

## Peningkatan Kinerja Pipa Air Limbah Sebagai Kunci Efisiensi di PDAM XYZ

<sup>1</sup>Muhammad Fiza Lubis, <sup>2</sup>Aulia Agung Dermawan

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Al-Azhar, Sumatera Utara, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Manajemen Rekayasa, Insitut Teknologi Batam, Indonesia

e-mail: [fizalubis83@gmail.com](mailto:fizalubis83@gmail.com), [agung.dermawan29@gmail.com](mailto:agung.dermawan29@gmail.com)

### Abstract

*The Provincial Government of North Sumatra, through Perumda Xyz, is committed to improving the quality of wastewater services in Medan by managing the piping system and sludge disposal. Since 1991, Perumda Xyz has provided domestic wastewater management services, which are now integrated with the Sludge Treatment Plant (IPLT). Effective supervision in the construction of wastewater piping networks is crucial to ensure that the project meets technical specifications and contract requirements. The supervision process involves careful planning, material control, work implementation, as well as measurements of pipe alignment and slope. The purpose of this supervision is to optimize efficiency, ensure timely completion, and minimize deviations that could affect the quality and sustainability of the project. This study uses a descriptive qualitative approach to analyze the effectiveness of construction supervision in ensuring quality wastewater management and related services at Perumda Xyz. Data were gathered from interviews with field supervisors, contractors, and direct observations at the site. The results indicate that the supervision process was highly effective in minimizing risks such as leakage, blockages, and improper flow in the piping system. By implementing procedures in accordance with ISO 9001:2015 standards and Perumda Xyz's internal procedures, this project is expected to support sustainable development and provide long-term benefits for the community.*

**Keywords:** Construction Supervision, Piping System, Wastewater Management, ISO 9001:2015

### Abstrak

Pemerintah Provinsi Sumatera Utara, melalui Perumda Xyz, berkomitmen untuk meningkatkan kualitas layanan air limbah di Medan dengan mengelola sistem perpipaan dan pembuangan lumpur. Sejak 1991, Perumda Xyz telah menyediakan layanan pengelolaan air limbah domestik yang kini terintegrasi dengan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT). Pengawasan yang efektif dalam pembangunan jaringan perpipaan air limbah sangat penting untuk memastikan kualitas proyek sesuai dengan spesifikasi teknis dan kontrak. Proses pengawasan melibatkan perencanaan matang, pengendalian bahan, pelaksanaan pekerjaan, serta pengukuran kelurusan dan kemiringan pipa. Tujuan dari pengawasan ini adalah untuk mengoptimalkan efisiensi, memastikan penyelesaian tepat waktu, dan meminimalkan penyimpangan yang dapat memengaruhi kualitas serta keberlanjutan proyek. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menganalisis efektivitas pengawasan dalam memastikan kualitas pengelolaan air limbah dan layanan terkait di Perumda Xyz. Data diperoleh melalui wawancara dengan pengawas lapangan, kontraktor, serta observasi langsung di lokasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengawasan sangat efektif dalam meminimalkan risiko seperti kebocoran, penyumbatan, dan aliran yang tidak sesuai dalam sistem perpipaan. Dengan menerapkan prosedur yang sesuai dengan standar ISO 9001:2015 dan prosedur internal Perumda Xyz, proyek ini diharapkan dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dan memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat.

**Kata kunci:** Pengawasan Konstruksi, Sistem Perpipaan, Pengelolaan Air Limbah, ISO 9001:2015

---

Diterima : Maret 2025

Disetujui : Juni 2025

Dipublikasi: Juni 2025

---

## Pendahuluan

Pemerintah Provinsi Sumatera Utara berkomitmen untuk meningkatkan kualitas layanan pengelolaan air limbah yang efektif dan berkelanjutan. Pengelolaan air limbah yang optimal tidak hanya menitikberatkan pada pelayanan kepada masyarakat, tetapi juga mencakup efisiensi operasional, pengendalian mutu, serta keberlanjutan infrastruktur. Sebagai bagian dari langkah strategis, dilakukan transformasi kelembagaan terhadap unit pengelola layanan tersebut menjadi badan usaha milik daerah dengan status hukum yang lebih mandiri. Transformasi ini ditujukan agar penyelenggaraan layanan publik dapat dilaksanakan secara lebih profesional, transparan, dan berorientasi pada peningkatan kualitas pelayanan. (850 @ *Jdih.Sumutprov.Go.Id*, n.d.)

