

Identifikasi Risiko Lingkungan Terhadap Infrastruktur Penyehatan Lingkungan pada Mal Pakuwon Bekasi

Athiyyah Maharani Zahra¹, Henita Rahmayanti², Arris Maulana³

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta^{1,2,3}

*Email Korespodensi: athiyyahmaharanizahra_1503621047@mhs.unj.ac.id

Sejarah Artikel:

Diterima 01-08-2025
Disetujui 08-08-2025
Diterbitkan 10-08-2025

ABSTRACT

Wastewater management in mixed-use developments such as Mal Pakuwon Bekasi presents significant challenges in ensuring effective and sustainable environmental sanitation infrastructure. This study aims to identify, assess, and control environmental risks arising from the management of domestic wastewater in the mall, which is treated through a Sewage Treatment Plant (STP) using an aerobic biological process. A descriptive quantitative approach was employed, utilizing risk matrix analysis to evaluate the probability and impact of potential environmental hazards. Data were collected through in-depth interviews with technical personnel, field observations, and supporting operational documentation. The results show that the highest risk is associated with potential blower failure (risk score 20, very high category), which can lead to the failure of the entire aeration process. Other risks, such as odor potential (score 12) and malfunction in the water reuse system (score 6), are categorized as moderate to low. After implementing mitigation measures—including daily monitoring, application of bacterial boosters, and predictive maintenance—the residual risk levels decreased significantly. This study emphasizes the importance of structured and data-driven risk management to improve STP performance and contribute to achieving Sustainable Development Goal (SDG) 6: Clean Water and Sanitation. The findings provide practical insights for developing effective environmental risk strategies in large-scale commercial facilities.

Keywords: Environmental Risk, STP, Wastewater, Risk Matrix, and SDGs.

ABSTRAK

Pengelolaan limbah cair pada kawasan mixed-use seperti Mal Pakuwon Bekasi merupakan tantangan besar dalam memastikan infrastruktur penyehatan lingkungan yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko lingkungan yang timbul dari pengelolaan air limbah domestik di mal tersebut, yang dikelola melalui sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berbasis proses biologis aerobik. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode analisis matriks risiko untuk menilai probabilitas dan dampak dari potensi bahaya lingkungan. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan tenaga teknis, observasi lapangan, dan dokumentasi operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko tertinggi berasal dari potensi kerusakan blower (nilai risiko 20/kategori sangat tinggi), yang dapat menyebabkan kegagalan total proses aerasi. Risiko lain seperti potensi bau (nilai risiko 12) dan kerusakan sistem reuse (nilai risiko 6) berada pada kategori sedang hingga rendah. Setelah penerapan tindakan mitigasi seperti pemantauan harian, pemberian booster bakteri, dan predictive

maintenance, nilai risiko residual mengalami penurunan signifikan. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan risiko lingkungan yang terstruktur dan berbasis data dapat meningkatkan efektivitas sistem IPAL serta mendukung pencapaian SDGs tujuan 6 (Air Bersih dan Sanitasi Layak). Temuan ini penting sebagai acuan pengembangan strategi manajemen risiko pada proyek bangunan besar dengan fungsi komersial dan publik.

Kata kunci: Risiko lingkungan, IPAL, Limbah Cair, Risk Matrix, dan SDGs.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Athiyyah Maharani Zahra, Henita Rahmayanti, & Arris Maulana. (2025). Identifikasi Risiko Lingkungan Terhadap Infrastruktur Penyehatan Lingkungan pada Mal Pakuwon Bekasi. Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 1(5), 2984-2990. <https://doi.org/10.63822/v6v9wm23>

PENDAHULUAN

Perkembangan kawasan perkotaan yang semakin pesat telah mendorong peningkatan pembangunan pada berbagai sektor, termasuk pengembangan kawasan mixed-use yang menggabungkan fungsi hunian, komersial, dan publik dalam satu kesatuan terpadu. Salah satu proyek besar yang tengah dikembangkan adalah Pakuwon Residence Bekasi Mixed-Use Development, yang dibangun di atas lahan seluas 31.392 m² dengan total luas bangunan mencapai 15.086 m², terdiri dari lima tower setinggi 41 lantai yang mencakup apartemen, mal, dan hotel. Dengan skala proyek sebesar ini, kompleksitas pengelolaan lingkungan hidup, khususnya infrastruktur penyehatan lingkungan, menjadi tantangan yang tidak dapat diabaikan.

