PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM (SPAM) UNTUK MENDUKUNG KAWASAN WISATA SEHAT DI KAPANEWON DLINGO KABUPATEN BANTUL

Triyono [1)*], Warniningsih [2)] , Amyati [3)]

[1) 2)] Institut Teknologi Yogyakarta
[3)] Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Surya Global Yogyakarta
email: triyono@ity.ac.id .[1)*], warniningsihagus@gmail.com [2)], amyati@stikessuryaglobal.ac.id [3)]

ABSTRAK

Kebutuhan air minum terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, termasuk di Dusun Maladah, Rejosari, Ngenep, Sendangsari, dan Pencitrejo. Meskipun memiliki potensi sumber air baku dari Sungai Oyo, pemanfaatannya oleh masyarakat setempat belum optimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi eksisting pelayanan air bersih, merencanakan jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Unit Dlingo I, serta menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan sistem. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, studi literatur, dan survei lapangan. Proyeksi jumlah penduduk dilakukan menggunakan metode aritmatika, geometri, dan eksponensial, kemudian metode terpilih ditentukan berdasarkan nilai standar deviasi terkecil. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan air, pemodelan jaringan menggunakan *plugin* QEPANET untuk memperoleh data elevasi dan panjang pipa, serta analisis hidraulik menggunakan EPANET 2.2. Perhitungan RAB mengacu pada HSPK Kabupaten Bantul Tahun 2025, SNI AHSP, dan harga katalog. Hasil analisis menunjukkan kebutuhan air pada tahun 2045 sebesar 6,85 L/s untuk melayani 2.300 jiwa atau 70% dari total 3.286 jiwa. Sistem direncanakan menggunakan satu pompa intake dan tiga pompa booster, dengan jaringan transmisi air baku sepanjang 505,25 m, transmisi air minum 5.286 m, dan distribusi 1.761,05 m. Hasil simulasi menunjukkan tekanan jaringan sebesar 3,42–120,21 mka dan kecepatan aliran 0,30–0,51 m/s. Total RAB yang dibutuhkan sebesar Rp5.233.058.949. Perencanaan SPAM tidak hanya bertujuan memenuhi kebutuhan air masyarakat, tetapi juga mendukung pencegahan penyakit berbasis lingkungan.

Kata Kunci: SPAM, jaringan pipa distribusi air bersih, kebutuhan air, QEPANET, wisata sehat, Dlingo

Abstrack

The demand for drinking water continues to rise in line with population growth, including in the hamlets of Maladah, Rejosari, Ngenep, Sendangsari, and Pencitrejo. Although the Oyo River offers a potential source of raw water, its utilization by the local community has not yet been optimized. This study aims to analyze the current state of water services, plan the Dlingo I Unit Drinking Water Supply System (SPAM) network, and calculate the cost estimate (RAB) for the system's construction. Data collection was conducted through observation, interviews, literature review, and field surveys. Population projections were made using arithmetic, geometric, and exponential methods, and the selected method was determined based on the smallest standard deviation value. Subsequently, a water demand analysis was performed, network modeling was conducted using the QEPANET plugin to obtain elevation and pipe length data, and a hydraulic analysis was performed using EPANET 2.2. The Cost Estimate calculation was based on the 2025 Bantul Regency HSPK, SNI AHSP, and catalog prices. The analysis results indicate that the water demand in 2045 will be 6.85 L/s to serve 2,300 residents, or 70% of the total population of 3,286. The system is planned to use one intake pump and three booster pumps, with a raw water transmission network spanning 505.25 m, a drinking water transmission network of 5,286 m, and a distribution network of 1,761.05 m. Simulation results show network pressures ranging from 3.42 to 120.21 mka and flow velocities ranging from 0.30 to 0.51 m/s. The total estimated budget required is Rp5,233,058,949. The planning of drinking water supply systems (SPAM) aims not only to meet the community's water needs but also to support the prevention of environmentally-related diseases.

Keywords: *Water Supply System, water distribution system pipe network, water demand, QEPANET, healthy tourism, Dlingo*

PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan suatu wilayah. Kondisi tersebut menjadi tantangan dalam penyediaan prasarana dan sarana air minum, terutama dalam menjamin pelayanan yang memenuhi aspek kuantitas, kualitas, kontinuitas, dan keterjangkauan (Brafiadi, 2017; Nurvirgian, 2018). Pemenuhan kebutuhan air minum memerlukan sistem penyediaan yang tidak hanya mempertimbangkan ketersediaan sumber air baku, tetapi juga karakteristik wilayah, kebutuhan air, serta kemampuan sistem distribusi dalam mengalirkan air secara optimal. Hal tersebut menjadi semakin penting pada wilayah perdesaan dan kawasan yang memiliki kondisi topografi relatif beragam, karena perbedaan elevasi dan keterbatasan jaringan dapat memengaruhi kinerja pelayanan air minum.

Secara nasional, peningkatan akses terhadap air minum menjadi bagian dari agenda pembangunan infrastruktur. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2029 menargetkan cakupan pelayanan air minum aman sebesar 42% pada tahun 2029 serta pemenuhan infrastruktur rumah tangga perdesaan dengan akses air minum aman sebesar 30%. Salah satu upaya untuk mendukung pencapaian sasaran tersebut adalah pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang dikelola oleh Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumda AM) (Yelmi, 2025). Kondisi pelayanan di Kapanewon Dlingo menunjukkan bahwa sebagian wilayah belum memperoleh pelayanan air minum secara optimal. Berdasarkan laporan perencanaan, wilayah Kalurahan Jatimulyo, Terong, Mangunan, dan Muntuk belum seluruhnya terlayani oleh Perumda AM sehingga masyarakat masih memanfaatkan sumber air alternatif, seperti sumur gali, mata air, dan penampungan air hujan. Kondisi tersebut berkaitan dengan karakteristik wilayah Dlingo yang berbukit serta jarak beberapa wilayah pelayanan terhadap jaringan eksisting dan sumber air baku.