Sebagai bagian dari upaya tersebut, Perumda Xyz memperkenalkan berbagai inovasi dalam pengelolaan air limbah domestik, dengan memperluas cakupan layanan untuk mencakup tidak hanya sistem perpipaan air limbah terpusat tetapi juga layanan pengelolaan lumpur tinja. Layanan Lumpur Tinja Terjadwal (LLTT) diperkenalkan untuk memungkinkan pengurusan septic tank secara berkala dan pendaftaran pengguna sebagai pelanggan air limbah. Pengelolaan ini dilakukan dengan prosedur yang terintegrasi dan sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu Peraturan Daerah Provinsi Sumatera Utara No. 3 Tahun 2018 dan Peraturan Daerah Kota Medan No. 14 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik.

Pengawasan yang efektif dan efisien dalam pengelolaan jaringan perpipaan air limbah merupakan faktor kunci dalam memastikan kualitas pekerjaan dan menghindari berbagai permasalahan teknis yang dapat muncul di lapangan (Chen et al., 2024). Dalam proyek pembangunan sistem perpipaan, pengawasan harus dilakukan dengan mengutamakan perencanaan yang matang, kontrol kualitas terhadap material, serta pengawasan terhadap pelaksanaan pekerjaan (Zou et al., 2021). Pengukuran kelurusan dan kemiringan pipa, serta pengawasan terhadap penyambungan pipa, menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan (Vanrolleghem et al., 2025). Proses pengawasan ini bertujuan untuk meminimalkan risiko kebocoran, penyumbatan, atau masalah lainnya yang dapat mengganggu kinerja sistem perpipaan (Zhang et al., 2025). Dalam hal ini, implementasi standar ISO 9001:2015 serta prosedur internal yang berlaku di Perumda Xyz sangat penting untuk menjamin keberhasilan proyek. Standar kualitas ini memastikan bahwa semua tahap pekerjaan dikerjakan sesuai dengan pedoman yang sudah ditentukan, dari perencanaan hingga pemeliharaan pasca-pemasangan. Oleh karena itu, pengawasan yang dilakukan oleh tim pengawas di lapangan harus dilaksanakan secara sistematis, dengan pengawasan terus-menerus terhadap kualitas pekerjaan dan material yang digunakan (Chen et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pengawasan dalam memastikan kualitas (Mkilima et al., 2025) pengelolaan air limbah dan layanan terkait di Perumda Xyz,

dengan fokus pada pengawasan konstruksi jaringan perpipaan air limbah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai sejauh mana pengawasan yang diterapkan berkontribusi terhadap efisiensi operasional dan peningkatan kualitas layanan pengelolaan air limbah di Provinsi Sumatera Utara.

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menganalisis dan menggambarkan proses pengawasan kualitas pekerjaan jaringan perpipaan air limbah di Perumda Xyz. Metode deskriptif digunakan untuk merinci berbagai aspek teknis dan prosedural dalam manajemen proyek, seperti tahapan pemasangan pipa, karakteristik pipa yang digunakan, dan prosedur pengawasan yang diterapkan. Penulis juga menjelaskan langkah-langkah yang harus diambil oleh pengawas lapangan untuk memastikan kualitas pekerjaan, mulai dari pengukuran kelurusan dan kemiringan pipa hingga pengawasan terhadap bahan dan konstruksi (Van de Walle et al., 2023).

Pendekatan kualitatif diterapkan untuk menganalisis efektivitas pengawasan yang dilakukan dalam proyek ini, termasuk bagaimana pengawas berinteraksi dengan pekerja dan kontraktor untuk memastikan bahwa pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis dan kontrak yang telah ditetapkan. Penulis menggali lebih dalam tantangan yang dihadapi dalam pengawasan lapangan dan bagaimana tindakan korektif diambil ketika terjadi penyimpangan dari standar yang telah ditetapkan (Nguyen et al., 2025). Dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif, makalah ini bertujuan memberikan gambaran komprehensif mengenai proses pengawasan yang efektif dalam proyek perpipaan air limbah, serta bagaimana pengawasan yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas pekerjaan.

### **Hasil dan Pembahasan**

Setelah sekunder terkait proyek perpipaan air limbah di Perumda Xyz dikumpulkan, langkah berikutnya adalah mengolah data tersebut untuk memperoleh temuan yang mendukung analisis dan diskusi mengenai efektivitas pengawasan dalam memastikan kualitas pekerjaan. Data primer yang didapatkan melalui wawancara dengan pengawas lapangan, kontraktor, serta observasi langsung di lokasi, memberikan pemahaman mengenai pelaksanaan pengawasan, tantangan yang dihadapi, dan langkah-langkah yang diambil untuk menangani masalah yang muncul. Sementara itu, data sekunder yang diperoleh dari laporan bulanan, gambar desain, dan dokumentasi teknis lainnya digunakan untuk mengeksplorasi aspek teknis pekerjaan dan memastikan bahwa pelaksanaan di lapangan sesuai dengan spesifikasi yang tercantum dalam kontrak. Dengan pengolahan data ini, akan didapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai seberapa efektif pengawasan dalam memastikan pekerjaan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Selain itu, data yang dikumpulkan juga memberikan informasi mengenai efisiensi pelaksanaan proyek,

