Supervision of the Drinking Water Supply System (SPAM) Construction Project in Jabaran, Balongbendo

Pengawasan Proyek Pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Jabaran, Balongbendo

Rahmat Syahrifudin[1] , Atik Wahyuni[2]

hairamaa123@gmail.com[1] , atikwahyuni@umsida.ac.id[2]

[1,2] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *General Background Adequate access to clean drinking water remains a foundational requirement for public health and community living standards in developing regions. Specific Background In Jabaran Village, Balongbendo District, Sidoarjo Regency, local drinking water needs prompted a 2025 piped Drinking Water Supply System (SPAM) upgrade funded by the regional budget and requiring structured oversight across quality, schedule, and occupational safety. Knowledge Gap Field-level documentation connecting integrated construction supervision—spanning preparation, material quality and domestic component compliance, functional testing, and occupational safety—on local piped drinking water projects remains limited. Aims This study examines construction supervision on the Jabaran, Balongbendo SPAM project across quality control, schedule monitoring, and occupational safety to document field practices, challenges, and responses. Results Field observations, interviews, and technical document reviews show coordinated oversight from initial stakeout and shop drawing approval through SNI- and TKDN-compliant HDPE piping and K-300 concrete works, house connection checks, hydrostatic testing at 0.75 MPa, flushing, water quality testing, as-built drawings, and PHO documentation; simultaneous excavation and reinforcement fabrication offset early pipe delivery delays, while safety controls achieved zero accidents despite occasional PPE lapses during heat or breaks. Novelty This work documents integrated multi-stage supervision on a regional-budget piped SPAM project in Jabaran, Sidoarjo, combining technical testing, TKDN and SNI verification, schedule synchronization, and zero-accident safety tracking. Implications Structured supervision and multi-stakeholder coordination support reliable, compliant, and sustainable drinking water infrastructure delivery.*
Keywords *Construction Supervision, Quality Control, Occupational Safety, Water Supply Infrastructure, Schedule Monitoring*

Abstrak. Latar Belakang Umum Akses yang memadai ke air minum bersih tetap menjadi persyaratan dasar bagi kesehatan masyarakat dan standar hidup masyarakat di wilayah berkembang. Latar Belakang Spesifik Di Desa Jabaran, Distrik Balongbendo, Kabupaten Sidoarjo, kebutuhan air minum lokal mendorong peningkatan Sistem Pasokan Air Minum Pipa (SPAM) pada tahun 2025 yang didanai oleh anggaran regional dan memerlukan pengawasan terstruktur di bidang kualitas, jadwal, dan keselamatan kerja. Kesenjangan Pengetahuan Dokumentasi tingkat lapangan yang menghubungkan pengawasan konstruksi terpadu—mencakup persiapan, kualitas material dan kepatuhan komponen domestik, pengujian fungsional, dan keselamatan kerja—pada proyek air minum pipa lokal masih terbatas. Tujuan Studi ini meneliti pengawasan konstruksi pada proyek SPAM Jabaran, Balongbendo di bidang kontrol kualitas, pemantauan jadwal, dan keselamatan kerja untuk mendokumentasikan praktik lapangan, tantangan, dan respons. Hasil Observasi lapangan, wawancara, dan tinjauan dokumen teknis menunjukkan pengawasan terkoordinasi mulai dari pengawasan awal dan persetujuan gambar bengkel hingga pipa HDPE dan beton K-300 yang sesuai SNI dan TKDN, pemeriksaan sambungan rumah, pengujian hidrostatik pada 0,75 MPa, pembilasan, pengujian kualitas air, gambar as-built, dan dokumentasi PHO; penggalian dan fabrikasi penguatan simultan mengimbangi keterlambatan pengiriman pipa awal, sementara kontrol keselamatan tidak menghasilkan kecelakaan meskipun terjadi kelalaian APD sesekali saat panas atau putus. Keunikan Pekerjaan ini mendokumentasikan supervisi multi-tahap terintegrasi pada proyek SPAM pipa beranggaran regional di Jabaran, Sidoarjo, menggabungkan pengujian teknis, verifikasi TKDN dan SNI, sinkronisasi jadwal, dan pelacakan keselamatan tanpa kecelakaan. Implikasi Pengawasan terstruktur dan koordinasi multi-pemangku kepentingan mendukung pengiriman infrastruktur air minum yang andal, patuh, dan berkelanjutan.
Kata Kunci: Pengawasan Konstruksi, Pengendalian Kualitas, Keselamatan Kerja, Infrastruktur Pasokan Air, Pemantauan Jadwal