Wilayah yang menjadi fokus perencanaan SPAM Unit Dlingo I meliputi Dusun Maladah, Rejosari, Ngenep, Sendangsari, dan Pencitrejo dengan luas wilayah pelayanan sekitar 5,22 km² dan jumlah penduduk sebanyak 2.934 jiwa pada tahun 2025 (BPS, 2025). Wilayah tersebut memiliki potensi pengembangan pelayanan air minum seiring dengan kebutuhan masyarakat dan perkembangan aktivitas wilayah, termasuk kawasan wisata. Sumber air baku yang direncanakan berasal dari Sungai Oyo di Dusun Maladah, Kalurahan Jatimulyo. Berdasarkan data yang digunakan dalam laporan perencanaan, Sungai Oyo memiliki potensi debit sekitar 8,18 m³/detik sehingga secara kuantitas memiliki potensi untuk mendukung kebutuhan air wilayah pelayanan. Namun, potensi sumber air tersebut belum dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung pelayanan air minum pada wilayah yang direncanakan.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menerapkan EPANET dalam perencanaan jaringan distribusi air minum. Penelitian Gusnika (2024), misalnya, memanfaatkan idle capacity jaringan eksisting sebagai sumber air, sedangkan penelitian Kamela (2023) menggunakan EPANET 2.2 untuk merencanakan SPAM dengan mempertimbangkan kebutuhan air dan konfigurasi jaringan. Perbedaan pendekatan penelitian ini terletak pada kondisi wilayah dan sumber air yang digunakan, yaitu perencanaan SPAM Unit Dlingo I memanfaatkan sumber air permukaan Sungai Oyo serta mempertimbangkan kondisi topografi wilayah melalui data elevasi dalam penentuan jaringan. Selain itu, evaluasi hidraulis tidak hanya dilakukan berdasarkan hasil simulasi jaringan, tetapi juga digunakan untuk menganalisis kondisi aliran, tekanan, kecepatan, dan karakteristik hidraulis jaringan yang direncanakan. Dengan demikian, penelitian ini mengisi kebutuhan perencanaan SPAM pada wilayah yang belum terlayani secara optimal dengan mengintegrasikan potensi sumber air baku, kebutuhan pelayanan, kondisi topografi, dan simulasi hidraulis jaringan dalam satu rancangan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan air serta merencanakan jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Unit Dlingo I, Kabupaten Bantul, dengan memanfaatkan potensi Sungai Oyo sebagai sumber air baku. Perencanaan meliputi penentuan kebutuhan air, pengembangan jaringan transmisi dan distribusi, serta evaluasi kondisi hidraulis jaringan menggunakan EPANET 2.2 berdasarkan parameter tekanan, debit, dan kecepatan aliran. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan rancangan teknis SPAM yang sesuai dengan karakteristik wilayah pelayanan dan kriteria teknis yang berlaku, sekaligus memberikan dasar perencanaan pemanfaatan potensi Sungai Oyo untuk meningkatkan pelayanan air minum di wilayah Dlingo.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi, Objek, dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kapanewon Dlingo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (7°52′–7°58′ LS dan 110°24′–110°30′ BT; luas 59,54 km²; BPS Kabupaten Bantul, 2026a, 2026b). Wilayah perencanaan mencakup lima dusun, yaitu Maladah (Kalurahan Jatimulyo) serta Pencitrejo, Ngenep, Rejosari, dan Sendangsari (Kalurahan Terong), dengan total luas 5,22 km². Objek perencanaan adalah SPAM jaringan perpipaan yang meliputi intake, transmisi air baku, instalasi pengolahan air (IPA), transmisi air bersih, reservoir distribusi, dan jaringan distribusi utama; IPA diperlakukan sebagai titik masuk dan tidak dirancang pada penelitian ini. Penelitian dilaksanakan pada Maret–Juni 2026.

Pengumpulan Data

Data primer berupa elevasi node dan panjang pipa diperoleh dari pengolahan DEM (Badan Informasi Geospasial) pada QGIS, disertai observasi lapangan dan wawancara untuk memahami kondisi pelayanan eksisting. Data sekunder terdiri atas jumlah penduduk per dusun tahun 2021–2025 (Kalurahan Jatimulyo dan Terong), jumlah fasilitas umum (kantor kalurahan, kepala dusun, dan kapanewon), peta administrasi (BPS), data debit Sungai Oyo (Pemerintah Kabupaten Bantul, 2024), serta harga satuan dari HSPK/SHBJ Kabupaten Bantul (Keputusan Bupati Bantul Nomor 526 Tahun 2025; Pemerintah Kabupaten Bantul, 2025) dan katalog produsen.

Proyeksi Penduduk dan Uji Kesesuaian Metode

Proyeksi penduduk hingga tahun 2045 dilakukan dengan tiga metode berikut.