dampak dari pengawasan yang efektif terhadap keterlambatan dan penyimpangan, serta rekomendasi perbaikan untuk masa depan. Pengolahan data ini sangat penting untuk menghasilkan temuan-temuan yang dapat dijadikan dasar untuk analisis dan pembahasan lebih lanjut mengenai efektivitas pengawasan serta kontribusinya dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas pekerjaan perpipaan air limbah di Perumda Xyz.

## Hasil

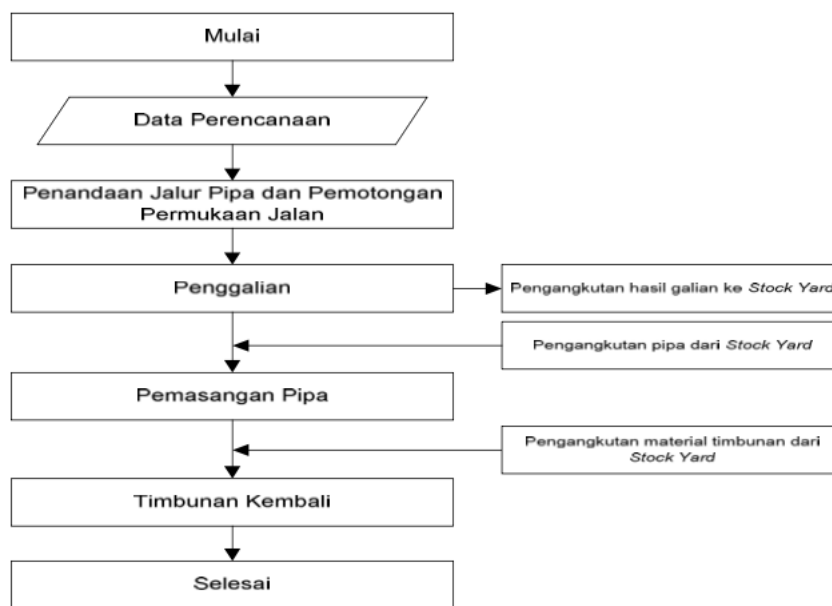
### Karakteristik Pipa

Pipa utama dan sekunder terbuat dari beton bertulang (RCP) yang menggunakan semen tahan terhadap sulfat, sementara untuk pipa lateral menggunakan pipa PVC. Kedua jenis pipa tersebut memiliki tujuan yang sama, yaitu untuk mengalirkan air limbah dengan sistem gravitasi. Proses pemasangan pipa dilakukan sesuai dengan langkah-langkah yang tertera dalam diagram alir berikut ini:

**Tabel 1.** Jenis Pipa Yang Digunakan

<b>Diameter</b>	<b>Bahan</b>
200	Pipa PVC (Polyvinyl Chloride)
250	Pipa PVC (Polyvinyl Chloride)
300	Pipa Beton (Reinforced Concrete Pipe / RCP)
400	Pipa Beton (Reinforced Concrete Pipe / RCP)
500	Pipa Beton (Reinforced Concrete Pipe / RCP)
600	Pipa Beton (Reinforced Concrete Pipe / RCP)
700	Pipa Beton (Reinforced Concrete Pipe / RCP)
800	Pipa Beton (Reinforced Concrete Pipe / RCP)

Tahapan pelaksanaan pekerjaan pemasangan pipa seperti pada diagram alir berikut ini:

