

# Evaluasi Potensi Sumber Air Tanah dan Strategi Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Jangka Panjang Di Desa Gubug, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali: Tinjauan dari Aspek Teknik Sipil dan Keberlanjutan

Ihsanudin Andi Sukirno<sup>1</sup>, Budiyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Teknologi Nasional Malang, <sup>2</sup>Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>1</sup>[Ihsanudin@gmail.com](mailto:Ihsanudin@gmail.com), <sup>2</sup>[Budimeuble@gmail.com](mailto:Budimeuble@gmail.com)

## Abstrak

Ketersediaan air bersih menjadi faktor penting bagi peningkatan kualitas hidup masyarakat pedesaan. Penelitian ini mengevaluasi potensi air tanah dan merumuskan strategi perencanaan sistem penyediaan air bersih jangka panjang di Desa Gubug, Kecamatan Cepogo, Boyolali, dengan mempertimbangkan aspek teknik sipil dan keberlanjutan. Metode yang digunakan meliputi studi lapangan, pengukuran hidrologi, uji kualitas air, wawancara, serta analisis data sekunder. Hasil menunjukkan bahwa desa berada pada zona akuifer produktif sedang dengan muka air tanah 8–12 meter, debit sumur gali 0,4–0,8 L/detik, dan sumur bor 1,2–2,5 L/detik. Kualitas air umumnya memenuhi standar, meskipun terdapat indikasi kontaminasi mikrobiologis di beberapa titik padat penduduk. Proyeksi kebutuhan air hingga 2045 sebesar 540–600 m<sup>3</sup>/hari masih dapat dipenuhi oleh potensi 700–750 m<sup>3</sup>/hari. Strategi penyediaan mencakup jaringan distribusi ±5 km, reservoir 100 m<sup>3</sup>, pompa hemat energi, monitoring kualitas air, konservasi resapan, rainwater harvesting, dan pengelolaan berbasis komunitas.

**Kata Kunci** : Air tanah; penyediaan air bersih; teknik sipil; keberlanjutan; Desa Gubug Boyolali

## Abstract

*The availability of clean water is a crucial factor in improving the quality of life in rural communities. This study evaluates the groundwater potential and formulates long-term planning strategies for a clean water supply system in Gubug Village, Cepogo District, Boyolali Regency, considering civil engineering and sustainability aspects. The methods employed include field surveys, hydrological measurements, water quality testing, community interviews, and analysis of secondary data. The results indicate that the village lies within a moderately productive aquifer zone with a groundwater table depth of 8–12 meters, discharge rates of 0.4–0.8 L/s for dug wells and 1.2–2.5 L/s for drilled wells. Water quality generally meets standards, although some densely populated areas show signs of microbiological contamination. Projected water demand until*

*2045 is estimated at 540–600 m<sup>3</sup>/day, which can still be supported by groundwater potential of 700–750 m<sup>3</sup>/day. The proposed strategies include a ±5 km distribution network, a 100 m<sup>3</sup> reservoir, energy-efficient pumping systems, periodic water quality monitoring, recharge area conservation, rainwater harvesting, and community-based management.*

**Keywords**: Groundwater; clean water supply; civil engineering; sustainability; Gubug Boyolali Village

## I. PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan dasar masyarakat yang berhubungan langsung dengan kualitas hidup, kesehatan, dan keberlanjutan lingkungan (Wahyudin et al., 2024). Di Indonesia, khususnya wilayah pedesaan, air tanah masih menjadi sumber utama dalam pemenuhan kebutuhan domestik maupun produktif. Namun, tingginya pertumbuhan penduduk, perubahan tata guna lahan, dan variasi iklim telah menimbulkan tekanan terhadap ketersediaan dan kualitas sumber daya air tanah (Rajagukguk et al., 2015). Kondisi ini menuntut adanya perencanaan sistem penyediaan air bersih yang tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga menjamin keberlanjutan bagi generasi mendatang (Metode et al., n.d.).

Desa Gubug, yang terletak di Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, merupakan wilayah yang memiliki potensi sumber air tanah cukup signifikan. Akan tetapi,

pemanfaatan yang belum optimal, ditambah keterbatasan infrastruktur penyediaan air bersih, berpotensi menimbulkan masalah keberlanjutan (Saniti, 2012). Ketergantungan pada sumur gali dan sumur pompa tanpa evaluasi kapasitas dan daya dukung jangka panjang dapat memicu penurunan muka air tanah, penurunan kualitas air, serta konflik pemanfaatan antarwarga (Rajagukguk et al., 2015). Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi mendalam mengenai potensi sumber air tanah, termasuk kuantitas, kualitas, serta distribusinya, sebagai dasar perencanaan sistem penyediaan air bersih yang efektif.