Metode Aritmatika:

$$P_n = P_0 + K_a\,(T_n - T_0) \tag{1}$$

Metode Geometri:

$$P_n = P_0\,(1 + r)^n \tag{2}$$

Metode Eksponensial:

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \tag{3}$$

dengan P_n jumlah penduduk tahun proyeksi, P_0 jumlah penduduk tahun dasar (2025), K_a rerata pertambahan penduduk per tahun, r rerata laju pertumbuhan tahunan, e bilangan Euler (2,71828), dan n selisih tahun proyeksi terhadap tahun dasar. Nilai K_a dan r dihitung dari data 2021–2025. Kesesuaian metode diuji dengan simpangan baku antara nilai hasil proyeksi pada periode 2021–2025 (Y) dan rerata data aktual ($\bar{Y}$), dan metode dengan simpangan baku terkecil dipilih untuk setiap dusun.

$$s = \sqrt{[\ \Sigma(Y - \bar{Y})^2 / (n - 1)\ ]} \tag{4}$$

Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air terdiri atas kebutuhan domestik (sambungan rumah/SR dan hidran umum/HU), non domestik, dan kehilangan air. Parameter perancangan mengacu pada kriteria Ditjen Cipta Karya (1997) untuk kategori kota desa (<20.000 jiwa), Permen PU No. 18/PRT/M/2007 (Departemen Pekerjaan Umum, 2007), dan Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 (Kementerian PUPR, 2016) (Tabel 1). Kebutuhan non domestik dihitung dari jumlah dan jenis fasilitas umum (tempat ibadah, sarana pendidikan, sarana kesehatan, kantor, dan industri) di setiap dusun. Kebutuhan rata-rata (Q_r), hari maksimum (Q_{md}), dan jam puncak (Q_p) dihitung dengan persamaan berikut.

$$Q_r = (Q_D + Q_{ND})(1 + f_L) \tag{5}$$

$$Q_{md} = F_{md} \cdot Q_r\ ; \quad Q_p = F_p \cdot Q_r \tag{6}$$

dengan Q_D kebutuhan domestik, Q_{ND} kebutuhan non domestik, f_L fraksi kehilangan air, serta F_{md} dan F_p berturut-turut faktor hari maksimum dan faktor jam puncak.

Tabel 1. Parameter dan kriteria perancangan

Parameter	Nilai yang digunakan	Dasar
Periode perencanaan	20 tahun (2025–2045)	–
Cakupan pelayanan	70%	Ditjen Cipta Karya (1997)
Konsumsi sambungan rumah (SR)	100 L/orang/hari; 5 jiwa/SR	Ditjen Cipta Karya (1997)
Hidran umum (HU)	30% penduduk terlayani; 30 L/orang/hari	Ditjen Cipta Karya (1997)
Kebutuhan non domestik	Mushola 2.000 L/unit/hari; PAUD/KB/TK 10 L/siswa/hari; puskesmas 1.200 L/unit/hari; kantor dan industri 10 L/orang/hari	Ditjen Cipta Karya (1997)
Kehilangan air	20%	Permen PU 18/PRT/M/2007
Faktor hari maksimum / jam puncak	1,20 / 1,75	Permen PU 18/PRT/M/2007
Koefisien Hazen–Williams (HDPE)	140	Rossman (2000)
Tekanan pada titik pelayanan	≥ 5 mka (kisaran kriteria 5–10 mka); maksimum 160 m (HDPE PN-16)	Permen PUPR 27/2016
Kecepatan aliran	0,3–3,0 m/detik	Permen PUPR 27/2016
Kehilangan tekanan satuan	< 10 m/km	Kriteria perancangan

Sumber: diolah dari laporan perencanaan (2026).

Perancangan Jaringan dan Simulasi Hidraulik

Jaringan disusun dalam QGIS menggunakan plugin Qepanet. Layer DEM ditambahkan sebagai raster dan disesuaikan sistem koordinatnya (WGS 84/EPSG:4326 dan proyek UTM Zona 49S). Reservoir/sumber dan junction

ditempatkan pada setiap tikungan atau ujung ruas jalan sehingga jalur pipa mengikuti jaringan jalan eksisting; elevasi node dan panjang pipa terisi otomatis dari DEM. Model disimpan dalam format .inp dan dibuka pada EPANET 2.2 untuk melengkapi demand node, pola fluktuasi pemakaian air (Ditjen Cipta Karya, 1994), kurva pompa, dan kekasaran pipa. Kehilangan tekanan dihitung dengan persamaan Hazen–Williams.

$$h_f = [\ Q / (0{,}2785 \cdot C \cdot D^{2{,}63})\ ]^{1{,}85} \cdot L \quad (7)$$

dengan h_f kehilangan tekanan (m), Q debit (m³/detik), C koefisien kekasaran, D diameter dalam pipa (m), dan L panjang pipa (m). Diameter awal pipa ditentukan dari persamaan kontinuitas pada kecepatan rencana 1 m/detik, lalu dikoreksi ke diameter HDPE yang tersedia di pasaran dan diperiksa kecepatan aktualnya.

$$D = \sqrt{(4Q / \pi v)} \quad (8)$$

$$v = Q / A\ ;\quad A = ¼\ \pi\ D^2 \quad (9)$$

Head setiap pompa dan volume reservoir ditentukan dengan persamaan berikut, dengan Σ_{maks} dan Σ_{min} adalah akumulasi tertinggi dan terendah selisih suplai terhadap pemakaian (fraksi volume harian) pada kurva massa fluktuasi pemakaian air.

$$H = H_{statis} + h_f + h_{sisa\ tekan} \quad (10)$$

$$V = (\Sigma_{maks} - \Sigma_{min}) \cdot Q_r \cdot 86.400 \quad (11)$$

Simulasi dijalankan selama 24 jam dan hasil dievaluasi pada jam puncak. Jika tekanan atau kecepatan pada suatu node atau ruas belum memenuhi kriteria Permen PUPR No. 27 Tahun 2016, diameter pipa, jenis pipa, atau konfigurasi pompa dimodifikasi dan simulasi diulang hingga kriteria terpenuhi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi *Eksisting* Wilayah Perencanaan