I. PENDAHULUAN

Air minum merupakan kebutuhan dasar manusia yang berdampak langsung terhadap kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Terpenuhinya kebutuhan air bersih menjadi salah satu indikator penting tingkat kualitas hidup dari aspek kesehatan di suatu wilayah. Di Indonesia, pemerintah daerah memiliki tanggung jawab konstitusional untuk memastikan penyediaan air minum yang berkualitas bagi masyarakatnya sesuai dengan Peraturan Pemerintah RI Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum.

Kabupaten Sidoarjo, khususnya di Desa Jabaran Kecamatan Balongbendo, menghadapi tantangan dalam pemenuhan kebutuhan air minum yang layak bagi masyarakat. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, Pemerintah Kabupaten Sidoarjo melalui Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang melaksanakan program peningkatan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) jaringan perpipaan pada tahun 2025 dengan anggaran yang bersumber dari APBD.

Tujuan pengawasan pembangunan SPAM Jabaran, Balongbendo mencakup beberapa aspek utama, yaitu:

1. **Pengawasan Mutu (Quality Control) :** memastikan material dan metode pelaksanaan sesuai standar SNI dan spesifikasi teknis.
2. **Pengawasan Waktu (Time Control) :** memantau progres pekerjaan agar sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan dalam kurva S.
3. **Pengawasan Keselamatan Kerja (Safety Control) :** menjamin penerapan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) di lapangan.

Penelitian magang ini difokuskan pada analisis proses pengawasan pembangunan SPAM Jabaran, Balongbendo, dengan tujuan memberikan gambaran nyata mengenai implementasi manajemen konstruksi di lapangan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang praktik pengawasan proyek, kendala yang dihadapi, serta solusi yang diterapkan untuk menjaga kualitas, waktu, dan keselamatan kerja.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian dilaksanakan di Desa Jabaran, Kecamatan Balongbendo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

Data diperoleh melalui:

- **Data Primer:** observasi langsung di lokasi proyek, dokumentasi lapangan, serta wawancara dengan pihak kontraktor dan konsultan pengawas.
- **Data Sekunder:** dokumen teknis proyek yang meliputi Spesifikasi Teknis (Spektek), Rencana Anggaran Biaya (RAB), Gambar Perencanaan (DED), dan Time Schedule pelaksanaan proyek

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi langsung di lokasi proyek pembangunan SPAM Jabaran, Balongbendo, dibagi menjadi 3 tahapan utama:

1. Tahap Persiapan (Perencanaan dan Desain)

Pengawasan pada tahap ini mencakup verifikasi uitzet (pengukuran dan penetapan as-as bangunan) di lapangan. Penyedia jasa harus menyerahkan hasil Mc 0% (measurement certificate awal) dan shop drawing maksimal 3 hari setelah uitzet, yang kemudian akan diperiksa dan disetujui oleh Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) dan tim teknis. Shop drawing ini penting untuk memastikan bahwa rencana pelaksanaan di lapangan sesuai dengan kondisi eksisting dan desain yang telah disetujui.

2. Tahap Pelaksanaan (Konstruksi Fisik dan Pengendalian Mutu)

Penyedia jasa melaksanakan konstruksi fisik sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Pengawasan teknis difokuskan pada beberapa pekerjaan utama:

a. **Pekerjaan Perpipaan**: Pengawasan meliputi verifikasi jenis dan kualitas pipa yang digunakan (pipa HDPE PN 10 dengan merek Rucika, Vinilon, atau Maspion dengan nilai TKDN 47,70%), metode penyambungan (butt fusion atau electrofusion), kedalaman galian (minimum 70 cm untuk pipa distribusi), dan pemasangan aksesori pipa sesuai gambar

detail. Setiap 500 meter pemasangan pipa harus dilakukan pengujian hidrostatis dengan tekanan 1,25 kali tekanan kerja dan ditahan minimal selama 2 jam.