Dari perspektif teknik sipil, penyediaan air bersih bukan hanya persoalan ketersediaan sumber, tetapi juga menyangkut perencanaan jaringan, kapasitas distribusi, efisiensi penggunaan energi, serta pemilihan teknologi yang sesuai dengan kondisi lokal (Wahyudin et al., 2024). Sementara itu, dari perspektif keberlanjutan, perencanaan sistem penyediaan air bersih harus mempertimbangkan prinsip konservasi, pemerataan akses, serta adaptasi terhadap perubahan lingkungan. Integrasi kedua aspek ini akan menghasilkan strategi pengelolaan air yang tidak hanya andal secara teknis, tetapi juga berkelanjutan secara sosial dan lingkungan.

Sutopo & Pranoto (2018) meneliti pemanfaatan air tanah di wilayah lereng Merapi dan menemukan bahwa peningkatan jumlah sumur bor tanpa pengaturan berpotensi menurunkan muka air tanah secara signifikan. Hidayat et al. (2020) menekankan pentingnya analisis kualitas air tanah di pedesaan sebagai dasar perencanaan sistem penyediaan air bersih, karena pencemaran domestik sering kali tidak terpantau. Putra & Santosa (2021) melakukan kajian perencanaan sistem penyediaan air bersih di daerah Boyolali dengan pendekatan teknik sipil, namun penelitian lebih menitikberatkan pada aspek distribusi jaringan dan belum menyoroti keberlanjutan penggunaan sumber daya air tanah.

Nugroho (2022) mengkaji konsep keberlanjutan dalam pengelolaan air di pedesaan Jawa Tengah, dan menyimpulkan bahwa partisipasi masyarakat serta

konservasi air perlu diintegrasikan ke dalam perencanaan infrastruktur teknis. Rahayu & Widodo (2023) meneliti potensi air tanah di daerah Cepogo, namun fokus penelitian hanya pada aspek hidrogeologi tanpa membahas strategi perencanaan jangka panjang sistem penyediaan air bersih.

Banyak penelitian berfokus pada aspek teknis (hidrogeologi, kualitas air, distribusi jaringan) atau aspek sosial (partisipasi masyarakat), tetapi belum ada penelitian komprehensif yang mengintegrasikan keduanya dalam kerangka teknik sipil dan keberlanjutan. Studi terkait penyediaan air bersih di Kabupaten Boyolali masih terbatas. Desa Gubug, sebagai salah satu desa di Kecamatan Cepogo dengan potensi sumber air tanah cukup besar, belum pernah diteliti secara khusus terkait potensi sumber daya air tanah dan strategi penyediaan air bersih jangka panjang. Sebagian besar penelitian menggunakan pendekatan parsial: hanya analisis kualitas air, atau perencanaan jaringan distribusi, tanpa melakukan evaluasi menyeluruh terhadap potensi air tanah, sistem distribusi, dan keberlanjutan penggunaan secara bersamaan. Belum ada model atau strategi perencanaan penyediaan air bersih jangka panjang yang bisa langsung diaplikasikan oleh pemerintah desa maupun masyarakat lokal di wilayah Cepogo, khususnya Desa Gubug, untuk menjawab tantangan kebutuhan air bersih di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk: (1) mengevaluasi potensi sumber air tanah di Desa Gubug, (2) merumuskan strategi perencanaan sistem penyediaan air bersih jangka panjang berbasis prinsip teknik sipil, dan (3) memastikan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air bagi masyarakat setempat. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi perencanaan pembangunan desa, serta menjadi model percontohan pengelolaan air bersih berkelanjutan di wilayah pedesaan.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif analitis dengan metode studi lapangan (Ridwan et al., 2021). Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian tidak hanya mengevaluasi potensi sumber air tanah secara teknis, tetapi juga merumuskan strategi penyediaan air bersih yang berkelanjutan (Sudipa, N. (2024). Lokasi penelitian adalah Desa Gubug, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, yang dipilih karena memiliki potensi sumber air tanah cukup besar namun belum dikelola secara optimal untuk penyediaan air bersih jangka panjang. Data primer observasi lapangan identifikasi sumber air tanah (sumur gali, sumur bor, mata air). Pengukuran hidrologi kedalaman muka air tanah, debit sumber air, dan kondisi kualitas air secara fisik (warna, bau, kekeruhan). Wawancara dengan perangkat desa, masyarakat, dan pihak pengelola air terkait kebutuhan serta permasalahan distribusi air bersih.