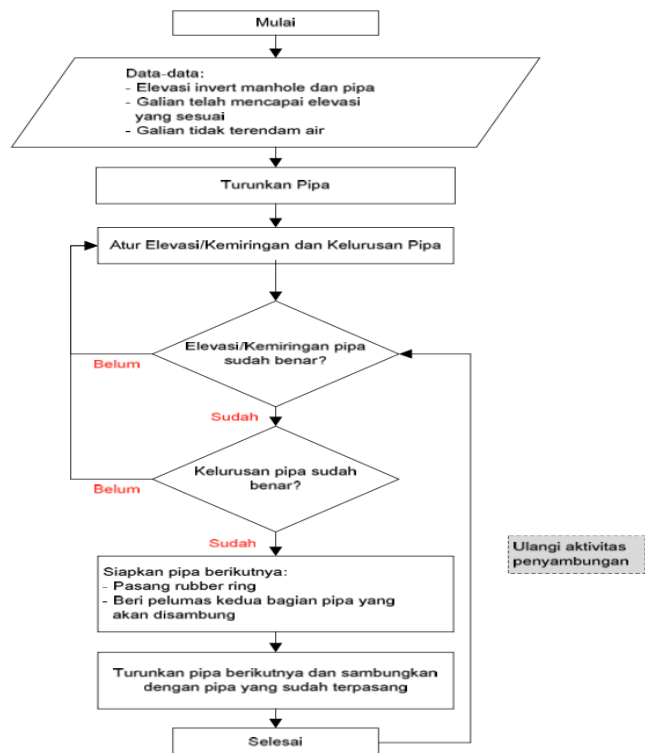


**Gambar 1.** Diagram Alir Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Pipa

Hal yang krusial dalam proses pemasangan pipa meliputi penyambungan, pengukuran elevasi atau kemiringan, dan pengukuran kelurusan pipa. Ketiga aspek tersebut harus dilaksanakan dengan benar, karena jika tidak, risiko kebocoran, genangan, endapan, atau bahkan aliran yang terhambat dapat terjadi dalam sistem pipa.

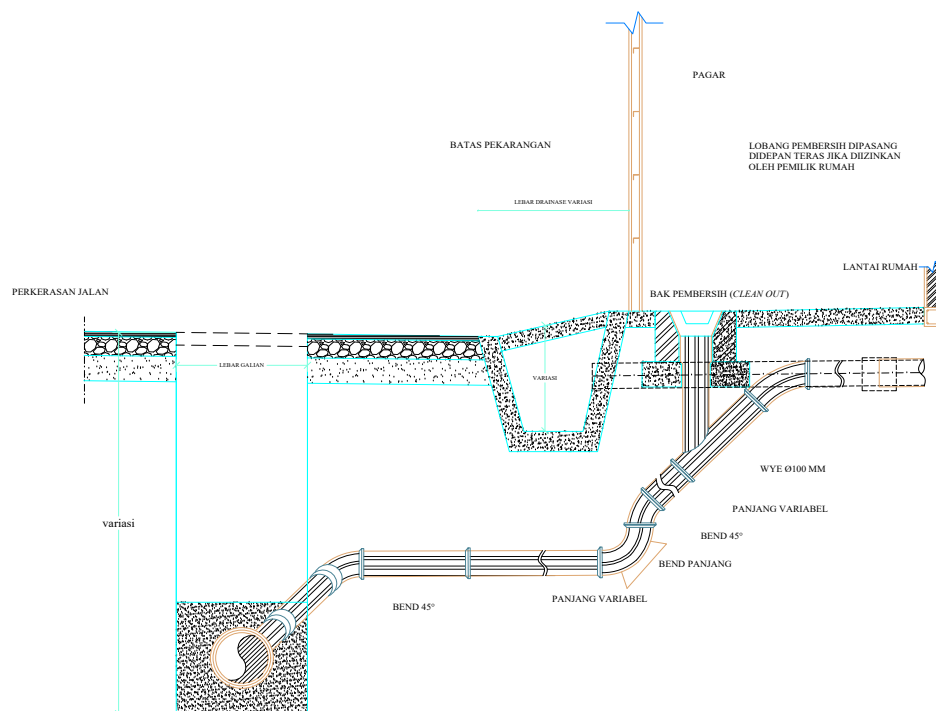
### ***Penyambungan Pipa***

Pipa dipasang dengan menggunakan penggantung dan ditempatkan di atas tumpukan karung yang diisi pasir. Tujuan dari penempatan karung berisi pasir adalah untuk memberikan posisi yang stabil pada pipa. Dengan cara ini, ketika pipa disambung dan ditimbun sepenuhnya, elevasi pipa tetap dapat terjaga. Penyambungan pipa selanjutnya dapat dilakukan baik dari spigot maupun socket.