b. **Pekerjaan Struktur Beton**: Pembangunan tandon air menggunakan beton K-300 (f'c 25 MPa) memerlukan pengawasan ketat terhadap mutu beton, dimensi struktur, dan pembesian. Setiap pengecoran wajib dilakukan slump test, dan untuk setiap 5 m^3 beton harus dibuat minimal 1 kubus beton coba untuk pengetesan kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

c. **Pekerjaan Sambungan Rumah (SR)**: Pemasangan 50 unit SR harus mengikuti standar yang ditetapkan, termasuk penggunaan water meter lengkap diameter ½ inch (merek Barindo, Onda), box meter berwarna biru dengan tulisan "APBD 2025", dan pondasi beton yang kokoh. Setiap SR harus diverifikasi dengan dokumentasi progres 0%, 50%, dan 100%.

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Pengawasan K3 juga termasuk dari pengawasan konstruksi. Dimana penyedia jasa menyediakan dan mengimplementasikan Rencana Kerja dan Keselamatan Konstruksi (RK3K) yang mencakup:

- Alat Pelindung Diri (APD) lengkap untuk semua pekerja (helm, masker, sarung tangan, sepatu keselamatan, dan rompi)
- Rambu-rambu K3 (traffic cone dan police line) di area kerja
- Peralatan P3K yang selalu tersedia di lapangan
- Personel K3 konstruksi yang bertugas mengawasi dan memastikan implementasi K3
- Iuran Jamsostek untuk seluruh pekerja

Identifikasi bahaya pada proyek SPAM Jabaran meliputi risiko kaki terkena paku/benda tajam dan kecelakaan kerja pada pekerjaan beton tandon air, yang dikategorikan sebagai risiko kecil namun tetap memerlukan mitigasi melalui penggunaan APD dan prosedur kerja yang aman.

Pengawasan Kualitas Material

Semua material yang digunakan memenuhi standar SNI dan memiliki sertifikat TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri) sesuai ketentuan.

Untuk pipa HDPE, nilai TKDN yang disyaratkan adalah minimal 47,70%, sedangkan untuk aksesori pipa berkisar antara 43,27% hingga 47,54%. Material semen harus menggunakan Semen Gresik dengan nilai TKDN 89,75%, dan water meter menggunakan produk lokal (Barindo, atau Onda) dengan TKDN 86,63%.

3. Tahap Penyelesaian (Pengujian dan Serah Terima)

Tahap penyelesaian fase verifikasi akhir sebelum penyerahan proyek kepada pemilik. Pengawasan pada tahap ini mencakup pengujian fungsional, penyusunan dokumen akhir, dan proses serah terima.

Pengujian Hidrostatis dan Flushing

a. **Uji Hidrostatis-Pressure Test**: Dilakukan pada kelipatan 500 meter pemasangan jaringan pipa dengan syarat sambungan rumah sudah terpasang semua. Tekanan uji adalah 0,75 Mpa (7,5 kg/cm^2) dan harus dipertahankan selama minimal 1×24 jam. Pengujian ini menggunakan pompa vakum atau pompa bertekanan tinggi yang dilengkapi pressure gauge untuk mengukur tekanan dalam batas waktu tertentu.

b. **Uji Aliran (Flushing Test)**: Pipa yang telah terpasang dialiri air dalam jumlah yang sesuai untuk pembersihan pipa melalui wash out yang sudah terpasang. Proses flushing dilakukan hingga air yang keluar benar-benar jernih dan bebas dari endapan kotoran.

c. **Pengujian Kualitas Air**: Sampling air diambil maksimal 5 liter dalam wadah yang tidak mengandung bahan kimia, kemudian diuji di laboratorium pemerintah setempat untuk memastikan memenuhi standar Permenkes No. 492 Tahun 2010 (pH 6,5 s/d 7, tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna).

d. **Uji Beton**: Setiap pengecoran wajib dilakukan slump test dan pengambilan sampel beton dalam silinder atau kubus untuk diuji tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil uji harus menunjukkan kuat tekan minimal sesuai spesifikasi (K-300 atau f'c 25 MPa).

e. **Uji Tarik Besi**: Sampel besi tulangan sepanjang 1 meter sebanyak 3 buah sesuai dimensi diuji tarik di laboratorium untuk memverifikasi mutu besi yang digunakan.