Data sekunder adalah peta geologi, hidrogeologi, dan tata guna lahan dari instansi terkait. Data curah hujan, iklim, dan hidrologi dari BMKG dan Dinas PU (Fithry & Lopa, 2023). Data kependudukan dan proyeksi pertumbuhan penduduk dari BPS Kabupaten Boyolali. Teknik pengumpulan data survei lapangan untuk identifikasi dan pengukuran potensi sumber air tanah. **Uji laboratorium** terhadap sampel air tanah untuk menilai kualitas (pH, kandungan TDS, kesadahan, bakteriologis).

Kuesioner dan wawancara terstruktur untuk menggali kebutuhan air bersih, pola konsumsi, dan persepsi masyarakat tentang keberlanjutan pengelolaan air (Komalasari, 2020). Analisis potensi air tanah perhitungan debit ( $Q$ ) menggunakan metode volumetrik dan pengukuran lapangan. Evaluasi kualitas air berdasarkan standar Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Air Bersih. Perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air masyarakat dengan formula standar kebutuhan air bersih per kapita (60–120 liter/orang/hari). Perancangan jaringan distribusi

air bersih menggunakan prinsip hidrolika jaringan pipa (Hardy Cross Method/EPANET). Analisis kapasitas reservoir, pipa distribusi, dan sistem pompa sesuai dengan kondisi topografi desa. Hasil analisis divalidasi melalui: **triangulasi data** (observasi, wawancara, dokumen sekunder), ((Susanto et al., 2024). Diskusi kelompok terfokus (FGD) dengan perangkat desa dan masyarakat. Konsultasi dengan pakar teknik sipil dan lingkungan.

### III. Hasil dan Pembahasan

Hasil survei geologi dan hidrogeologi menunjukkan bahwa Desa Gubug berada pada zona akuifer produktif sedang dengan lapisan batuan vulkanik porus dari lereng Merapi. Kedalaman muka air tanah rata-rata 8–12 meter, dengan debit sumur gali berkisar 0,4–0,8 liter/detik dan sumur bor mencapai 1,2–2,5 liter/detik. Uji laboratorium menunjukkan bahwa parameter fisik (kejernihan, bau, rasa) memenuhi standar Permenkes No. 492/2010. Parameter kimia (pH 6,8–7,2, kandungan nitrat 2–8 mg/L, Fe < 0,3 mg/L) masih dalam batas aman. Namun, pada beberapa titik dekat pemukiman padat ditemukan indikasi kontaminasi bakteri E. coli, sehingga diperlukan sistem desinfeksi sederhana (klorinasi atau UV).

Jumlah penduduk Desa Gubug diproyeksikan mencapai  $\pm 4.500$  jiwa pada 2045. Berdasarkan standar kebutuhan 100–120 liter/jiwa/hari (SNI 7509:2011), kebutuhan total air bersih diperkirakan sekitar 540–600 m<sup>3</sup>/hari. Sementara itu, potensi sumber air tanah yang dapat dieksploitasi berkelanjutan adalah  $\pm 700$ –750 m<sup>3</sup>/hari. Artinya, ketersediaan air tanah masih mampu mencukupi kebutuhan hingga 20 tahun mendatang, dengan syarat pengelolaan konservatif.

Saat ini masyarakat masih bergantung pada sumur gali dan sumur bor individu. Belum terdapat sistem jaringan pipa terpusat (SPAM desa), sehingga distribusi tidak merata dan rawan konflik pemanfaatan

saat musim kemarau. Hasil perhitungan hidrolika menunjukkan kebutuhan pipa distribusi utama sepanjang  $\pm 5$  km dengan diameter 100 mm, serta reservoir berkapasitas 100 m<sup>3</sup> sebagai penyeimbang debit dan tekanan. Pemompaan dapat menggunakan pompa listrik dengan kapasitas 3–5 L/detik, ditunjang oleh energi surya (PLTS desa) untuk menekan biaya operasional dan mendukung prinsip keberlanjutan.

Potensi air tanah Desa Gubug masih mencukupi kebutuhan jangka panjang (20 tahun) dengan pengelolaan konservatif. Kualitas air relatif baik, namun ada titik dengan kontaminasi mikrobiologis yang perlu penanganan. Sistem distribusi air bersih perlu dirancang dengan jaringan pipa terpusat dan reservoir untuk pemerataan layanan. Strategi keberlanjutan harus mengintegrasikan konservasi, teknologi hemat energi, serta partisipasi masyarakat.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Desa Gubug memiliki potensi sumber air tanah yang relatif memadai karena posisinya berada di daerah kaki Gunung Merapi dengan formasi geologi vulkanik muda yang kaya akan akuifer produktif. Debit rata-rata sumur gali dan sumur bor menunjukkan variasi antara 2–10 liter/detik, yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dasar rumah tangga. Namun, ketersediaan air tanah sangat dipengaruhi oleh curah hujan musiman. Pada musim kemarau, sebagian sumur mengalami penurunan debit hingga 40–60%, menandakan adanya keterbatasan kapasitas *recharge*.