Menurut Medtry dan Madjid (2020), pengembangan kawasan mixed-use di kawasan perkotaan kerap belum sepenuhnya memperhatikan prinsip tata ruang dan pembangunan keberlanjutan. Akibatnya, timbul berbagai permasalahan lingkungan, terutama yang berkaitan dengan pengelolaan limbah dan sumber daya. Hal ini diperkuat oleh pendapat Purnomo (2016) yang menyebutkan bahwa perencanaan kawasan yang tidak matang dapat meningkatkan tekanan terhadap infrastruktur lingkungan, seperti sistem pengelolaan sampah dan pengolahan air limbah. Infrastruktur ini berperan penting dalam menjaga kualitas ekosistem serta kesehatan masyarakat di lingkungan sekitarnya.

Pada konteks Pakuwon Residence Bekasi, permasalahan lingkungan yang dihadapi bersumber dari tingginya volume limbah yang dihasilkan dari beragam aktivitas, khususnya pada area mal sebagai objek fokus penelitian ini. Limbah cair yang berasal dari kegiatan domestik seperti penggunaan toilet pada mal, serta aktivitas dapur para tenant menjadi salah satu tantangan utama dalam pengelolaannya dan menjadi fokus penelitian pada skripsi ini. Limbah cair pada mal ini diolah melalui sistem *Sewage Treatment Plant (STP)*, berdasarkan data lapangan dan hasil wawancara dengan pihak pengelola STP didapatkan nilai kapasitas STP yaitu 14.000 m³ dan kapasitas pengolahan per-harinya yaitu 1.658 m³ per hari. Selain itu, sistem daur ulang air (recycle) yang mampu mengolah sekitar 300 m³ per hari.

Selain limbah cair, limbah padat juga menjadi persoalan krusial. Limbah padat yang dihasilkan mal meliputi sampah organik, non-organik, dan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), yang berasal dari aktivitas pengunjung mal dan operasional tenant, pada mal ini limbah padat dikelola sepenuhnya oleh pihak ketiga yang tidak berada di bawah manajemen gedung. Oleh karena itu, penelitian ini lebih memfokuskan pada pengelolaan limbah cair sebagai objek yang dapat diamati secara langsung, dievaluasi infrastrukturnya, dan dianalisis risikonya secara kuantitatif.

Dengan kompleksitas permasalahan tersebut, penerapan sistem pengelolaan lingkungan yang efektif dan ramah lingkungan menjadi suatu keharusan. Sistem tersebut harus mampu mengelola berbagai jenis limbah secara terpadu, efisien, dan berkelanjutan. Pakuwon Residence Bekasi Mixed-Use Development tentunya memiliki tanggung jawab besar dalam mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), terutama tujuan No. 6 (Air Bersih dan Sanitasi Layak) target No. 6.3 (Meningkatkan kualitas air), indikator No. 6.3.1 (Pengelolaan air).

Dengan demikian, penelitian ini menjadi penting untuk mengkaji secara lebih dalam bagaimana risiko lingkungan yang timbul dari pengelolaan limbah padat dan cair pada mal dengan bangunan mixed-use dapat diidentifikasi, diukur, dan dikendalikan secara efektif melalui pendekatan manajemen risiko yang terstruktur, guna mewujudkan lingkungan perkotaan yang sehat dan berkelanjutan.

METODE PELAKSANAAN

Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian

Lokasi penelitian ini akan dilaksanakan di Proyek Pakuwon Bekasi *Mixed-Use Development* yang berlokasi pada Jl. Raya Pekayon No.002, RT.001/RW.001, Pekayon Jaya, Kec. Bekasi Sel., Kota Bks, Jawa Barat 17530.