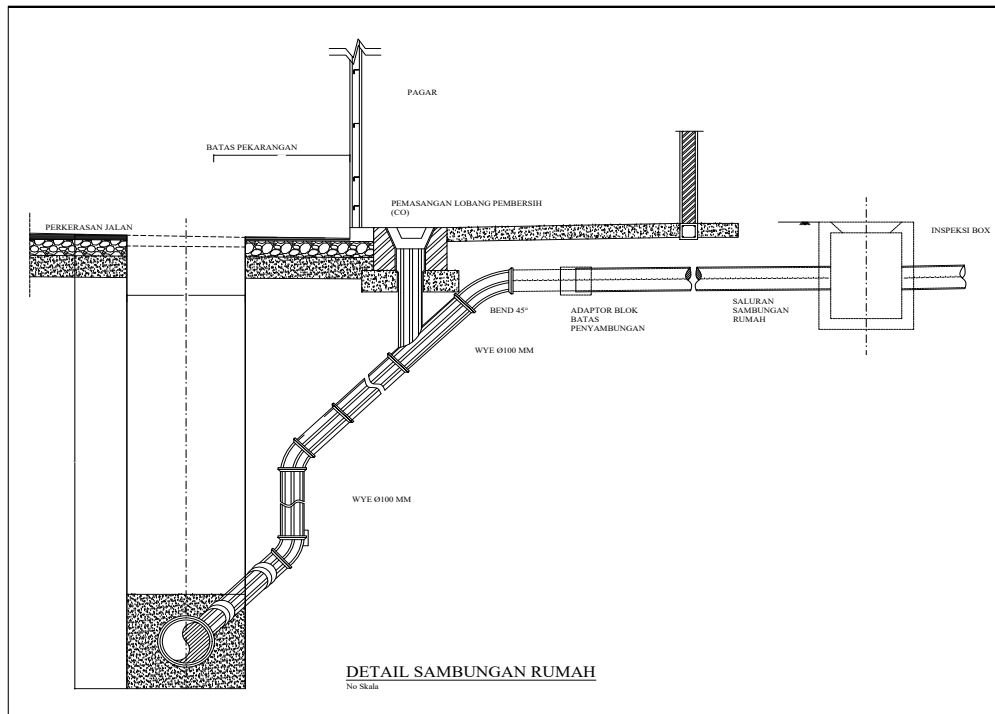
**Gambar 2.** Diagram Alir Pemasangan/Penyambungan Pipa

### Detail Pemasangan Pipa di Bawah Drainase



**Gambar 3** Detail Pemasangan Pipa di bawah Drainase

## Detail Pemasangan Pipa Tanpa Drainase Rumah



**Gambar 4.** Detail Pemasangan Pipa Tanpa Drainase Rumah

## Pemeliharaan dan Perbaikan (Corrective Maintenance Repairs)

### 1. Jenis Perbaikan

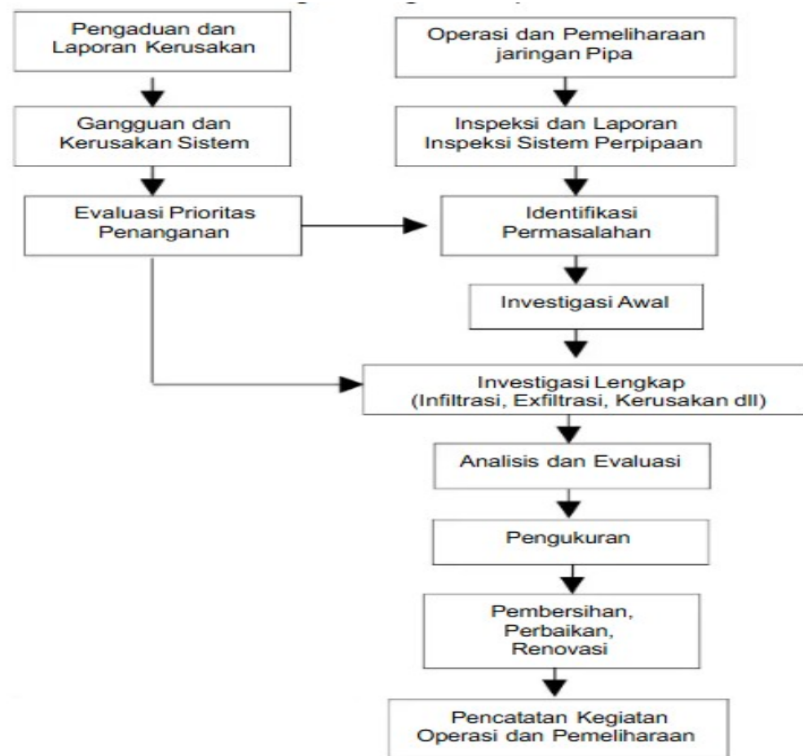
- Pipa dangkal: Pipa yang mudah pecah akibat beban bergerak.
- Pipa dalam: Mesin pompa dan manhole yang mengalami penurunan atau kerusakan.

### 2. Metode Pembersihan

Pembersihan pipa dilakukan secara rutin, terutama pada bagian pipa yang sering mengalami endapan.

