

ANALISIS SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM GAMONGAN I DI KABUPATEN BANGLI

I Putu Dwikarna Putra^{1*}, I Ketut Soriarta²

¹ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

² Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Ngurah Rai

*Email: dwikarna.sda@pnb.ac.id

ABSTRAK: Di wilayah Kayubihi terdapat tiga mata air utama yang dimanfaatkan sebagai sumber SPAM Gamongan I. Lokasinya yang berada di tepi sungai menjadikan jaringan pipa transmisi rentan terhadap kerusakan akibat banjir bandang maupun longsor saat musim hujan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi permasalahan eksisting SPAM Gamongan I serta menilai efektivitas relokasi jalur transmisi sebagai langkah mitigasi terhadap gangguan pelayanan. Metode penelitian menggunakan kombinasi data primer dan sekunder yang dianalisis dengan perangkat lunak EPANET 2.2 untuk memodelkan kondisi hidraulik jaringan pipa. Analisis difokuskan pada pola aliran, distribusi tekanan, dan kinerja reservoir beserta elemen pendukung. Hasil perhitungan neraca air menunjukkan debit sumber tetap sebesar 60 liter/detik, sedangkan kebutuhan air meningkat sehingga menimbulkan defisit mulai tahun 2069. Perhitungan desain mencakup reservoir berkapasitas 1.050 m³ dan pompa *submersible* dengan *head* 144 m serta daya 115 kW. Analisis hidraulik memperlihatkan kehilangan energi sebesar 31,05 m/km pada sistem pompa dan 18,8 m/km pada sistem gravitasi, dengan tekanan maksimum 14,1 bar serta kecepatan aliran 1,91 m/dtk, yang masih sesuai standar. Jaringan perpipaan menggunakan pipa berdiameter 200 mm dengan dua material, yaitu galvanis sepanjang 497,88 m dan PVC sepanjang 3.271,41 m. Hasil penelitian menegaskan pentingnya perencanaan pipa, kapasitas pompa, dan reservoir untuk menjamin keberlanjutan layanan air bersih di masa depan.

Kata kunci: Sistem Penyediaan Air Minum, Tekanan, Reservoir, Pompa.

ABSTRACT: In Kayubihi Village, three main springs are utilized as the water sources for SPAM Gamongan I. Their location along the riverbank makes the transmission pipeline vulnerable to damage from flash floods and landslides during the rainy season. This study aims to identify existing problems in SPAM Gamongan I and to assess the effectiveness of relocating the transmission route as a mitigation strategy against service disruptions. Both primary and secondary data were analyzed using EPANET 2.2 to model the hydraulic conditions of the transmission pipeline system. The analysis focused on flow patterns, pressure distribution, and reservoir performance along with its supporting components. The water balance analysis indicated that the discharge remained constant at 60 L/s, while water demand increased, resulting in a projected deficit starting in 2069. The design calculations included a reservoir with a capacity of 1050 m³ and a submersible pump with a head of 144 m powered by a 115-kW motor. Hydraulic modeling revealed energy losses of 31.05 m/km in the pumping system and 18.8 m/km in the gravity system, with a maximum pressure of 14.1 bar and a flow velocity of 1.91 m/s, all of which meet technical standards. The transmission network consists of 200 mm diameter pipes, including 497.88 m of galvanized pipe and 3,271.41 m of PVC pipe. The findings emphasize the importance of proper planning of the pipeline network, pump capacity, and reservoir design to ensure the sustainability of clean water services in the future.

Keywords: Drinking Water Supply System, Pressure, Reservoir, Pump.

PENDAHULUAN

Air adalah kebutuhan dasar manusia yang keberadaannya sangat menentukan kualitas hidup masyarakat. Dalam banyak sistem penyediaan air minum (SPAM) di wilayah pedesaan, mata air seringkali dimanfaatkan sebagai sumber utama karena debitnya relatif stabil dan kualitasnya baik. Pemanfaatan sumber daya ini umumnya dirancang melalui pendekatan hidrolika, baik dengan sistem gravitasi yang memanfaatkan perbedaan elevasi maupun dengan bantuan pompa pada wilayah yang kondisi topografinya tidak memungkinkan, sehingga kontinuitas distribusi air bersih dapat terjamin secara berkelanjutan (Diana Harmayani et al., 2022).

Di wilayah Kayubihi, Kecamatan Bangli, terdapat tiga mata air utama yaitu Mata Air Gamongan 1A, Mata Air Gamongan 1B, dan Mata Air Goa Pelangi. Ketiga mata air ini terletak di tepi aliran sungai dengan posisi geografis di bawah jurang serta medan yang relatif terjal. Debit ketiga mata air tersebut sebesar 60lt/dt. Untuk memanfaatkan potensi air tersebut, dilakukan pembangunan *broncaptering* yang mengumpulkan debit dari ketiga mata air, kemudian dialirkan melalui pipa transmisi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Gamongan I dengan mengikuti alur sungai (Data Primer, 2025). Akan tetapi,

konfigurasi jalur transmisi yang berada dekat dengan sungai menyebabkan sistem ini rentan terhadap gangguan, terutama saat musim hujan. Kondisi curah hujan tinggi sering memicu terjadinya banjir bandang dan tanah longsor, sehingga tidak jarang pipa transmisi mengalami kerusakan akibat putus maupun tertimbun material longsor.