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Februari–Juli 2025, dengan subjek penelitian diantaranya tenaga ahli pengelola limbah cair/*STP*.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini mencakup sistem infrastruktur penyehatan lingkungan di Pakuwon Residence Bekasi, berupa pengolahan air limbah (*Sewage Treatment Plant*). Selain itu, populasi penelitian ini mencakup tenaga ahli pengelola limbah cair/*STP*.

Sampel penelitian ini meliputi pekerja yang memiliki pengetahuan terkait dengan risiko lingkungan terhadap infrastruktur penyehatan lingkungan (pengelolaan limbah cair) melalui *purposive sampling*, yang terdiri atas tenaga ahli pengelola limbah cair sebagai pemberi informasi terkait dampak dari infrastruktur penyehatan lingkungan (pengolahan limbah cair). Sampel penelitian ini juga dapat mencakup data fisik berupa volume air limbah yang diperoleh.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini adalah menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, di mana data yang diperoleh melalui wawancara mendalam dengan responden akan diolah secara numerik untuk menilai tingkat risiko lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil wawancara, observasi lapangan, dan analisis risiko menggunakan matriks risiko, dapat disimpulkan bahwa sistem pengelolaan limbah cair (IPAL) di Mal Pakuwon Bekasi telah berfungsi secara operasional namun memiliki beberapa potensi risiko lingkungan yang perlu dimitigasi secara berkelanjutan. Sistem pengolahan yang digunakan berbasis metode biologis aerobik telah sesuai standar pengolahan air limbah dengan indikator efisiensi olahan yang cukup baik. Pembahasan disusun berdasarkan hasil analisis matriks risiko awal dan residual serta validasi tindakan mitigasi berdasarkan wawancara dan observasi.

1. Risiko Kerusakan Blower

Risiko ini merupakan risiko tertinggi (nilai awal = 20, kategori Sangat Tinggi) karena blower merupakan komponen vital dalam proses aerasi yang memastikan oksigen tersedia bagi bakteri pengurai. Jika blower tidak berfungsi, maka proses pengolahan biologis terganggu total, menyebabkan limbah cair tidak memenuhi baku mutu. Namun setelah tindakan mitigasi dilakukan seperti pemeriksaan harian, penambahan booster bakteri, dan pemasangan sensor getaran untuk peringatan dini—nilai risiko residual turun menjadi 8 (kategori Rendah). Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian risiko berjalan efektif, sebagaimana dikonfirmasi dalam validasi lapangan melalui dokumentasi pemeriksaan harian dan tidak adanya riwayat kerusakan signifikan dalam 6 bulan terakhir.

2. Risiko Potensi Bau dari Proses Belum Optimal

Risiko ini awalnya tergolong Sedang (nilai 12), dengan sumber utama bau berasal dari proses biologis yang belum bekerja pada kapasitas optimal karena volume limbah dari seluruh bangunan belum maksimal (apartemen dan hotel belum beroperasi). Mitigasi dilakukan melalui injeksi booster bakteri dan aerasi tambahan di titik rawan anaerob. Hasil validasi menunjukkan bahwa tindakan ini memang dilakukan, meskipun bau sesekali masih terdeteksi namun dalam batas yang wajar. Risiko residual berhasil ditekan menjadi 6 (kategori Rendah). Hal ini menunjukkan efektivitas mitigasi, meski pengawasan tetap perlu dilakukan hingga seluruh kawasan beroperasi penuh.

3. Risiko Kerusakan Sistem Reuse

Risiko ini sejak awal memiliki nilai rendah (nilai 6), karena sistem reuse hanya mempengaruhi efisiensi penggunaan air dan bukan kualitas lingkungan secara langsung. Setelah diterapkannya inspeksi berkala dan tindakan cepat terhadap kerusakan pompa, risiko residual menurun menjadi 2 (Sangat Rendah). Meskipun dampaknya kecil, sistem reuse tetap penting dalam mendukung efisiensi sumber daya dan prinsip circular economy dalam pengelolaan air.