### 3. Langkah-langkah Pembersihan

- Dengan menggunakan rotan manila, kawat baja dimasukkan ke dalam pipa untuk membersihkannya.
- Gunakan alat pemecah lumpur yang diikat pada kedua ujung kawat baja, dimulai dari bagian hilir pipa. Alat ini dipilih berdasarkan ukuran pipa dan kondisi lumpur yang ada.
- Tarik kawat baja dari arah hulu untuk memecah lumpur yang ada di dalam pipa.
- Setelah itu, gunakan alat pengeruk lumpur untuk mengeluarkan lumpur yang telah pecah. Lumpur yang keluar diangkat dengan tali dan timba, lalu dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) menggunakan kendaraan pick-up (mini truck).



**Gambar 5.** Diagram Kegiatan Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Pipa

### ***Pengawasan Pekerjaan Menurut ISO 9001:2015***

a. Tujuan

Tujuan dari prosedur ini adalah untuk memverifikasi dan memantau setiap tahapan pekerjaan mulai dari awal hingga selesai, guna memastikan bahwa semua pekerjaan dilaksanakan dengan baik dan sesuai standar yang ditetapkan.

b. Ruang Lingkup

Prosedur ini diterapkan untuk menangani pekerjaan SPKP (Surat Perintah Kerja Perbaikan) dan SPMK (Surat Perintah Mulai Kerja) yang berada di bawah Divisi Perencanaan Air Limbah Perumda Xyz.

c. Tanggung Jawab









Kepala Divisi Perencanaan Air Limbah dan Kepala Divisi Pengawasan Air Limbah memiliki tanggung jawab utama untuk melaksanakan pengawasan kegiatan sesuai dengan peraturan dan prosedur yang berlaku.

d. Definisi

Pengawasan di sini merujuk pada kegiatan yang melibatkan pemantauan pelaksanaan pekerjaan sipil, perpipaan, mekanikal, dan elektrikal, yang dilakukan sesuai dengan kontrak yang telah disepakati serta memastikan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan yang direncanakan.



## Uraian Prosedur & Flowchart

No	Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku		Keterangan
		Divisi terkait	Pegawai Kontrak/ Pegawai/ Asisten	Kadiv. PAL	Kabid. Pengawasan Air Limbah	Kelengkapan	Waktu	Output
1	Mengirimkan tembusan SPMK/SPKP					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja	10 menit	- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja
2	Menerima dan mengendahkan berkas SPMK/SPKP, lalu menyerahkan berkas SPMK/SPKP kepada Kadiv. Perencanaan Air Limbah					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja	10 menit	- Buku Agenda Surat Masuk & Keluar
3	Mendisposisi berkas SPMK/SPKP kepada Kabid. Pengawasan Air Limbah					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja	10 menit	- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi
4	Mendisposisi SPMK/SPKP kepada Pegawai Kontrak/ Pegawai/ Asisten untuk bertindak lanjut dan mengawasi pekerjaan dari Divisi/ Unit Kerja tersebut.					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi	10 menit	- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi
5	Melakukan pengawasan pekerjaan dan membuat realisasi setelah pekerjaan selesai.					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan	Kondisional	- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan
6	Menerima berkas hasil pekerjaan dan memeriksa realisasi setelah pekerjaan selesai.					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan	Kondisional	- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan
7	Menerima berkas hasil pekerjaan dan realisasi yang sudah diperiksa Kabid dan menyerahkan ke Divisi terkait.					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan	10 Menit	- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan
8	Menerima berkas hasil pekerjaan dan realisasi.					- Berkas SPMK/SPKP - Harga Penawaran - RAB dan Gambar Kerja - Form Disposisi - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan	Kondisional	- Arsip Berkas Hasil Pekerjaan - Catatan Pengawasan Pekerjaan - Checklist Pengawasan Pekerjaan

**Gambar 6.** Prosedur Mutu Pengawasan Pekerjaan

## Pembahasan

Bagian ini akan menganalisis temuan-temuan berdasarkan data yang terkumpul dan hasil yang disajikan pada bagian sebelumnya, dengan fokus pada pengawasan pekerjaan pembangunan sistem perpipaan air limbah di Perumda Xyz. Analisis ini akan mencakup efektivitas pengawasan, tantangan yang dihadapi, hasil dari proses pemasangan pipa, dan prosedur pemeliharaan perbaikan.

### a. Efektivitas Pengawasan

Hasil pengawasan menunjukkan bahwa pengawasan proyek perpipaan air limbah di Perumda Xyz memiliki peran yang sangat penting untuk memastikan semua pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis dan kontrak yang telah ditetapkan. Pengawas lapangan memastikan bahwa pemasangan pipa, termasuk tugas seperti pengukuran kelurusan, kemiringan, dan penyambungan pipa, dilakukan dengan benar. Dengan melakukan pemeriksaan rutin terhadap bahan dan proses konstruksi, pengawasan terbukti efektif dalam meminimalkan risiko seperti kebocoran, endapan, dan aliran yang tidak sesuai dalam sistem.