Permasalahan tersebut menuntut adanya upaya rekayasa teknis untuk meningkatkan keandalan sistem transmisi air. Salah satu solusi yang diusulkan adalah dengan memindahkan jalur pipa transmisi SPAM Gamongan I dari semula mengikuti alur sungai ke jalur alternatif di bagian atas, sejajar dengan jalan pedesaan. Dengan perubahan trase ini, diharapkan risiko kerusakan akibat bencana alam dapat diminimalisasi, sehingga kontinuitas suplai air bagi masyarakat dapat lebih terjamin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan eksisting pada SPAM Gamongan I serta mengevaluasi efektivitas solusi pemindahan jalur transmisi sebagai upaya mitigasi terhadap gangguan layanan.

Proyeksi Penduduk

Analisis kebutuhan air bersih pada wilayah tertentu erat kaitannya mengenai pelayanan jumlah penduduk. Oleh karena itu, diperlukan data penduduk minimal lima tahun terakhir sebagai dasar untuk melakukan proyeksi pertumbuhan penduduk. Analisis proyeksi ini umumnya dilakukan dengan metode geometrik, aritmatik, dan least square, sehingga diperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai tren pertumbuhan penduduk di masa mendatang (Soriarta & Putra, 2025). Hasil proyeksi penduduk tersebut kemudian menjadi acuan dalam memperkirakan kebutuhan air bersih jangka panjang, yang selanjutnya digunakan dalam penyusunan neraca air dan perencanaan sistem penyediaan air minum.

Kebutuhan Air Bersih

“Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak” (Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum, 2017). Selain itu, kebutuhan air bersih juga merupakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu komunitas, baik individu maupun kelompok, untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari sesuai standar kesehatan, kenyamanan, dan aktivitas sosial-ekonomi. Air bersih yang dimaksud yaitu air yang sesuai dengan standar mutu fisik, kimia, dan biologis sehingga aman digunakan untuk minum, memasak, mandi, mencuci, serta kegiatan domestik maupun non-domestik lainnya (Noperissa et al., 2018).

Neraca Air

Neraca air adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk menilai keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air pada suatu wilayah. Konsep ini menjadi penting dalam perencanaan sistem penyediaan air minum (SPAM), karena ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan akan menimbulkan defisit yang berpengaruh pada kontinuitas pelayanan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan sumber air tidak selalu mampu mengimbangi pertumbuhan kebutuhan akibat peningkatan jumlah penduduk. Sebagai contoh, hasil analisis di Desa Manikliyu, Kabupaten Bangli memperlihatkan bahwa proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2045 mencapai 2.576 jiwa dengan debit andalan sebesar 5 lt/dt. Namun, di tahun 2046 kebutuhan air diperkirakan sebesar 5,1 lt/dt, sehingga terjadi defisit air yang menandakan adanya ketidakseimbangan neraca air antara ketersediaan sumber dan kebutuhan konsumsi rumah tangga (Putra et al., 2025).

Reservoar

Reservoar berfungsi sebagai penyeimbang antara pasokan dan kebutuhan air, menjaga tekanan, serta menyuplai pada jam puncak penggunaan. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa reservoar S.Parman milik PDAM Bandarmasih mampu memenuhi kebutuhan distribusi air bersih dengan tekanan minimal 11,2 m sehingga masih sesuai standar teknis. Hasil tersebut menegaskan pentingnya reservoar dalam menjamin keandalan distribusi air bersih (Sofia et al., 2018).

Persamaan Bernoulli

Formulasi matematis yang digunakan untuk menggambarkan perilaku fluida tergolong kompleks, sehingga diperlukan sejumlah asumsi serta pendekatan eksperimental dalam penyelesaiannya secara teoritis. Konsep energi yang mendasari gerakan partikel fluida diturunkan dari persamaan gerak, dan menjadi salah satu landasan utama dalam analisis hidrolika. Persamaan energi ini dapat diperoleh

melalui turunan persamaan Euler maupun dinyatakan dalam bentuk persamaan Bernoulli (Mudhina et al., 2024).

$$H = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \tag{1}$$

dimana: H = Total head;
 z = Energi potensial;
 $\frac{P}{\gamma}$ = Energi tekanan; dan
 $\frac{V^2}{2g}$ = Energi kecepatan.

Mayor Losses

Kehilangan energi mayor (*major losses*) dalam pipa merupakan kerugian energi akibat gesekan aliran dengan dinding pipa sepanjang aliran. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menghitungnya adalah persamaan Hazen–Williams, karena sederhana dan praktis dalam penerapannya. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa dengan melakukan kalibrasi nilai kekasaran pipa (C-Number) pada persamaan Hazen–Williams melalui perangkat lunak EPANET, estimasi *headloss* mayor dapat diperoleh lebih akurat sesuai kondisi lapangan (Adistana et al., 2022). Berikut ini adalah persamaan Hazen–Williams:

$$h_f = 10,67 \cdot \frac{L}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}} \cdot Q^{1,852} \tag{2}$$

dimana: h_f = Kehilangan tinggi energi mayor (*head loss*) akibat gesekan (m);
 L = Panjang pipa (m);
 D = Diameter pipa (m);
 Q = Debit aliran (lt/dt);
 C = Koefisien kekasaran Hazen–Williams (tak berdimensi).