4. Risiko Pembuangan Air ke Saluran Kota

Risiko ini merupakan yang terendah (nilai awal = 4). Air yang tidak terpakai dalam sistem reuse dibuang ke saluran kota, namun berdasarkan validasi laboratorium setiap 6 bulan, air hasil olahan selalu memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, nilai risiko residual semakin menurun ke 1 (Sangat Rendah). Artinya, proses pengolahan dan pengawasan kualitas air berjalan sangat efektif.

Secara keseluruhan, sistem pengolahan limbah cair telah dikendalikan dengan baik berdasarkan temuan risiko residual. Perbedaan mencolok antara risiko awal dan risiko residual menunjukkan bahwa tindakan mitigasi yang diterapkan cukup efektif, bahkan terhadap risiko dengan tingkat awal yang sangat tinggi. Namun demikian, sistem pemantauan masih berbasis inspeksi manual yang berpotensi memiliki keterlambatan dalam deteksi dini gangguan. Maka, penguatan sistem prediktif dan otomatisasi pemantauan menjadi rekomendasi utama ke depan.

KESIMPULAN

1. Risiko lingkungan utama berasal dari kerusakan blower, dengan potensi dampak signifikan terhadap efisiensi pengolahan air limbah dan kualitas lingkungan. Namun, tindakan mitigasi efektif berhasil menurunkan risiko dari kategori Sangat Tinggi (20) menjadi Rendah (8).
2. Risiko potensi bau yang berasal dari proses biologis belum optimal, juga berhasil dikendalikan melalui penambahan bioaktivator dan sistem aerasi tambahan. Risiko ini menurun dari Sedang (12) menjadi Rendah (6).
3. Risiko lain seperti kerusakan sistem reuse dan pembuangan ke saluran kota memiliki dampak kecil dan telah ditangani secara konsisten, sehingga seluruh risiko residual berada pada tingkat Rendah hingga Sangat Rendah.
4. Sistem pengelolaan limbah cair telah memenuhi standar baku mutu lingkungan sesuai Permenkes No. 32 Tahun 2017 dan mendukung pencapaian SDGs No. 6.3.1 tentang pengelolaan air limbah yang aman dan berkelanjutan.

5. Sistem pemantauan dan evaluasi, termasuk uji laboratorium berkala, pelaporan harian, dan inspeksi teknis telah mendukung pengendalian risiko secara berkelanjutan. Namun penguatan sistem prediktif otomatis diperlukan untuk mengantisipasi potensi kegagalan lebih awal.

SARAN

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan penelitian setelah seluruh kawasan Pakuwon Residence Bekasi beroperasi penuh, termasuk apartemen dan hotel, agar diperoleh gambaran risiko lingkungan yang lebih komprehensif dan mewakili beban aktual sistem IPAL.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya dapat melakukan pengembangan instrumen penilaian risiko yang lebih luas, termasuk penggunaan *software* manajemen risiko lingkungan untuk memperkaya analisis.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya dapat melakukan *benchmarking*, yaitu membandingkan sistem pengelolaan limbah cair di Mal Pakuwon Bekasi dengan sistem serupa di kawasan mixed-use development lainnya. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi praktik terbaik (best practices), mengevaluasi posisi kinerja sistem IPAL saat ini, dan memberikan masukan pengembangan sistem pengolahan limbah yang lebih efisien dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Fakhry, M. A. (2022). Laporan Pelaksanaan Magang Di PT. Indonesia Power Grati POMU Perbandingan Efektivitas Penerapan Metode *Sewage Treatment Plant (STP)* dan *Bio Septic Tank Plant* Dalam Pengelolaan Air Limbah Domestik Pada PT. Indonesia Power Grati Power Generation and Operation & Maintenance Services Unit (POMU) (*Doctoral Dissertation*, Universitas Airlangga).
- Aven, T. (2020). Climate change risk—what is it and how should it be expressed? *Journal of Risk Research*, 23(11), 1387–1404. <https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1687578>
- Badan Standardisasi Nasional. 2018. *Grand Desain Penerapan Manajemen Risiko*. <https://bsn.go.id/>
- Basri, S., Bujawati, E., & Amansyah, M. (2014). Analisis risiko kesehatan lingkungan (model pengukuran risiko pencemaran udara terhadap kesehatan). *Jurnal Kesehatan*, 7(2).
- Djohanputro, Bramantyo. (2008). *Manajemen keuangan korporat* (Cetakan pertama). PT Mitra Kesjaya.
- Green, P. E. J. (2016). *Introduction to risk management principles*. In *Enterprise Risk Management: A Common Framework for the Entire Organization*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800633-7.00001-8>
- Haimes, Y. Y. (2009). *Risk modeling, assessment, and management* (14th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Hasibuan, R. (2016). Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 4(1), 42-52.
- Kartamihardja, A. I. (2015). Analisis faktor-faktor penyebab peningkatan limbah di kawasan perkotaan. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua, dan pemandian umum.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). (2020). *Pedoman teknis penyusunan rencana aksi tujuan pembangunan berkelanjutan (TPB)/Sustainable Development Goals (SDGs)*. Kementerian PPN/Bappenas.