Selain kuantitas, aspek kualitas juga menjadi perhatian. Uji kualitas air tanah memperlihatkan bahwa sebagian titik sumur memenuhi standar air bersih (pH 6,5–7,5; TDS < 500 mg/L), tetapi terdapat indikasi pencemaran domestik pada sumur di dekat permukiman padat (Gumilar, 2023). Hal ini mengindikasikan perlunya sistem perlindungan dan pengelolaan sumber air tanah yang lebih terencana.

Berdasarkan proyeksi pertumbuhan penduduk Desa Gubug selama 20 tahun ke depan, kebutuhan air bersih

diperkirakan meningkat hingga 1,5–2 kali lipat dari kondisi saat ini. Jika tidak ada strategi pengelolaan yang berkelanjutan, eksploitasi sumur individu akan menimbulkan risiko over-extraction, penurunan muka air tanah, dan penurunan kualitas air. Tantangan lainnya adalah keterbatasan infrastruktur distribusi. Saat ini sebagian besar masyarakat masih mengandalkan sumur gali pribadi tanpa sistem perpipaan terintegrasi.

Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidakmerataan akses, terutama bagi rumah tangga yang berada di lahan berbatu atau daerah dengan akuifer tipis (Padji Kana, Y. (2024). Dari aspek teknik sipil, strategi penyediaan air bersih jangka panjang di Desa Gubug perlu memperhatikan: pembangunan sumur produksi bersama, bak penampung, dan jaringan distribusi pipa yang dapat menjangkau seluruh dusun. Memperhitungkan debit maksimum dan minimum sumber air tanah, serta proyeksi kebutuhan penduduk hingga 20–30 tahun mendatang. Penggunaan pompa hemat energi dan teknologi gravitasi pada daerah dengan elevasi tinggi untuk menekan biaya operasional. Penerapan sistem monitoring debit dan kualitas air secara periodik untuk mencegah kerusakan akuifer dan pencemaran.



**Gambar 2.** Pelatihan Disaster

Perencanaan sistem air bersih tidak hanya menitikberatkan pada aspek teknis, tetapi juga pada prinsip keberlanjutan, yaitu: menjaga daerah resapan melalui penghijauan, sumur resapan, dan perlindungan

daerah aliran sungai (DAS) mikro (NOLING). Sistem penyediaan air harus memastikan keadilan bagi seluruh warga, tidak hanya yang mampu membangun sumur pribadi. Pengelolaan air berbasis komunitas (community based water management) akan memperkuat rasa memiliki dan keberlanjutan pemeliharaan infrastruktur. Strategi penyimpanan air hujan (rainwater harvesting) dapat menjadi cadangan pada musim kemarau, sehingga tekanan terhadap air tanah berkurang (De Vito et al., 2024).

Pembahasan menunjukkan bahwa keberhasilan sistem penyediaan air bersih jangka panjang di Desa Gubug bergantung pada integrasi antara aspek teknik sipil dan keberlanjutan. Dari sisi teknik sipil, diperlukan perencanaan infrastruktur yang tepat, efisien, dan andal. Dari sisi keberlanjutan, perlu adanya konservasi sumber daya air, pelibatan masyarakat, serta kebijakan lokal yang mendukung pengelolaan air berbasis lingkungan (Hanum et al., 2022). Pendekatan integratif ini akan menghasilkan sistem penyediaan air bersih yang tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga mampu bertahan menghadapi dinamika sosial, pertumbuhan penduduk, serta tantangan perubahan iklim di masa depan.



**Gambar 2.** Desa Gubug

Desa Gubug memiliki potensi air tanah yang cukup, tetapi rentan terhadap eksploitasi berlebihan dan pencemaran (Metode et al., n.d.). Strategi perencanaan jangka panjang harus memadukan perhitungan teknik sipil (debit, kapasitas, jaringan distribusi) dengan prinsip keberlanjutan (konservasi,

pemerataan, partisipasi masyarakat, adaptasi iklim). Dengan demikian, sistem penyediaan air bersih dapat terjamin keberlanjutannya dan mendukung kesejahteraan masyarakat secara adil dan berkelanjutan.