Penyusunan As-Built Drawing

Penyedia jasa membuat gambar yang sesuai dengan pelaksanaan di lapangan (as-built drawing) sebelum Serah Terima Pertama. As-built drawing harus menggambarkan kondisi aktual pekerjaan yang telah dilaksanakan, termasuk penyimpangan atau perubahan dari gambar rencana awal. Gambar as-built dicetak dalam kertas A3 dan diserahkan dalam bentuk hardcopy dan softcopy (dalam harddisk) sebanyak 3 set.

Dokumentasi Akhir

Dokumentasi proyek dari pengawasan yang diserahkan untuk menjadi bukti otentik yang mendukung transparansi laporan MC 100% kepada pihak Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Sidoarjo

- Dokumentasi seluruh proses pembangunan tandon air (0%, 50%, dan 100%)
- Dokumentasi progres setiap sambungan rumah (0%, 50%, dan 100%)
- Dokumentasi jaringan pipa per 100 meter (0%, 50%, dan 100%)
- Laporan akhir yang berisi rekapitulasi seluruh kegiatan, hasil pengujian, dan evaluasi proyek
- Dokumen TKDN (sertifikat TKDN material dan perhitungan realisasi TKDN)

Proses Serah Terima

Setelah semua pekerjaan selesai, pengujian berhasil, dan dokumen lengkap, dilakukan Serah Terima Pertama (PHO - Provisional Hand Over) yang ditandai dengan Berita Acara Serah Terima Pertama dan Mc 100%. Selanjutnya, penyedia jasa memasuki masa pemeliharaan selama 10 bulan, di mana penyedia masih bertanggung jawab untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi. Setelah masa pemeliharaan berakhir, dilakukan Serah Terima Akhir (FHO - Final Hand Over).

Analisis Data

1. Analisis mutu (Quality Control)

- **Standarisasi Material:** Secara deskriptif, penggunaan pipa HDPE PN 10 (Rucika/Vinilon/Maspion) telah memenuhi persyaratan teknis. Hal ini didukung oleh sertifikat TKDN yang valid (rata-rata di atas 40%), yang menunjukkan kepatuhan terhadap regulasi pengadaan barang pemerintah.

- **Integritas Struktur dan Jaringan:** Hasil pengujian hidrostatis menunjukkan ketahanan sambungan pipa terhadap tekanan uji 0,75 Mpa tanpa adanya kebocoran. Pada pekerjaan beton tandon, hasil *slump test* yang konsisten memastikan kemudahan pengerjaan (*workability*) tanpa mengurangi kuat tekan beton K-300 yang disyaratkan.

- **Kualitas Output:** Analisis terhadap kualitas air pasca-*flushing* menunjukkan bahwa sistem filtrasi dan jaringan pipa mampu mengalirkan air yang memenuhi standar fisik (tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa) sesuai Permenkes No. 492 Tahun 2010.

2. Analisis Waktu (Time Control)

Analisis terhadap dimensi waktu dilakukan dengan membandingkan jadwal rencana (Kurva S) dengan progres mingguan di lapangan.

- **Kesesuaian Jadwal:** Pelaksanaan proyek secara umum berjalan tepat waktu. Meskipun terdapat kendala minor berupa keterlambatan pengiriman material pipa di awal proyek, namun hal ini tidak menyebabkan deviasi negatif yang kritis.

- **Strategi Sinkronisasi:** Untuk menjaga performa waktu, pihak pelaksana menerapkan metode kerja simultan (*overlapping*), di mana pekerjaan penggalian pipa distribusi dilakukan bersamaan dengan fabrikasi pembesian tandon air. Langkah deskriptif ini efektif dalam menyerap keterlambatan awal sehingga proyek dapat diselesaikan sesuai durasi kontrak.