Daya Pompa

Daya pompa adalah jumlah energi per satuan waktu yang diperlukan pompa untuk memindahkan fluida dengan debit tertentu pada ketinggian atau head tertentu dengan mempertimbangkan berat jenis fluida serta efisiensi pompa (Mudhina et al., 2024). Berikut ini adalah persamaan daya pompa:

$$D = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{75 \cdot \epsilon} \text{ (hp)} \tag{3}$$

dimana: D = Daya pompa (*horse power*, HP);
 Q = Debit aliran (lt/dt);
 H = Tinggi tekan atau *head* pompa (m);
 γ = Berat jenis fluida (kg/m³);
 ϵ = Efisiensi pompa.

Program EPANET

EPANET merupakan perangkat lunak yang banyak digunakan dalam pemodelan jaringan distribusi air, karena mampu menganalisis parameter penting seperti tekanan, kecepatan aliran, dan kehilangan energi dalam pipa (Wulandari et al., 2025). Dalam penelitiannya menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan EPANET, analisis kehilangan tekanan (*head loss*) dapat dilakukan secara lebih akurat dan hasilnya digunakan untuk mengoptimalkan desain jaringan pipa. Modifikasi desain yang dilakukan mampu menurunkan kerugian tekanan hingga 69,72%, sehingga EPANET terbukti efektif dalam mendukung perencanaan sistem penyediaan air yang efisien.

Kecepatan Aliran Minimum dan Maksimum

Kecepatan aliran dalam pipa menggunakan analisis program EPANET perlu dikendalikan agar tetap berada dalam batas yang ditetapkan oleh ketentuan regulasi yang ditetapkan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, 2007).

Tabel 1. Kriteria Pipa Distribusi

No	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Kecepatan aliran air dalam pipa		
	a) Kecepatan minimum	V min	0,3 – 0,6 m/det
	b) Kecepatan maksimum		

No	Uraian	Notasi	Kriteria
	Pipa PVC atau ACP	V max	3,0 – 4,5 m/det
	Pipa baja atau DCIP	V max	6,0 m/det

Tekanan Minimum Dan Maksimum

Tekanan terendah pada pipa transmisi ditetapkan sebesar 10 m atau setara dengan 1 bar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, 2007). Batas tekanan tertinggi pada pipa PVC ditetapkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) (Standar Nasional Indonesia No 06-0084-2002 Tentang Pipa PVC Untuk Saluran Air Minum, 2002).

Tabel 2. Tebal Dinding Nominal (e)

Dia. Luar Nominal, mm	Pressure Nominal (PN) bar				
	PN16	PN12,5	PN10	PN8	PN6
	Seri Pipa (S)				
	Tebal Dinding Nominal, mm				
	S6,3	S8	S10	S12,5	S16
110	8,2	6,6	5,3	4,2	3,4

Pompa

Pompa adalah perangkat mekanik yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari elevasi rendah ke elevasi yang lebih tinggi, sehingga dalam prosesnya pompa sekaligus berperan meningkatkan energi fluida. Lebih lanjut, pompa dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*) dan pompa non-perpindahan positif (*non-positive displacement pump*) yang masing-masing dibedakan berdasarkan prinsip dalam memberikan energi pada fluida (Rifai et al., 2025).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memperoleh data melalui dua kategori sumber, yakni data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan yang meliputi pengukuran langsung panjang pipa pada jaringan transmisi, pengukuran elevasi di lokasi penelitian, serta identifikasi luas lahan yang digunakan untuk pembangunan reservoir. Data ini penting untuk memodelkan kondisi eksisting secara akurat. Sementara itu, data sekunder berupa jumlah penduduk (Badan Pusat Statistik, 2024b) sebagai dasar perhitungan kebutuhan air, laju pertumbuhan penduduk (Badan Pusat Statistik, 2024a), spesifikasi teknis pipa yang digunakan pada jaringan transmisi, serta spesifikasi pompa untuk mengetahui jenis pompa yang dibutuhkan. Kedua jenis data tersebut kemudian diolah dan dianalisis sebagai dasar analisis sistem penyediaan air minum. Seluruh data tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 (Rossman, 2000), yang berfungsi untuk memodelkan kondisi hidraulik jaringan transmisi air bersih. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi pola aliran, distribusi tekanan, serta kinerja reservoir dalam memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat berdasarkan debit dan tekanan yang terjadi. Objek penelitian ini yaitu sistem jaringan transmisi air bersih, dengan fokus pada kinerja reservoir beserta komponen pendukungnya, yaitu pipa transmisi dan pompa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut data jumlah penduduk Desa Kawan dan Desa Bebalang dalam lima tahun terakhir, dilakukan analisis proyeksi penduduk hingga tahun 2045. Hasil proyeksi tersebut menjadi acuan utama dalam menghitung kebutuhan air bersih. Oleh karena itu, ketepatan data jumlah penduduk sangat berpengaruh terhadap akurasi perhitungan kebutuhan air bersih. Periode proyeksi ini umumnya digunakan dalam penyusunan grafik neraca air, yang menggambarkan kondisi surplus maupun defisit kebutuhan air bersih.