### ***b. Tantangan dalam Pengawasan***

Meskipun hasilnya positif, ada beberapa tantangan yang dihadapi selama pelaksanaan proyek. Koordinasi antara pengawas dan kontraktor, meskipun umumnya efektif, terkadang menghadapi kesulitan, terutama dalam memastikan bahwa pekerjaan benar-benar sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Isu seperti kondisi cuaca yang tak terduga, kekurangan material, dan perubahan kondisi di lapangan juga menjadi tantangan dalam menjaga jadwal proyek dan memenuhi standar teknis. Namun, pengawas lapangan dapat mengatasi masalah tersebut dengan cepat, sering kali melakukan penyesuaian yang diperlukan dan memberikan arahan kepada pekerja untuk memastikan proyek berjalan lancar.

### ***c. Proses Pemasangan Pipa***

Pemasangan pipa air limbah mengikuti proses yang sistematis yang melibatkan beberapa tahap kritis. Tahap pertama adalah persiapan saluran, di mana kelurusan dan kedalaman pipa harus dipastikan untuk menghindari komplikasi di masa depan. Material pipa yang digunakan adalah pipa beton bertulang (RCP) untuk pipa primer dan sekunder atau pipa PVC untuk pipa lateral, yang dirancang untuk aliran air limbah dengan sistem gravitasi. Sangat penting untuk memastikan bahwa semua pipa terpasang dengan kelurusan dan kemiringan yang tepat untuk memastikan aliran yang optimal.

Tahap selanjutnya adalah penyambungan pipa, yang harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah kebocoran. Aspek penting dalam pemasangan adalah memastikan bahwa pipa terpasang dengan stabil dan elevasi pipa diukur dengan benar. Penggunaan karung yang diisi pasir untuk menopang pipa memastikan bahwa pipa tetap stabil saat disambung dan ditimbun. Tim pengawas memiliki peran kunci untuk memastikan bahwa proses penyambungan ini sesuai dengan standar yang ditetapkan. Proyek ini mencakup pemasangan pipa standar dan juga yang berada di bawah drainase dan tanpa saluran drainase rumah, dengan prosedur khusus yang disesuaikan untuk setiap jenis pemasangan, sehingga sistem dapat berfungsi secara efektif dan efisien.

### ***d. Memeliharaan Perbaikan dan Reparasi***

Pentingnya pemeliharaan untuk memastikan umur panjang dan fungsionalitas sistem air limbah tidak dapat disangkal. Pemeliharaan perbaikan dilakukan dengan membersihkan pipa secara rutin, terutama di area yang sering terjadi endapan yang bisa menyebabkan penyumbatan atau penurunan efisiensi aliran. Proses pemeliharaan ini melibatkan pemasukan kawat baja ke dalam pipa untuk memecah lumpur, diikuti dengan penggunaan alat pembersih untuk mengeluarkan kotoran. Ini memastikan pipa tetap bebas dari hambatan dan berfungsi optimal.

Untuk pipa dangkal, yang rentan rusak akibat beban bergerak, pemeliharaan khusus diterapkan untuk menghindari kebocoran atau kerusakan. Selain itu, pompa dan manhole yang

terletak di bagian yang lebih dalam dari sistem memerlukan pemeriksaan dan pemeliharaan rutin untuk mencegah kerusakan.

#### ***e. Kegiatan Operasional dan Pemeliharaan***

Diagram kegiatan operasional dan pemeliharaan (Gambar 5) menyajikan alur rinci dari tindakan yang terlibat dalam pemeliharaan rutin jaringan pipa. Ini termasuk pemantauan kondisi manhole, pembersihan, perbaikan bagian pipa, dan penanganan masalah terkait infrastruktur. Inspeksi terus menerus terhadap sistem membantu mencegah masalah jangka panjang seperti kebocoran dan penyumbatan, serta memastikan jaringan tetap beroperasi dengan baik dan memenuhi kebutuhan masyarakat.

#### ***f. Kontrol Kualitas dan Flowchart Prosedur***

Flowchart untuk kontrol kualitas (Gambar 6) menguraikan langkah-langkah kunci dalam proses jaminan kualitas. Tim pengawas memantau setiap fase proyek, mulai dari perencanaan dan pemasangan hingga pemeliharaan berkelanjutan. Dengan mengikuti prosedur yang digambarkan dalam flowchart, tim memastikan setiap tugas diselesaikan dengan standar tertinggi. Sistematisnya proses ini berkontribusi pada keberhasilan keseluruhan proyek pengelolaan air limbah, mengurangi risiko kesalahan dan meningkatkan efisiensi operasional.