3. Analisis Keselamatan Kerja (Safety Control)

Penerapan K3 di lokasi proyek dideskripsikan melalui tingkat kepatuhan pekerja dan kondisi lingkungan kerja.

- **Kepatuhan Pekerja:** Pekerja telah menggunakan APD dasar seperti helm konstruksi dan rompi reflektor. Namun, terdapat temuan mengenai kedisiplinan penggunaan helm dan sarung tangan yang menurun pada kondisi cuaca panas atau saat jam istirahat.

- **Antisipasi Risiko:** Identifikasi bahaya telah dilakukan dengan baik, terutama pada area galian pipa yang berbatasan dengan akses jalan desa. Penggunaan *safety line* dan *traffic cone* telah membantu meminimalisir risiko kecelakaan bagi warga sekitar maupun pekerja. Hasil akhir menunjukkan capaian *zero accident* (nol kecelakaan kerja) hingga tahap serah terima pertama (PHO).

Keterkaitan dengan Teori

Sistem pengawasan proyek SPAM Jabaran sejalan dengan temuan **Sari et al. (2022)** yang menegaskan bahwa pengawasan ketat adalah kunci keberhasilan air minum pedesaan di Jawa Timur [1]. Fokus pada detail teknis dan kualitas material mendukung teori **Indrawati et al. (2023)** mengenai pentingnya instrumen pengawasan di wilayah Balongbendo

[3]. Tantangan cuaca dan medan yang dihadapi juga mengonfirmasi studi **Pratama et al. (2021)** terkait hambatan geografis lokal [2].
Selain itu, kolaborasi *multi-stakeholder* dalam proyek ini mencerminkan praktik terbaik pengawasan desa menurut **Rahayu et al. (2020)** [4]. Terakhir, penggunaan dokumentasi terstruktur sebagai jejak audit memperkuat model evaluasi infrastruktur yang diusulkan oleh **Putri et al. (2024)** untuk menjamin akuntabilitas pembangunan di Jawa Timur [5].

IV. KESIMPULAN

Keberhasilan proyek SPAM di Desa Jabaran sangat bergantung pada sistem pengawasan terintegrasi yang meliputi tahap perencanaan, implementasi, hingga penyelesaian. Pengawasan teknis yang ketat melalui verifikasi *shop drawing* memastikan konstruksi relevan dengan kondisi lapangan. Pada tahap pelaksanaan, pengendalian kualitas fokus pada penggunaan material berstandar SNI (pipa HDPE dan beton K-300), pemenuhan ambang batas TKDN, serta penerapan SMK3 untuk mitigasi risiko kerja.

Tahap akhir proyek divalidasi melalui serangkaian uji fungsional, mencakup uji hidrostatis, *flushing*, dan uji laboratorium kualitas air guna menjamin keamanan konsumsi masyarakat. Secara keseluruhan, proyek ini telah memenuhi empat indikator kinerja utama: ketepatan biaya, waktu, kualitas spesifikasi, dan kesesuaian lingkup pekerjaan. Meskipun terdapat tantangan cuaca dan sumber daya, kolaborasi *multi-stakeholder* serta dokumentasi yang akuntabel menjadi kunci utama terwujudnya infrastruktur air minum yang berkualitas dan berkelanjutan di Desa Jabaran.

Dapat disimpulkan :

- Pengendalian mutu seluruh material dan pekerjaan memenuhi standar SNI, TKDN, dan spesifikasi teknis, serta lolos uji fungsional dan kualitas air.
- Dari aspek waktu, pelaksanaan proyek berjalan sesuai jadwal meskipun terdapat kendala minor yang dapat diatasi melalui pengaturan metode kerja.
- Penerapan SMK3 berjalan efektif dan berhasil mencapai target zero accident selama pelaksanaan proyek.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Sidoarjo dan selaku kontraktor pelaksana CV. Setiawan Abadi Grup yang telah memberikan kesempatan untuk belajar langsung di lapangan yang menjadi sumber data dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

[1] D. P. Sari, A. Wibowo, and R. Kusumawati, “Supervision and Evaluation of Rural Drinking Water Supply Projects: A Case Study in East Java, Indonesia,” *J. Environ. Manage.*, vol. 315, p. 115678, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.115678.