Tabel 3. Proyeksi Penduduk di Desa Kawan dan Desa Bebalang

Desa Kawan				Desa Bebalang			
Tahun	Analisis Proyeksi Penduduk			Tahun	Analisis Proyeksi Penduduk		
(X)	Aritmatik	Geometrik	Least Square	(X)	Aritmatik	Geometrik	Least Square
2025	9562	9562	9545	2025	5966	5966	5955

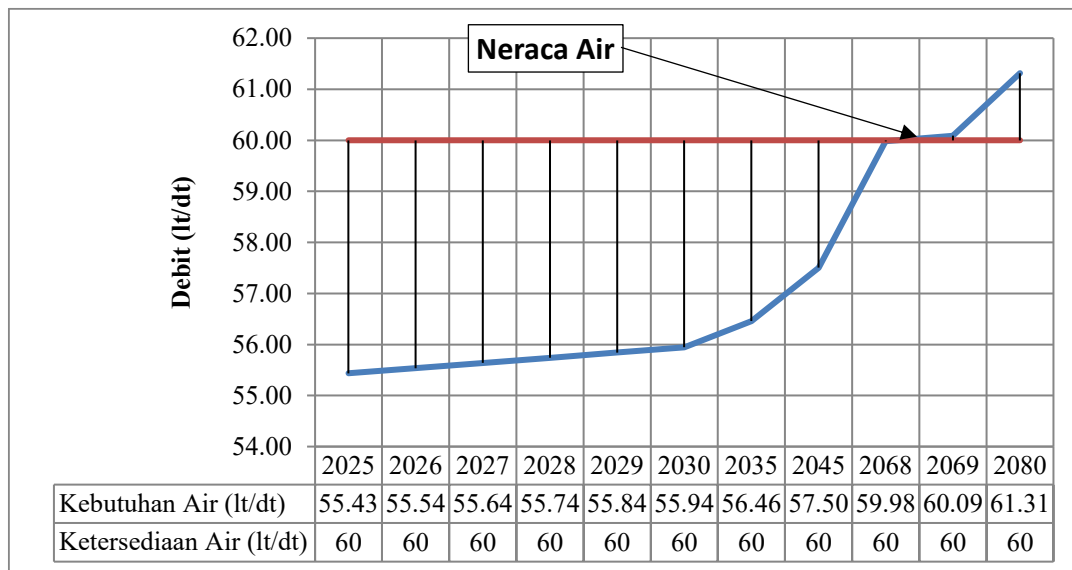
Desa Kawan				Desa Bebalang			
Tahun	Analisis Proyeksi Penduduk			Tahun	Analisis Proyeksi Penduduk		
(X)	Aritmatik	Geometrik	Least Square	(X)	Aritmatik	Geometrik	Least Square
2030	9650	9651	9633	2030	6019	6020	6008
2035	9737	9740	9722	2035	6073	6075	6062
2040	9825	9830	9810	2040	6127	6130	6115
2045	9912	9921	9899	2045	6181	6186	6169

Perhitungan kebutuhan air bersih dilakukan dengan asumsi cakupan pelayanan sebesar 80%. Artinya bahwa masyarakat hanya sebesar 80% saja yang menggunakan air bersumber dari Perusahaan Daerah Air Minum. Sisanya 20% masyarakat menggunakan sumber air lainnya seperti sumur bor, sumur dangkal, dan lain sebagainya. Kebutuhan air domestik meliputi penggunaan untuk sambungan rumah serta hidran umum, sedangkan Kebutuhan non-domestik meliputi penggunaan air pada sekolah, puskesmas, hotel, restoran, serta berbagai fasilitas umum lainnya. Selain itu, kehilangan air turut diperhitungkan karena sistem perpipaan kerap kali mengalami kebocoran. Faktor jam puncak digunakan sebesar 1,7 berdasarkan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, 2007) untuk menggambarkan neraca air, yaitu keseimbangan air antara *supply* dan *demand*. Adapun perhitungan *demand* air bersih disajikan pada tabel di bawah:

Tabel 4. Kebutuhan Air Bersih di Desa Kawan dan Desa Bebalang

No	Keterangan	Satuan	Tahun				
			2025	2035	2045	2068	2069
1	Proyeksi Jumlah Penduduk						
	- Desa Kawan	Jiwa	9562	9740	9921	10351	10370
	- Desa Bebalang	Jiwa	5966	6075	6186	6450	6462
	- Total Jumlah Penduduk	Jiwa	15528	15815	16108	16801	16832
2	Cakupan Pelayanan	%	80	80	80	80	80
		Jiwa	12422	12652	12886	13441	13465
3	Kebutuhan Domestik						
	- Pemakaian Air untuk SR	lt/dt	21.57	21.97	22.37	23.33	23.38
	- Pemakaian Air untuk HU	lt/dt	4.31	4.39	4.47	4.67	4.68
4	Total Kebutuhan Domestik	lt/dt	25.88	26.36	26.85	28.00	28.05
5	Kebutuhan Non-Domestik	lt/dt	5.18	5.27	5.37	5.60	5.61
6	Total Kebutuhan Domestik & Non Domestik	lt/dt	31.06	31.63	32.22	33.60	33.66
7	Kehilangan Air	lt/dt	1.55	1.58	1.61	1.68	1.68
8	Total Kebutuhan & Kehilangan Air	lt/dt	32.61	33.21	33.83	35.28	35.35
9	Jam Puncak	Faktor	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
		lt/dt	55.43	56.46	57.50	59.98	60.09
10	Total Kebutuhan Air (<i>Demand</i>)	lt/dt	55.43	56.46	57.50	59.98	60.09
		m ³ /hr	4789.52	4878.11	4968.34	5182.24	5191.75
11	Ketersediaan Air (<i>Supply</i>)	lt/dt	60	60	60	60	60
12	Debit Surplus	lt/dt	4.57	3.54	2.50	0.02	
13	Debit Defisit	lt/dt					-0.09