Berdasarkan observasi lapangan dan data Perumda Air Minum Tirta Projotamansari, Kalurahan Jatimulyo, Terong, Mangunan, dan Muntuk belum terlayani jaringan perpipaan Perumda AM. Kebutuhan air masyarakat dipenuhi dari sumur gali, sumur bor, mata air, dan penampungan air hujan. Hambatan utama pelayanan adalah topografi berbukit dan jarak yang jauh dari jaringan maupun sumber air baku. Hasil pengolahan DEM menunjukkan elevasi wilayah perencanaan berkisar 83,55 mdpl (muka air Sungai Oyo pada lokasi intake) hingga 419,97 mdpl (Puncak Mungker), atau beda tinggi 336,42 m. Beda tinggi ini menjadi faktor penentu karena memengaruhi arah aliran, sebaran tekanan, dan kebutuhan bangunan pelengkap (Prijono, 2021).

Sumber air baku yang direncanakan adalah Sungai Oyo, sungai terpanjang di Daerah Istimewa Yogyakarta (±106,75 km) dengan luas DAS ±514 km² dan debit rerata bulanan sekitar 8,18 m³/detik. Kebutuhan jam puncak sistem sebesar 6,85 L/detik hanya setara 0,08% dari debit tersebut sehingga kuantitas air baku secara umum tidak menjadi pembatas. Namun, angka yang digunakan adalah debit rerata bulanan; ketersediaan air pada musim kemarau belum dianalisis dan perlu diverifikasi pada tahap perencanaan lanjutan.

Jumlah penduduk lima dusun meningkat dari 2.864 jiwa pada tahun 2021 menjadi 2.934 jiwa pada tahun 2025 (Tabel 2). Kecenderungan ini menunjukkan peningkatan kebutuhan air dari waktu ke waktu dan menjadi dasar proyeksi hingga tahun rencana (Putra dkk., 2024).

Proyeksi Penduduk

Contoh perhitungan pada Dusun Ngenep menghasilkan K_a = 8,5 jiwa/tahun dan r = 1,58%/tahun. Proyeksi tahun 2045 masing-masing 737 jiwa (aritmatik), 776 jiwa (geometrik), dan 778 jiwa (eksponensial) dengan simpangan baku 13,46; 13,69; dan 13,81 (Tabel 3). Metode aritmatik memiliki simpangan baku terkecil sehingga dipilih untuk Dusun Ngenep. Selisih simpangan baku antarmetode hanya 0,35 (2,6%), tetapi proyeksi akhir periode berbeda hingga 41 jiwa (5,6%), sehingga pemilihan metode memengaruhi kapasitas rancangan walaupun dalam batas kecil pada wilayah dengan laju pertumbuhan rendah.

Tabel 2. Jumlah penduduk 2021 dan 2025 serta proyeksi 2045 per dusun

Dusun	2021 (jiwa)	2025 (jiwa)	2045 (jiwa)	Perubahan 2025–2045
Maladah	312	325	390	+20,0%
Rejosari	643	640	627	−2,0%
Ngenep	533	567	737	+30,0%
Sendangsari	722	733	788	+7,5%
Pencitrejo	654	669	744	+11,2%
Jumlah	**2.864**	**2.934**	**3.286**	**+12,0%**

Sumber: Kalurahan Jatimulyo dan Terong (data 2021–2025); hasil analisis (proyeksi 2045).

Tabel 3. Uji kesesuaian metode proyeksi pada Dusun Ngenep

Metode	Proyeksi 2045 (jiwa)	Simpangan baku	Keputusan
Aritmatik	737	13,46	Terpilih
Geometrik	776	13,69	–
Eksponensial	778	13,81	–

Sumber: hasil analisis (2026).

Hasil proyeksi seluruh dusun menunjukkan penduduk wilayah perencanaan meningkat dari 2.934 jiwa (2025) menjadi 3.286 jiwa (2045), atau rata-rata 0,57% per tahun. Pertumbuhan tertinggi terjadi di Ngenep (30,0%) dan Maladah (20,0%), sedangkan Rejosari diproyeksikan menurun tipis (−2,0%) mengikuti tren data historis. Dengan jumlah penduduk di bawah 20.000 jiwa, wilayah ini masuk kategori desa menurut kriteria Ditjen Cipta Karya.

Proyeksi Kebutuhan Air dan Blok Pelayanan

Cakupan pelayanan ditetapkan 70% sehingga penduduk terlayani pada tahun 2045 berjumlah 2.300 jiwa (460 SR). Sebagai ilustrasi, pada Dusun Ngenep (737 jiwa) penduduk terlayani 516 jiwa (103 SR) dengan Q_D = 0,651 L/detik (SR 0,597 dan HU 0,054), Q_{ND} = 0,070 L/detik, kebocoran 0,144 L/detik, Q_r = 0,865 L/detik, dan Q_p = 1,51 L/detik. Rekapitulasi seluruh dusun disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi kebutuhan air tahun 2045

Uraian	Maladah	Pencitrejo	Ngenep	Rejosari	Sendangsari	Total
Penduduk 2025 (jiwa)	325	669	567	640	733	2.934
Proyeksi 2045 (jiwa)	390	744	737	627	788	3.286
Penduduk terlayani 70% (jiwa)	273	521	516	439	552	2.300
Sambungan rumah (unit)	55	104	103	88	110	460
Domestik, Q_D (L/detik)	0,34	0,66	0,65	0,55	0,70	2,90
Non domestik, Q_{ND} (L/detik)	0,18	0,04	0,07	0,01	0,06	0,36
Total $Q_D + Q_{ND}$ (L/detik)	0,53	0,69	0,72	0,56	0,76	3,26
Kebocoran 20% (L/detik)	0,11	0,14	0,14	0,11	0,15	0,65
Rata-rata, Q_r (L/detik)	0,63	0,83	0,87	0,68	0,91	3,91
Hari maksimum, Q_{md} (×1,20)	0,76	1,00	1,04	0,81	1,09	4,70
Jam puncak, Q_p (×1,75)	**1,10**	**1,46**	**1,51**	**1,18**	**1,59**	**6,85**

Sumber: hasil analisis (2026). Angka dibulatkan dua desimal; total dihitung dari nilai yang belum dibulatkan.