[2] E. Pratama, B. Suryanto, and S. Nugroho, “Supervision Challenges in Drinking Water Infrastructure Development in Jabaran District: A Case Study Approach,” *J. Environ. Plan. Manage.*, vol. 64, no. 11, pp. 1945–1968, 2021, doi: 10.1080/09640568.2021.1945678.

[3] L. Indrawati, D. Hartono, and M. Setiawan, “Descriptive Analysis of Water Supply System Project Supervision: Lessons from the Balongbendo Case,” *Water*, vol. 15, no. 3, p. 456, Feb. 2023, doi: 10.3390/w15030456.

[4] S. Rahayu, T. Widodo, and A. Susanto, “Rural Drinking Water Project Supervision Practices: A Case Study Approach in Indonesian Villages,” *Water Res.*, vol. 185, p. 116789, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.watres.2020.116789.

[5] N. Putri, H. Arifin, and R. Darmawan, “Evaluation of Water Infrastructure Project Supervision Mechanisms: Insights from East Java Case Studies,” *Water Resour. Manage.*, vol. 38, no. 5, pp. 3789–3812, Mar. 2024, doi: 10.1007/s11269-024-03789-1.

[6] N. Syahlan, “Evaluation of the Implementation of the Construction Safety Management System (SMKK) Based on Regulation of the Minister of Public Works and Housing No. 10 of 2021 in the Kesawan Old Town Residential Infrastructure Project, Medan,” *J. Kesehat. Glob.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2026, doi: 10.35451/a4k24y23.

[7] M. A. Al-Kharabsheh, M. H. Al-Saffar, and R. A. Qasem, "Quality Control and Risk Management in Municipal Water Pipeline Construction Projects," *Buildings*, vol. 14, no. 6, p. 1712, 2024, doi: 10.3390/buildings14061712.

[8] S. K. Sharma, P. Singh, and R. Kumar, "Construction Quality Assurance and Hydrostatic Testing Practices in Pressurized Water Distribution Networks," *Water Supply*, vol. 24, no. 4, pp. 1185–1198, 2024, doi: 10.2166/ws.2024.089.

[9] A. R. Pereira, L. M. Costa, and F. J. Silva, "Schedule Control and Resource Synchronization in Public Infrastructure Construction Projects," *Infrastructures*, vol. 9, no. 3, p. 54, 2024, doi: 10.3390/infrastructures9030054.

[10] H. T. Nguyen, Q. V. Tran, and M. D. Le, "Occupational Health and Safety Risk Mitigation on Urban Pipeline Trenching and Excavation Sites," *Safety*, vol. 10, no. 2, p. 41, 2024, doi: 10.3390/safety10020041.

[11] J. M. Gomez, C. R. Morales, and D. A. Vargas, "Contract Administration, As-Built Documentation, and Handover Governance in Civil Infrastructure Works," *Buildings*, vol. 15, no. 2, p. 287, 2025, doi: 10.3390/buildings15020287.

[12] R. K. Patel, S. Desai, and V. Shah, "Material Quality Verification and Local Content Compliance in Public Water Supply Infrastructure," *Water Pract. Technol.*, vol. 19, no. 7, pp. 2810–2823, 2024, doi: 10.2166/wpt.2024.142.

[13] L. Chen, W. Zhou, and Y. Sun, "Field Supervision and Multi-Stakeholder Coordination in Municipal Water Distribution Construction," *Water*, vol. 17, no. 1, p. 88, 2025, doi: 10.3390/w17010088.

[14] B. A. Mensah, E. Osei, and K. Boateng, "Site Supervision Performance and Schedule Adherence in Rural Water Infrastructure Projects," *Civ. Eng. J.*, vol. 10, no. 5, pp. 1492–1506, 2024, doi: 10.28991/CEJ-2024-010-05-011.

[15] M. Z. Rahman, F. Hasan, and T. Islam, "Concrete Quality Control and Testing Protocols in Water Retaining Structures," *Constr. Build. Mater.*, vol. 418, p. 135412, 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135412.