Gambar 1 menunjukkan *water balance* antara *supply* dan *demand* air bersih di Desa Kawan dan Desa Bebalang pada periode proyeksi tahun 2025 hingga 2045. Tahun proyeksi kebutuhan air bersih biasanya ditentukan berdasarkan rentang waktu perencanaan suatu sistem penyediaan air minum (SPAM) atau jaringan distribusi air bersih. Umumnya mengacu pada (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, 2016). Proyeksi kebutuhan air bersih biasanya dihitung jangka panjang untuk 20 tahun ke depan, dengan evaluasi tiap 5 tahunan. Debit sumber air tetap konstan sebesar 60 lt/dt sepanjang periode proyeksi. Di sisi lain, permintaan air bersih terus bertambah sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk. Tahun 2025 permintaan air bersih tercatat 55,43 lt/dt, kemudian meningkat bertahap hingga mencapai 57,5 lt/dt pada tahun 2045. Kondisi defisit mulai terjadi pada tahun 2069 ketika kebutuhan air bersih 60,09 lt/dt melampaui ketersediaan sumber air 60 lt/dt. Pada tahun 2080, kebutuhan air bersih mencapai 61,31 lt/dt yang menunjukkan defisit semakin besar. Grafik ini mengilustrasikan pentingnya perencanaan penyediaan sumber air tambahan agar kebutuhan masyarakat tetap dapat terpenuhi di masa mendatang.



Gambar 1. Neraca Air SPAM Gamongan I

Penentuan volume reservoir mengacu pada pola penggunaan air per jam dalam rentang 24 jam. Pasokan air diasumsikan stabil sepanjang hari karena pompa di Reservoir Gamongan I beroperasi tanpa henti. Kapasitas reservoir dihitung berdasarkan selisih antara kelebihan dan kekurangan air selama 24 jam dengan mempertahankan proporsi yang seimbang. Selain itu, faktor keamanan sebesar 10% juga diperhitungkan dalam penentuan volume. Tabel perhitungan volume reservoir disajikan sebagai berikut:

Tabel 5. Analisis Volume Reservoir Gamongan I

No	Time	Total Jam	Supply air Per jam (%)	Pemakaian Air/jam (m ³ /jam)	Pemakaian air/jam (%)	Volume Reservoir Surplus (%)	Defisit (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	24.00 - 01.00	1	4.17	62.10	1.25	2.92	0.00
2	01.00 - 02.00	1	4.17	76.60	1.54	2.63	0.00
3	02.00 - 03.00	1	4.17	93.16	1.88	2.29	0.00
4	03.00 - 04.00	1	4.17	132.49	2.67	1.50	0.00
5	04.00 - 05.00	1	4.17	238.07	4.79	0.00	0.63
6	05.00 - 06.00	1	4.17	289.82	5.83	0.00	1.67
7	06.00 - 07.00	1	4.17	316.73	6.38	0.00	2.21
8	07.00 - 08.00	1	4.17	322.94	6.50	0.00	2.33

No	Time	Total Jam	Supply air Per jam (%)	Pemakaian Air/jam (m ³ /jam)	Pemakaian air/jam (%)	Volume Reservoir Surplus (%)	Defisit (%)
9	08.00 - 09.00	1	4.17	291.89	5.88	0.00	1.71
10	09.00 - 10.00	1	4.17	285.68	5.75	0.00	1.58
11	10.00 - 11.00	1	4.17	262.91	5.29	0.00	1.13
12	11.00 - 12.00	1	4.17	248.42	5.00	0.00	0.83
13	12.00 - 13.00	1	4.17	236.00	4.75	0.00	0.58
14	13.00 - 14.00	1	4.17	242.21	4.88	0.00	0.71
15	14.00 - 15.00	1	4.17	244.28	4.92	0.00	0.75
16	15.00 - 16.00	1	4.17	252.56	5.08	0.00	0.92
17	16.00 - 17.00	1	4.17	271.19	5.46	0.00	1.29
18	17.00 - 18.00	1	4.17	285.68	5.75	0.00	1.58
19	18.00 - 19.00	1	4.17	262.91	5.29	0.00	1.13
20	19.00 - 20.00	1	4.17	202.87	4.08	0.08	0.00
21	20.00 - 21.00	1	4.17	128.35	2.58	1.58	0.00
22	21.00 - 22.00	1	4.17	93.16	1.88	2.29	0.00
23	22.00 - 23.00	1	4.17	76.60	1.54	2.63	0.00
24	23.00 - 24.00	1	4.17	51.75	1.04	3.13	0.00
Pemakaian Air/Demand (m³/hari):				4968.34	100.000	19.042	19.042
Rerata Z (%):						19.042	
Volume Reservoir Minimum:						946.05	m ³
Faktor Keamanan (SF) 10%:						94.61	m ³
Volume Reservoir Final:						1040.66	m ³
Pembulatan Volume:						1050.00	m³

Dimensi reservoir mencakup panjang, lebar, tinggi muka air, serta tinggi dinding. Penentuan ukuran panjang dan lebar disesuaikan dengan ketersediaan lahan. Adapun ukuran reservoir yaitu panjang 17,5 meter, lebar 15 meter, dan tinggi muka air 4 meter, sehingga kapasitas tampungannya diperoleh sebesar $17,5 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 1050 \text{ m}^3$. Pada reservoir air minum, tinggi freeboard umumnya berkisar antara 0,3 m hingga 0,5 m. Dengan demikian, total tinggi dinding reservoir menjadi $4 \text{ m} + 0,5 \text{ m} = 4,5 \text{ meter}$.