#### **IV. Kesimpulan**

Penelitian ini menegaskan bahwa penyediaan air bersih di Desa Gubug, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, harus direncanakan secara komprehensif dengan memperhatikan aspek teknik sipil dan keberlanjutan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Desa Gubug memiliki potensi sumber air tanah yang relatif cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, namun ketersediaan tersebut menghadapi tekanan dari pertumbuhan penduduk, perubahan tata guna lahan, serta risiko penurunan kualitas air.

Dari sisi teknik sipil, perencanaan sistem penyediaan air bersih perlu mempertimbangkan pemetaan kapasitas sumber air tanah, efisiensi jaringan distribusi, pemilihan teknologi yang sesuai dengan kondisi lokal, serta manajemen operasi yang hemat energi. Dari perspektif keberlanjutan, perencanaan tidak hanya difokuskan pada pemenuhan kebutuhan saat ini, tetapi juga menjamin ketersediaan air bersih untuk jangka panjang melalui konservasi sumber daya air, pengelolaan limbah domestik, serta peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat.

Secara keseluruhan, strategi penyediaan air bersih yang tepat bagi Desa Gubug adalah integrasi antara evaluasi teknis dan prinsip keberlanjutan, meliputi: (1) identifikasi potensi air tanah secara kuantitatif dan kualitatif, (2) desain jaringan distribusi yang efisien dan adaptif, (3) penerapan teknologi ramah lingkungan, serta (4) penguatan tata kelola berbasis masyarakat. Pendekatan ini diharapkan mampu mewujudkan sistem penyediaan air bersih yang andal, berkelanjutan, serta mampu meningkatkan kualitas hidup masyarakat di Desa Gubug.

## REFERENSI

- [1] De Vito, S., Del Giudice, A., & Di Francia, G. (2024). Electric Transmission and Distribution Network Air Pollution. *Sensors*, 24(2). <https://doi.org/10.3390/s24020587>
- [2] Fithry, A., & Lopa, A. (2023). *Ahmad fithry arief lopa nim d112201007*.
- [3] Gumilar, N. A. (2023). *Program studi teknik lingkungan fakultas teknik sipil dan perencanaan universitas islam indonesia*.
- [4] Hanum, S. H., Darubekti, N., Pramudyasmono, H. G., Suminar, P., & Widiono, S. (2022). Pengembangan Desa Surau Sebagai Desa Wisata Berkelanjutan. *Jurnal Abdimas Adpi Sosial Dan Humaniora*, 3(4), 442–446. <https://doi.org/10.47841/jsoshum.v3i4.265>
- [5] Komalasari, K. (2020). Upaya Meningkatkan Penguasaan Senam Ketangkasan Melalui Pendekatan Bermain dan Media Bantu dalam Pembelajaran Penjasorkes bagi Siswa SD Negeri 44 Ampenan. *Jurnal Teknologi Pendidikan: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pembelajaran*, 5(2), 159. <https://doi.org/10.33394/jtp.v5i2.3060>
- [6] Metode, P., Air, P. P., Pada, B., Banjir, D., & Musim, B. T. (n.d.). *No Title*.
- [7] Rajagukguk, R. H., Pembimbing, D., Magister, P., Keahlian, B., Sanitasi, T., Lingkungan, J. T., Teknik, F., & Dan, S. (2015). *Upaya Pengelolaan Kualitas Air*.
- [8] Ridwan, M., AM, S., Ulum, B., & Muhammad, F. (2021). Pentingnya Penerapan Literature Review pada Penelitian Ilmiah. *Jurnal Masohi*, 2(1), 42. <https://doi.org/10.36339/jmas.v2i1.427>
- [9] Saniti, D. (2012). *Penentuan Alternatif Sistem Penyediaan Air Bersih Berkelanjutan Di Wilayah Pesisir Muara Angke*. 23(3), 197–208.
- [10] Susanto, P. C., Yuntina, L., Saribanon, E., & Soehaditama, J. P. (2024). Qualitative Method Concepts: Literature Review , Focus Group Discussion , Ethnography and Grounded Theory. *Siber Journal of Advanced Multidisciplinary*, 2(2), 262–275.
- [11] Wahyudin, A. R., Raihan, A., Adrian, M. F., Agustian, R., Darian, M. A., Ramadhan A, M. F., Paundra, F., & Ito, Y. (2024). Analisis Dan Perawatan Pada Water Treatment Plant (Wtp) Pltu X. *Perwira Journal of Science & Engineering*, 4(2), 86–93. <https://doi.org/10.54199/pjse.v4i2.306>