Kebutuhan domestik mendominasi dengan 2,90 L/detik (89% dari kebutuhan total sebelum kehilangan air), sedangkan non domestik 0,36 L/detik (11%). Dengan kehilangan air 20% (0,65 L/detik), kebutuhan rata-rata mencapai 3,91 L/detik (337,8 m³/hari), kebutuhan hari maksimum 4,70 L/detik, dan kebutuhan jam puncak 6,85 L/detik yang menjadi dasar perancangan kapasitas jaringan. Kebutuhan rata-rata setara sekitar 147 L/jiwa/hari per jiwa terlayani; angka ini lebih tinggi daripada konsumsi unit SR (100 L/orang/hari) karena sudah mencakup hidran umum, non domestik, dan kehilangan air.

Wilayah pelayanan dibagi menjadi lima blok (Blok 1–5) berdasarkan batas administratif dusun untuk memudahkan pengaturan distribusi, isolasi bagian jaringan saat terjadi kerusakan, serta pemantauan debit, tekanan, dan kehilangan air (Mahardika, 2023). Total luas blok pelayanan 5,22 km² atau 27,97% dari luas dua kalurahan terkait (18,66 km²).

Konfigurasi Sistem dan Perancangan Komponen

1. Sistem pelayanan dan transmisi

Sistem pelayanan menggabungkan pompa dan gravitasi: transmisi menggunakan pompa, sedangkan distribusi mengalir secara gravitasi dari Reservoir Mungker. Air baku diambil dari Sungai Oyo (muka air +83,55 m) dengan pompa intake menuju IPA Maladah (+98,37 m) melalui pipa HDPE sepanjang 505,25 m. Dari IPA, air bersih dipompa menuju Reservoir Mungker (+419,97 m) melalui pipa transmisi sepanjang 5.286 m. Beda elevasi 321,6 m dibagi menjadi tiga tahap pemompaan masing-masing 107,2 m, sehingga pompa booster berada pada elevasi +98,37 m (IPA), +205,57 m, dan +304,07 m. Mengingat HDPE PN-16 setara tekanan 160 m, pemompaan tunggal untuk beda elevasi 321,6 m tidak dimungkinkan tanpa melampaui kelas tekanan pipa; pemompaan bertahap menjaga tekanan operasi tetap di bawah batas tersebut (tekanan maksimum simulasi 120,21 mka).

2. Pompa

Head pompa intake dihitung dari head statis 14,8 m, kehilangan tekanan 0,58 m (persamaan 7 dengan Q = 6,85 L/detik, C = 140, dan D = 150 mm), serta sisa tekan 10 m, sehingga diperoleh 25,4 m dan dibulatkan menjadi 26 m. Pada booster, head statis 107,2 m ditambah kehilangan tekanan 2,92; 1,23; dan 0,68 m menghasilkan 110,12; 108,43;

dan 107,88 m, yang dibulatkan menjadi 110 m. Debit tiap tahap menurun dari 6,85 menjadi 5,75 dan 4,57 L/detik karena sebagian kebutuhan (1,10 dan 1,18 L/detik) diambil dari percabangan pada stasiun booster 2 dan 3 (Tabel 5).

Tabel 5. Spesifikasi pompa: rencana dan hasil simulasi EPANET 2.2

Pompa	Head rencana (m)	Debit rencana (L/detik)	Head simulasi (m)	Debit simulasi (L/detik)
Pompa intake	26	6,85	25,50	6,64
Pompa booster 1	110	6,85	110,12	6,89
Pompa booster 2	110	5,75	108,43	5,68
Pompa booster 3	110	4,57	107,88	4,43

Sumber: hasil analisis (2026).

Perhitungan awal tersebut memakai diameter nominal 150 mm, sedangkan model EPANET memakai diameter dalam 130,8 mm sehingga kehilangan tekanan pada simulasi lebih besar (0,99–2,25 m/km pada ruas transmisi utama atau sekitar 5,8 m pada ruas booster 1). Head yang dihasilkan simulasi tetap mampu menjaga tekanan pada tank antara T2 dan T3 sebesar 6,25 dan 10,00 mka (T4: 4,92 mka), sehingga head rencana 110 m dinilai memadai. Temuan ini menunjukkan bahwa perhitungan manual awal perlu diverifikasi dengan simulasi sebelum spesifikasi pompa ditetapkan.

3. Reservoir Distribusi

Volume reservoir ditentukan dari kurva massa fluktuasi pemakaian air (Ditjen Cipta Karya, 1994) dengan suplai konstan 4,17% per jam. Akumulasi selisih suplai dan pemakaian mencapai maksimum +9,31% dan minimum −9,64%, sehingga fluktuasi sebesar 18,95% dari volume harian 337,82 m³ atau 64 m³ (persamaan 11). Dimensi bangunan direncanakan 4,62 m × 4,62 m × 3 m yang ditopang menara setinggi 3 m, ditempatkan di Puncak Mungker (+419,97 m) sehingga seluruh blok pelayanan berada di bawah elevasi reservoir dan dapat dialiri secara gravitasi.