Perhitungan *head* pompa dilakukan untuk mengetahui besarnya energi yang dibutuhkan agar air dapat mengalir dari pompa menuju reservoir. *Head* statis diperoleh dari selisih antara elevasi reservoir dengan elevasi pompa (722.91 m – 595.58 m). Selain itu, ditambahkan *head* tambahan sebesar 4 meter sebagai faktor pengaman. Kerugian mayor (*major losses*) akibat gesekan dalam pipa dihitung menggunakan persamaan Hazen-Williams dan memperoleh hasil 12,65 m. Dengan demikian, total *head* pompa diperoleh dari penjumlahan *head* statis, *head* tambahan, dan kerugian mayor tersebut. Berdasarkan hasil analisis, *head* pompa diperoleh sebesar 144 m.

Tahap analisis berikutnya dilakukan dengan bantuan perangkat lunak EPANET 2.2 untuk menghitung aspek hidrolika. Satuan perhitungan dalam EPANET diatur menggunakan LPS (liter per detik). Data yang digunakan mencakup elevasi, *head* reservoir, debit aliran, panjang pipa, serta tingkat kekasaran pipa. Informasi tersebut diperoleh melalui survei lapangan dan wawancara dengan petugas terkait, kemudian diperkaya dengan data sekunder dari berbagai sumber, salah satunya Badan Pusat Statistik (BPS).

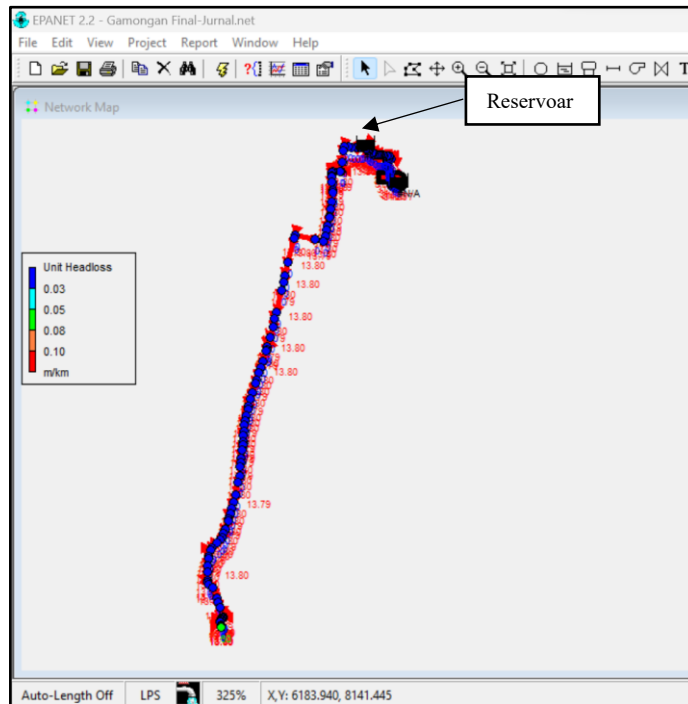
Perhitungan awal difokuskan pada kehilangan energi dengan menggunakan rumus Hazen-Williams. Berdasarkan hasil analisis, terjadi *headloss* sepanjang 31.05 m/km pada sistem pompa dan sepanjang 18.8 m/km pada sistem gravitasi. Nilai kehilangan energi ini selanjutnya berpengaruh terhadap hasil perhitungan tekanan (*pressure*).

Tahap berikutnya adalah menghitung tekanan air (*pressure*) pada pipa. Nilai tekanan pada setiap titik menunjukkan variasi yang cukup beragam, namun hal yang menjadi fokus utama adalah tekanan

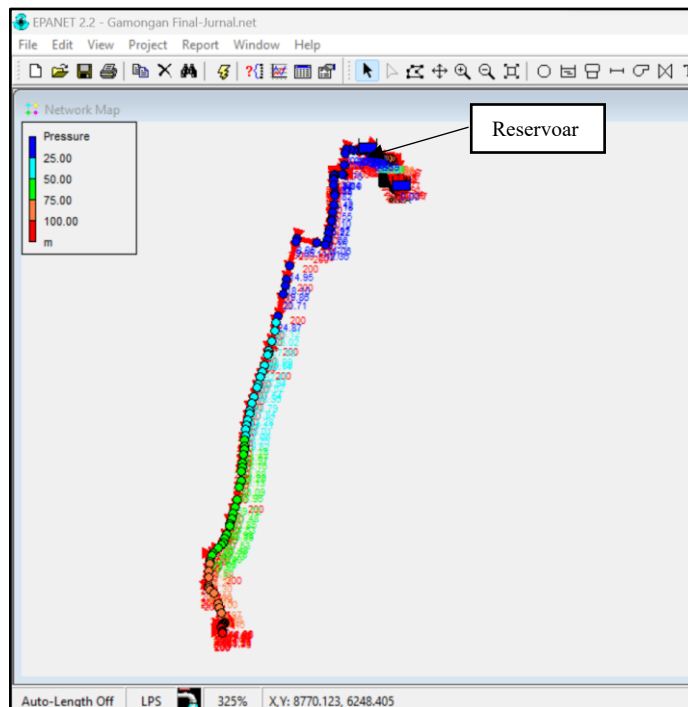
maksimum yang terjadi pada jaringan pipa transmisi. Berikut ini adalah tabel tekanan air maksimum pada pipa transmisi.