### **Kesimpulan**

Pengawasan terhadap proyek perpipaan air limbah di Perumda XYZ terbukti menjadi faktor kunci dalam keberhasilan proyek. Proses pengelolaan dan pengawasan pemasangan pipa, yang dipadukan dengan pemeliharaan rutin dan tindakan perbaikan tepat waktu, telah berkontribusi pada terciptanya sistem pembuangan air limbah yang dapat diandalkan untuk kota Medan. Meskipun tantangan seperti masalah koordinasi dan kondisi lapangan yang tidak terduga muncul, pendekatan proaktif dalam pengawasan memungkinkan penyelesaian masalah secara efektif dan meminimalkan gangguan pada jadwal proyek. Untuk proyek-proyek di masa depan, disarankan agar Perumda XYZ terus fokus pada peningkatan pelatihan dan koordinasi pengawas untuk mengatasi tantangan yang dihadapi selama pembangunan. Peningkatan komunikasi antara semua pihak yang terlibat, termasuk pengawas lapangan, kontraktor, dan pemerintah setempat, akan semakin mempermudah proses dan berkontribusi pada keberhasilan implementasi proyek serupa di masa depan. Dengan mempertahankan standar pengawasan dan keunggulan operasional ini, Perumda XYZ akan terus meningkatkan layanan pengelolaan air limbah, yang pada akhirnya akan menguntungkan penduduk Sumatera Utara.

### **Daftar Pustaka**

850 @ [jdih.sumutprov.go.id](https://jdih.sumutprov.go.id). (n.d.). <https://jdih.sumutprov.go.id/detail-produk-hukum/850>

- Chen, R., Li, T., Huang, G., Jia, X., Jin, Z., Zheng, X., & Zhao, M. (2024). Enhancement the wastewater treatment performance of multistage living machine by underwater lamp. *Journal of Environmental Management*, 365(June), 121604. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121604>
- Mkilima, T., Zharkenov, Y., Abduova, A., Kudaibergenov, N., Fazylov, K., Toleubayeva, S., Kirgizbayeva, K., Zhumadilov, I., Jaxymbetova, M., & Zhapparova, A. (2025). Bioelectrochemical degradation of pollutants in wastewater using a dual-chamber microbial fuel cell with graphene-modified electrodes and electroactive bacteria. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 11(February), 101184. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2025.101184>
- Nguyen, D. A., Wu, K., Li, X., Kim, G. S., & Kim, J. H. (2025). Adjustable tongue vane for improving the energy performance of a submersible single-channel pump for wastewater treatment. *Heliyon*, 11(1), e41511. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41511>
- O'Reilly, K. M., Wade, M. J., Farkas, K., Amman, F., Lison, A., Munday, J. D., Bingham, J., Mthombathi, Z. E., Fang, Z., Brown, C. S., Kao, R. R., & Danon, L. (2025). Analysis insights to support the use of wastewater and environmental surveillance data for infectious diseases and pandemic preparedness. *Epidemics*, 51(February), 100825. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2025.100825>
- Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2022 Perusahaan Umum Daerah Xyz. (n.d.). <https://jdih.sumutprov.go.id/detail-produk-hukum/850>
- Sampah, S., & Tangga, R. (2018). *Wali Kota Medan Provinsi Sumatera Utara*. 99.
- Van de Walle, A., Kim, M., Alam, M. K., Wang, X., Wu, D., Dash, S. R., Rabaey, K., & Kim, J. (2023). Greywater reuse as a key enabler for improving urban wastewater management. *Environmental Science and Ecotechnology*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.esse.2023.100277>
- Vanrolleghem, P. A., Khalil, M., Serrao, M., Sparks, J., & Therrien, J. D. (2025). Machine learning in wastewater: opportunities and challenges — “not everything is a nail!” *Current Opinion in Biotechnology*, 93, 103271. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2025.103271>
- Zhang, H., Yu, J., Wang, Z., Sun, L., Tong, Q., Xue, S., Yang, T., Zhang, W., Du, R., & Xiao, Z. (2025). Carbon emission characteristics and reduction technologies in urban wastewater systems: A review. *Water Cycle*, 6(February), 285–299.

<https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2025.02.002>

Zou, Y., Wang, X., Bi, D., Fu, J., Han, J., Guo, Y., Feng, L., & Han, M. (2021). Pterostilbene nanoparticles with small particle size show excellent anti-breast cancer activity in vitro and in vivo. *Nanotechnology*, 32. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/abfdec>