pemasangan pipa HDPE Ø2:

a. Harga tenaga kerja pada bagian pemasangan:

Merk	Ebara
Tipe	GS 200-400
Head pompa	60m
Daya	90 Kw
Kapasitas	22000 lt/menit
	0.377 m ³ /dtk
Jumlah pompa	8 Buah

Pekerja = Koef. tenaga × Harga Satuan Upah
 = $0,035 \times \text{Rp } 99.000$
 = Rp 3.465

Tukang Pipa = Koef. tenaga × Harga Satuan Upah
 = $0,017 \times \text{Rp } 105.000$
 = Rp 1.785

Mandor = Koefisien tenaga × Harga Satuan Upah
 = $0,003 \times \text{Rp } 120.000$
 = Rp 360

Jumlah harga tenaga kerja sebesar Rp 5.610

b. Bahan

Pipa HDPE 2” = Koef. Bahan × Harga satuan bahan
 = $1 \times \text{Rp } 12.300$
 = Rp 12.300

Jumlah harga bahan sebesar Rp 12.300

c. Alat

Handle Crane 2T = Koef. alat × Harga satuan alat
 = $0,019 \times 185.000$
 = Rp 3.515

Jumlah harga alat sebesar Rp 3.515

Sehingga setelah dihitung harga satuan dari tenaga kerja, bahan dan alat lalu dijumlahkan untuk keseluruhan biayanya. Selanjutnya jumlah seluruh biaya tersebut dikalikan dengan nilai keuntungan dan biaya *Overhead*:

Harga total = Rp 5.610 + Rp 12.300 + Rp 3.515
 = Rp 21.425

Harga total × 15% = Rp 21.425 × 15%
 = Rp 3.214

Harga satuan pekerjaan = Rp 21.425 + Rp 3.214
 = Rp 24.639

Tabel 3. 8 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Pemasangan 1m Pipa HDPE Ø50mm				
I	Tenaga Kerja			
	Pekerja	OH	0,035	Rp 99.000
	Tukang pipa	OH	0,017	105.000
	Mandor	OH	0,003	120.000
				Rp 360
				Jumlah Harga Tenaga Kerja
				Rp 5.610
II	Bahan			
	Pipa HDPE Ø50mm	m	1,000	Rp 12.300
				Rp 12.300
				Jumlah Harga Bahan
				Rp 12.300
III	Peralatan			
	Sewa tripot/tackel & handle crane 2T	Hari	0,019	Rp 185.000
				Rp 3.515
				Jumlah Harga Alat
				Rp 3.515
				Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan
				Rp 21.425
				Overhead + profit (15%)
			15%	Rp 3.214
				Harga Satuan Pekerjaan
				Rp 24.639

3. Rencana Anggaran Biaya

Setelah didapatkan volume pekerjaan pada setiap item pekerjaan yang ada dan harga satuan dari setiap pekerjaan maka selanjutnya dapat dihitung untuk rencana anggaran biaya. Sebagai contoh perhitungan total harga dari pekerjaan pemasangan pipa HDPE 2" sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga} &= \text{Volume pekerjaan} \times \text{AHSP} \\ &= 13.838 \times \text{Rp } 24.639 \\ &= \text{Rp } 340.951.023 \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut dilakukan untuk setiap item pekerjaan yang ada pada jaringan pipa air bersih. Sehingga total rencana anggaran biaya sebesar Rp 26.398.895.000,00.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan sebelumnya didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2038 yakni sejumlah 155.289 jiwa.
2. Debit kebutuhan yang direncanakan pada Kecamatan Sukodono pada tahun 2038 sebesar 0,166 m³/detik.
3. Sistem jaringan perpipaan yang direncanakan pada Kecamatan Sukodono yakni sistem jaringan distribusi dengan pola cabang (*branch*).
4. Rencana anggaran biaya yang dikeluarkan untuk perencanaan jaringan pipa air bersih di Kecamatan Sukodono yakni sebesar Rp 26.398.895.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI 7509:2011, Tata Cara Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Pengarang.
- [2] Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo 2015 - 2024, *Kecamatan Sukodono Dalam Angka 2015*, Sidoarjo: Pengarang.
- [3] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18/PRT/M/2007, *Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*, Jakarta: Pengarang.
- [4] Ditjen Cipta Karya. 2000. *Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU*. Jakarta: Dinas Pembangunan Umum.
- [5] Abdul Gaus, Ichsan. (2016), *Dasar - Dasar Hidrolika*, Deepublish, Yogyakarta.