Tabel 6. Pressure Pada Jaringan Pipa Transmisi

Pipa Transmisi		
Node ID	Tekanan (m)	Tekanan (bar)
Junc 1	140.77	14.1
Junc 5	130.77	13.1
Junc 116	111.90	11.2
Junc 128	131.73	13.2

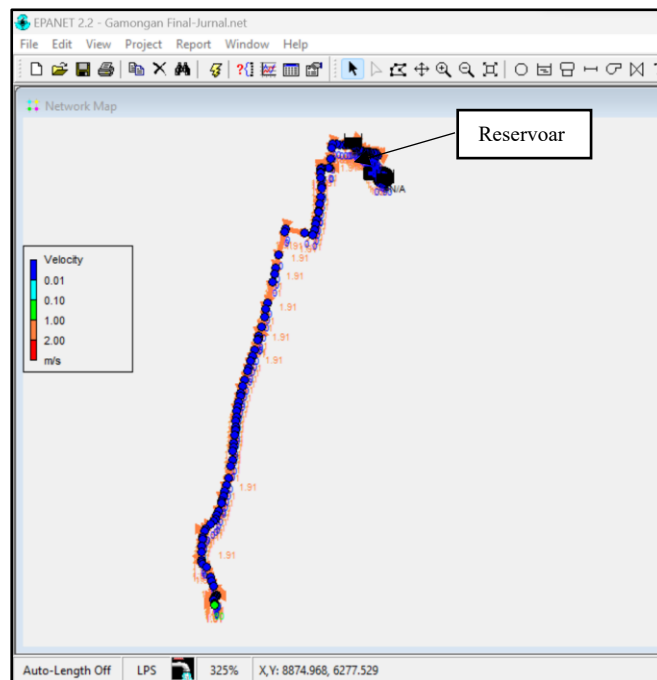


Gambar 2. Kehilangan Energi Pada Pipa Transmisi



Gambar 3. Tekanan Pada Pipa Transmisi

Hasil analisis kecepatan aliran (*velocity*) menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh telah memenuhi ketentuan dalam peraturan yang berlaku, yaitu kecepatan minimum harus lebih besar dari 0,3 m/dt dan kecepatan maksimum tidak melebihi 3 m/dt. Pada jaringan pipa transmisi, kecepatan aliran tercatat sebesar 1,91 m/dt.



Gambar 4. Kecepatan Aliran Pada Pipa Transmisi

Dalam sistem jaringan perpipaan yang dianalisis, digunakan pipa dengan diameter 200 mm. Pemilihan diameter tersebut disesuaikan dengan kapasitas aliran yang dibutuhkan agar tekanan dan kecepatan aliran tetap memenuhi standar teknis. Terdapat dua jenis material pipa yang digunakan, yaitu pipa galvanis dan pipa PVC. Pipa galvanis dipilih karena memiliki kekuatan mekanis yang baik serta ketahanan terhadap tekanan tinggi, sehingga sesuai untuk digunakan pada bagian jaringan yang berpotensi menerima tekanan tinggi dan penempatan terekspose karena tahan terhadap suhu tinggi. Sementara itu, pipa PVC dipilih karena lebih ringan, tahan terhadap korosi, serta memiliki kemudahan dalam pemasangan dan perawatan. Namun, pipa PVC memiliki keterbatasan yaitu kurang tahan terhadap suhu tinggi dan sinar UV secara langsung dalam jangka panjang. Jika terus-menerus terkena panas matahari, material PVC bisa menjadi rapuh dan mengalami degradasi. Sehingga kombinasi penggunaan kedua jenis pipa ini diharapkan mampu memberikan efisiensi baik dari segi teknis maupun ekonomi, sekaligus menjaga keandalan sistem jaringan perpipaan.

Berdasarkan hasil analisis, pompa yang digunakan dalam SPAM Gamongan I adalah pompa *submersible* dengan kapasitas debit sebesar 60 lt/dt. Pompa *submersible* dipilih karena memiliki keunggulan dalam hal efisiensi, keandalan, serta kemampuannya beroperasi langsung di dalam air tanpa memerlukan ruang khusus di permukaan. Jenis pompa ini banyak diaplikasikan pada sistem penyediaan air minum, irigasi pompa, maupun instalasi pengolahan air karena mampu bekerja secara kontinyu dengan tingkat kebisingan yang rendah.

Pompa *submersible* ini dirancang untuk mengalirkan air pada tinggi tekan (*head pump*) 144 m, sehingga mampu mendistribusikan air hingga elevasi yang cukup tinggi atau jarak distribusi yang jauh. Dengan daya dorong yang besar, pompa ini sesuai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada jaringan perpipaan.