4. Pipa

Sebagai contoh, ruas junction 6–7 membawa 6,85 L/detik sehingga diameter hitung pada kecepatan 1 m/detik adalah 93,3 mm. Pipa utama kemudian dipilih HDPE ø160 mm (diameter dalam 130,8 mm) untuk memberi ruang pengembangan jaringan, dengan kecepatan aktual 0,51 m/detik. Ruas berdebit lebih kecil menggunakan ø140, ø90, dan ø75 mm. Panjang total jaringan 7.552,30 m, terdiri atas transmisi air baku 505,25 m, transmisi air bersih 5.286,00 m, dan distribusi 1.761,05 m (Tabel 6).

Tabel 6. Spesifikasi dan panjang pipa HDPE

Diameter luar (mm)	Diameter dalam (mm)	Panjang (m)	Proporsi (%)
160	130,8	6.061,68	80,3
140	114,6	328,87	4,4
90	73,6	1.156,75	15,3
75	61,4	5,00	0,1
Total		**7.552,30**	**100,0**

Sumber: hasil analisis (2026)

Pemilihan diameter yang jauh lebih besar daripada diameter hitung menurunkan kecepatan aliran ke batas bawah kriteria (0,30 m/detik pada ruas L58–L59) dan meningkatkan biaya material. Optimasi diameter berdasarkan biaya siklus hidup, yang menyeimbangkan biaya pipa dan energi pemompaan, perlu dikaji pada tahap perancangan berikutnya.

Hasil Simulasi Hidraulik EPANET 2.2

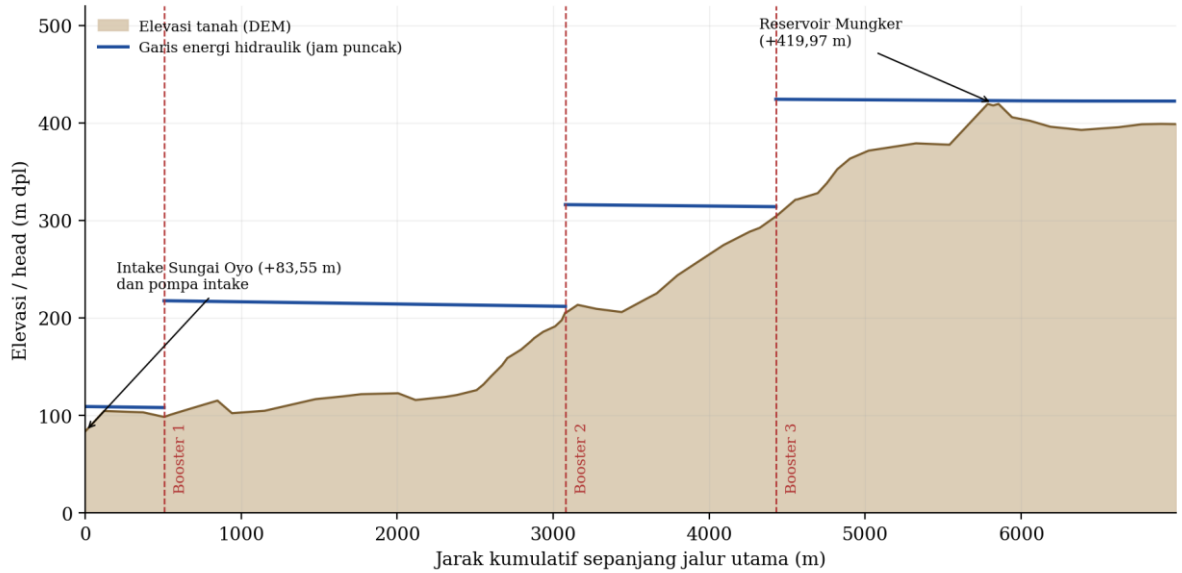
Simulasi 24 jam ditinjau pada jam puncak (pukul 08.00). Kehilangan air telah dimasukkan dalam *base demand* sehingga pengali demand bernilai 1. Demand dialokasikan pada lima node, yaitu 1,10; 1,18; 1,46; 1,51; dan 1,59 L/detik (total 6,84 L/detik) yang sesuai dengan Q_p tiap blok. Ringkasan hasil dan evaluasinya terhadap kriteria disajikan pada Tabel 7, sedangkan profil elevasi tanah dan garis energi hidraulik pada Gambar 1.

Tekanan pada seluruh titik pelayanan berkisar 11,25–39,91 mka sehingga memenuhi batas minimum 5 mka. Tekanan tertinggi, 120,21 mka, terjadi pada keluaran pompa booster 3 dan masih berada di bawah kapasitas HDPE PN-16. Empat titik bertekanan di bawah 5 mka tidak berfungsi sebagai titik pelayanan: J2 berada pada pipa air baku sebelum IPA, J54 dan J55 berada pada elevasi tertinggi jaringan (419,44 m) di dekat awal distribusi dan tidak memiliki demand, sedangkan T4 adalah tank penampung. Tekanan rendah pada J54 dan J55 konsisten dengan posisinya di elevasi tertinggi jaringan dan dekat reservoir; hal ini perlu dicermati pada perancangan detail karena sambungan pelanggan yang kelak ditambahkan di sekitar lokasi tersebut akan memperoleh tekanan yang rendah.