Untuk menunjang kinerja pompa, dilengkapi dengan motor penggerak berdaya 115 kW. Daya ini cukup untuk mendukung debit aliran yang besar sekaligus menjaga kestabilan tekanan pada *head* yang ditentukan. Pemilihan spesifikasi motor didasarkan pada keseimbangan antara kebutuhan daya hidrolik dan efisiensi operasional, sehingga konsumsi energi tetap optimal.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, sistem penyediaan air minum di Desa Kawan dan Desa Bebalang menunjukkan bahwa ketersediaan air dari sumber tetap sebesar 60 lt/dt, sedangkan kebutuhan air bersih meningkat setiap tahun hingga menimbulkan defisit mulai tahun 2069. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan sumber air tambahan agar kebutuhan masyarakat tetap terpenuhi di masa mendatang. Dari sisi infrastruktur, reservoir dengan volume 1050 m³ telah dirancang dengan dimensi 17,5 × 15 × 4 m dan freeboard 0,5 m. Hasil simulasi menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 menunjukkan kehilangan energi pada sistem pompa sebesar 31,05 m/km dan pada sistem gravitasi sebesar 18,8 m/km, dengan tekanan maksimum mencapai 14,1 bar dan kecepatan aliran 1,91 m/dt, yang masih sesuai dengan standar teknis. Jaringan perpipaan menggunakan diameter 200 mm dengan material galvanis dan PVC untuk mengoptimalkan aspek teknis dan ekonomi. Pipa galvanis digunakan sepanjang 497,88 m, terutama pada bagian jaringan yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap tekanan. Sementara itu, pipa PVC dipasang sepanjang 3.271,41 m karena sifatnya yang lebih ringan, tahan terhadap korosi, serta mudah dalam proses pemasangan dan perawatan. Selain itu, digunakan pompa *submersible* berkapasitas 60 lt/dt dengan motor penggerak 115 kW yang mampu menghasilkan *head* 144 m. Kombinasi antara perencanaan kapasitas sumber air, desain reservoir, pemilihan pipa, serta spesifikasi pompa yang sesuai diharapkan mampu mendukung keandalan dan keberlanjutan sistem penyediaan air minum (SPAM) Gamongan I serta sebagai solusi dari upaya mitigasi terhadap gangguan layanan karena faktor bencana alam dengan memindahkan jalur transmisi ke tempat yang lebih aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adistana, G. A. Y. P., HS, M. S., Mahardi, P., & Sofianto, M. F. (2022). ASSESSMENT OF E-PROCUREMENT SUBJECTS' MISSTEPS FOR CONSTRUCTION AND CONSULTANCY SERVICES THROUGHOUT THE SURABAYA CITY AREA AS AN EDUCATIONAL ADJUNCT FOR PROJECT TENDER COURSES. *Jurnal PenSil*, 11(1), 1–9. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v11i1.25294>
- Badan Pusat Statistik, K. B. (2024a). *Kabupaten Bangli Dalam Angka 2024*.
- Badan Pusat Statistik, K. B. (2024b). *KECAMATAN BANGLI DALAM ANGKA 2024*.
- Diana Harmayani, K., Putu Gustave Suryantara, I. P., & Kadek Arta Dwi Putra, dan I. (2022). PERENCANAAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM PEDESAAN (SPAMDES) DI DESA PEDAWA KECAMATAN BANJAR BULELENG. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/JITS.2022.v26.i01.p05>
- Mudhina, M., Wardana, I. G. N. K. M. A., Parwita, I. G. L. M., Andayani, K. W., Winaya, I. N. A. P., & Triadi, I. N. S. (2024). *Hidrolika Dasar* (Pertama). PT. Ganesha Riset dan Pengembangan Indonesia.
- Noperissa, V., Santoso, R., & Waspodo, B. (2018). *Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Domestik Menggunakan Metode Regresi di Kota Bogor (Analysis of Domestic Water Supply and Demand Using Regression Method in Bogor City)* (Vol. 03).
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum (2017).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (2016).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (2007).
- Putra, I. P. D., Soriarta, I. K., & Putra, I. K. M. (2025). ANALISIS SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM DESA MANIKLIYU KECAMATAN KINTAMANI KABUPATEN BANGLI. <http://www.ojs.unr.ac.id/index.php/teknikgradien>
- Rifai, M. S., Ruhyat, N., & Surachman, A. (2025). Performance Analysis of Centrifugal Pumps Before and After Wear Ring Restoration. *International Journal of Innovation in Mechanical Engineering and Advanced Materials*, 7(1), 43. <https://doi.org/10.22441/ijimeam.v7i1.30324>
- Rossman, L. A. (2000). *EPANET 2 USERS MANUAL* (Pertama). Ekamitra Engineering.
- Sofia, E., Riduan, R., Endrico Pratama, dan, Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, I., Adhiyaksa No, J., Tangi, K., Miai, S., Utara, B., Banjarmasin, K., & Selatan, K. (2018). EVALUASI

KINERJA RESERVOIR PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH IPA I PDAM BANDARMASIH. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(2), 19–26.

Soriarta, I. K., & Putra, I. P. D. (2025). Jurnal Teknik Sipil the Analysis of the Malet Water Supply System in Susut District, Bangli Regency Based on the Epanet 2.2 Application. *Jurnal Teknik Sipil De'Teksi*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.56071/deteksi.v10i1.1144>

Standar Nasional Indonesia No 06-0084-2002 Tentang Pipa PVC Untuk Saluran Air Minum (2002).

Wulandari, D. F., Subekti, A., & Nugroho, A. T. (2025). Optimization of Water Distribution Based on Head loss Analysis Using EPANET Software. *BERKALA SAINSTEK*, 13(2), 109–118. <https://doi.org/10.19184/bst.v13i2.53702>