Tabel 7. Ringkasan hasil simulasi jam puncak dan evaluasi terhadap kriteria

Parameter	Hasil simulasi	Kriteria	Evaluasi
Tekanan pada 5 node ber-demand	11,25–39,91 mka	≥ 5 mka	Memenuhi
Tekanan maksimum	120,21 mka (J43, keluaran booster 3)	≤ 160 m (PN-16)	Memenuhi
Tekanan minimum seluruh node	3,42 mka (J55)	≥ 5 mka	Di bawah 5 mka pada J2 (4,32), J54 (3,49), J55 (3,42), dan tank T4 (4,92); seluruhnya tanpa demand
Kecepatan aliran pada ruas berdebit	0,30–0,51 m/detik	0,3–3,0 m/detik	Memenuhi; maksimum pada L4–L29, minimum pada L58–L59
Kehilangan tekanan satuan maksimum	3,41 m/km (L42)	< 10 m/km	Memenuhi

Sumber: hasil simulasi EPANET 2.2 (2026).



Gambar 1. Profil elevasi tanah dan garis energi hidraulik pada jam puncak sepanjang jalur utama dari intake hingga node ujung distribusi.

Kecepatan aliran pada ruas berdebit berkisar 0,30–0,51 m/detik dan seluruhnya berada dalam rentang kriteria 0,3–3,0 m/detik, namun nilai terendah berada tepat pada batas bawah. Dua ruas berada di luar rentang tersebut pada tabel keluaran simulasi: L30 (5 m) tercatat 0,08 m/detik dan L62 tidak dialiri air karena node ujungnya tidak memiliki demand; keduanya perlu ditinjau ulang pada tahap perancangan detail. Kehilangan tekanan satuan maksimum 3,41 m/km jauh di bawah batas 10 m/km. Pada jam puncak, reservoir sumber mengalirkan 6,64 L/detik dan selisih terhadap kebutuhan puncak dipenuhi dari simpanan pada tank (T1–T4), sehingga jaringan dapat melayani kebutuhan puncak tanpa menurunkan tekanan di bawah kriteria pada titik pelayanan. Secara keseluruhan, jaringan dapat menyalurkan air ke wilayah pelayanan pada medan berbukit dengan variasi elevasi yang besar.

Perencanaan SPAM dan Implikasinya terhadap Kesehatan

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) memiliki keterkaitan yang erat dengan derajat kesehatan masyarakat. Akses terhadap air minum yang tercemar dapat meningkatkan risiko penyakit berbasis air, seperti diare dan kolera. Sebaliknya, ketersediaan air yang memadai mendukung higiene dan sanitasi masyarakat (World Health Organization [WHO], 2023). Kapanewon Dlingo, Kabupaten Bantul, sebagai wilayah perbukitan karst dengan keterbatasan sumber air permukaan pada musim kemarau, menghadapi tantangan pemenuhan air bersih yang berdampak langsung pada status kesehatan dan sanitasi masyarakat. Perencanaan SPAM Unit Dlingo I yang memanfaatkan Sungai Oyo sebagai sumber air baku memiliki keterkaitan erat dengan upaya pencegahan penyakit berbasis lingkungan. Hubungan ini terutama berkaitan dengan terjaminnya kualitas air, kecukupan pasokan, serta perlindungan air selama proses pengolahan dan distribusi. Kapanewon Dlingo, Kabupaten Bantul, memerlukan perencanaan penyediaan air minum yang mempertimbangkan kondisi geografis dan ketersediaan sumber air, terutama pada musim kemarau. Perencanaan SPAM Unit Dlingo I dengan memanfaatkan Sungai Oyo sebagai sumber air baku perlu didukung kajian kuantitas dan kualitas air, pengolahan yang sesuai, serta jaringan distribusi yang mampu menjaga keamanan dan kontinuitas pelayanan (Pemerintah Kabupaten Bantul, 2024). Perencanaan SPAM tidak hanya bertujuan memenuhi kebutuhan air masyarakat, tetapi juga mendukung pencegahan penyakit berbasis lingkungan. Pengendalian risiko pencemaran

dari sumber air hingga konsumen perlu dilakukan melalui pengolahan dan pemantauan kualitas air secara berkala (WHO, 2022).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Wilayah perencanaan belum terlayani jaringan perpipaan Perumda AM dan memiliki beda elevasi 336,42 m (83,55–419,97 mdpl). Penduduk diproyeksikan meningkat dari 2.934 jiwa (2025) menjadi 3.286 jiwa (2045). Dengan cakupan pelayanan 70% (2.300 jiwa), kebutuhan air rata-rata, hari maksimum, dan jam puncak berturut-turut 3,91; 4,70; dan 6,85 L/detik, sedangkan debit rerata bulanan Sungai Oyo (8,18 m^3/detik) jauh melampaui kebutuhan tersebut.
2. SPAM Unit Dlingo I dirancang dengan transmisi bersistem pompa (satu pompa intake dan tiga pompa booster berhead 26 m dan 3 × 110 m), reservoir distribusi 64 m^3 di Puncak Mungker, dan distribusi gravitasi melalui jaringan HDPE ø75–160 mm sepanjang 7.552,30 m. Simulasi EPANET 2.2 pada jam puncak menghasilkan tekanan 11,25–39,91 mka pada seluruh titik pelayanan, tekanan maksimum 120,21 mka (di bawah batas PN-16), dan kecepatan 0,30–0,51 m/detik pada ruas berdebit, sehingga memenuhi kriteria Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 pada titik pelayanan. Tekanan di bawah 5 mka hanya terjadi pada J2, J54, J55, dan tank T4 yang bukan titik pelayanan.
3. Perencanaan SPAM tidak hanya bertujuan memenuhi kebutuhan air masyarakat, tetapi juga mendukung pencegahan penyakit berbasis lingkungan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Memverifikasi ketersediaan debit Sungai Oyo pada musim kemarau dan memperoleh perizinan pemanfaatan air baku sebelum perancangan detail.
2. Mengoptimalkan diameter pipa dan konfigurasi pompa melalui analisis biaya siklus hidup (biaya investasi dan energi), serta meninjau ulang ruas L30 dan L62 pada tahap perancangan detail.
3. Menguji sensitivitas hasil terhadap cakupan pelayanan, laju pertumbuhan penduduk, dan kehilangan air, serta menyimulasikan tahapan pembangunan bertahap.
4. Melakukan pemantauan dan evaluasi berkala terhadap jaringan, termasuk pengukuran tekanan dan debit pada tiap blok pelayanan setelah sistem beroperasi.
5. Melaksanakan kajian kualitas dan kuantitas air Sungai Oyo sebagai sumber air baku

DAFTAR PUSTAKA

Adji, M. P., & Amalia, A. (2023). Permodelan jaringan distribusi air bersih di CV. X untuk kawasan industri dengan aplikasi EPANET. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, *3*(2), 67–75.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul. (2026a). *Kabupaten Bantul dalam angka 2026*. BPS Kabupaten Bantul.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul. (2026b). *Kecamatan Dlingo dalam angka 2026*. BPS Kabupaten Bantul.

Bappenas. (2025). *Ringkasan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Tahun 2025–2029*. Kementerian PPN/Bappenas.

Brafiadi, A. (2017). *Perencanaan sistem penyediaan air minum di Kecamatan Banyuates Kabupaten Sampang* [Tugas akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].

Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*.

Direktorat Jenderal Bina Konstruksi. (2024). *Surat Edaran Nomor 68/SE/Dk/2024 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum* (diperbarui melalui Surat Edaran Nomor 47/SE/Dk/2026).

Direktorat Jenderal Cipta Karya. (1994). Petunjuk Teknis Air Bersih. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Kriteria kebutuhan air domestik dan non domestik*.

Gusnika, F. H. (2024). *Perencanaan jaringan pipa distribusi air minum menggunakan simulasi EPANET 2.2 di Desa Sugihan Kecamatan Bendosari Perumda Air Minum Tirta Makmur Kabupaten Sukoharjo tahun 2024–2028* [Tugas akhir, Akademi Teknik Tirta Wiyata].

Kamelia, F. S. (2023). *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Kecamatan Sidayu Kabupaten Gresik menggunakan EPANET 2.2* [Skripsi, UIN Sunan Ampel Surabaya].

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*.

Mahardika, A. V. (2023). *Evaluasi jaringan pipa distribusi menggunakan program EPANET 2.2 di DMA Banyumanik Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang* [Tugas akhir, Akademi Teknik Tirta Wiyata].

Maulana, A. P. (2024). *Perencanaan jaringan pipa distribusi air bersih di Perumahan Grand Tamansari Kalieungu Perumda Air Minum Tirto Panguripan Kabupaten Kendal menggunakan simulasi EPANET 2.2* [Tugas akhir, Akademi Teknik Tirta Wiyata].

Pemerintah Kabupaten Bantul. (2024). Peraturan Bupati Bantul Nomor 2 Tahun 2024 tentang Perubahan Atas Peraturan Bupati Bantul Nomor 139 Tahun 2021 tentang Rencana Induk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Bantul Tahun 2021–2030. Bantul: Pemerintah Kabupaten Bantul.

Pemerintah Kabupaten Bantul. (2024). Peraturan Bupati Bantul Nomor 2 Tahun 2024 tentang Perubahan atas Peraturan Bupati Bantul Nomor 139 Tahun 2021 tentang Rencana Induk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Bantul Tahun 2021–2030.

Pemerintah Kabupaten Bantul. (2025). *Keputusan Bupati Bantul Nomor 526 Tahun 2025 tentang Standarisasi Harga Barang dan Jasa Tahun Anggaran 2026*.

Prijono. (2021). *Perencanaan jaringan perpipaan air minum* [Modul]. Akademi Teknik Tirta Wiyata.

Putra, I. D., Saleh, R., & Rahmayanti, H. (2024). Analisis proyeksi kebutuhan air bersih di permukiman padat Kelurahan Pademangan Barat, Jakarta Utara. *Journal of Engineering Education and Pedagogy*.

Rossman, L. A. (2000). *EPANET 2 users manual* (EPA/600/R-00/057). U.S. *Environmental Protection Agency*.

Rossman, L. A., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R., & Haxton, T. (2020). *EPANET 2.2 user manual* (EPA/600/R-20/133). U.S. Environmental Protection Agency.

Standar Nasional Indonesia. (2011). *SNI 7511:2011 Tata cara pemasangan pipa transmisi dan distribusi serta bangunan pelengkapnya untuk air minum*. Badan Standardisasi Nasional.

Wicaksono, G. S. (2023). *Evaluasi jaringan pipa distribusi dengan pemanfaatan simulasi program EPANET 2.2 di DMA Silempah Cabang Sapuran Perumda Air Minum Tirta Aji Kabupaten Wonosobo* [Tugas akhir, Akademi Teknik Tirta Wiyata].

World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda.*

World Health Organization. (2023). Drinking-water.

Yelmi, H. (2025). Analisis strategi Perumda Tirta Kampar dalam transformasi layanan air minum. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, *3*(2), 6169–6181.