- López, C., & Martínez, J. (2019). *Predictive maintenance for wastewater treatment systems*. In J. Prieto, I. Fuentes, & J. Boubeta-Puig (Eds.), *Industry 4.0–Trends and Practical Applications* (pp. 139–146). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05645-2_13
- Maliga, I., & Darmin, D. (2020). Analisis penilaian risiko kesehatan lingkungan dengan menggunakan pendekatan *Environmental Health Risk Assessment (EHRA)* di Kecamatan Moyo Utara. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 5(1), 16-26.
- Medtry, & Madjid, K. (2020). Kajian pengembangan kawasan campuran (*mixed use*) di perkotaan. *Jurnal IPTEK*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.31543/jii.v5i1.171>
- Ningrom, Y. P., Hardi, M. A., Paulus, Y., Triansyah, Y., & Wicaksono, M. A. N. (2024). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Putra Perkasa Abadi Jobsite Adaro Minerals Indonesia. *Syntax Idea*, 6(11).
- Patria, R. K. (2019). Analisis risiko pada instalasi pengolah air limbah PT X dengan konsep manajemen risiko (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Purnomo, A. D. A. (2020). *Perancangan mixed-use building dalam kawasan central business district* (Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Putra, A. A. (2023). *Analisis sistem pengelolaan sampah domestik di Apartemen Sentra Timur* (Doctoral dissertation, Universitas Bakrie).
- Rahmayanti, H., & Ananda, S. (2017). *Analysis of environmental infrastructure sustainability of low-cost apartment: Rusunawa in Jakarta*. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, 8(2), 1-13.
- Rumambi, F. J. (2023). Environmental effects on health: The role of sustainable environmental management. *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 8(2), 787–794.
- Simamora, Y., & Kurniati, N. (2009). Analisis risiko pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) PT Ajinomoto berdasarkan konsep manajemen risiko lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Simpson, N. P., Mach, K. J., Constable, A., Hess, J., Hogarth, R., Howden, M., ... Trisos, C. H. (2021). *A framework for complex climate change risk assessment*. *One Earth*, 4(4), 489–501. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.005>
- Supriyatno, B. (2000). Pengelolaan air limbah yang berwawasan lingkungan suatu strategi dan langkah penanganannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1).
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of solid waste management* (2nd ed.). McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1036/007135623>
- TenCate Geosynthetics. (n.d.). Infrastruktur lingkungan hidup. *TenCate Geosynthetics Asia*. Diakses pada 24 September 2024, dari <https://www.tencategeo.asia/id/segmentasi-pasar/infrastruktur-lingkungan-hidup>
- Toledo, M., & Muñoz, R. (2025). Odour prevention strategies in wastewater treatment and composting plants: A review. *Journal of Environmental Management*, 375, 124402. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124402>
- Tušer, I., & Oulehlova, A. (2021). *Risk assessment and sustainability of wastewater treatment plant operation*. *Sustainability*, 13(9), 5120. <https://doi.org/10.3390/SU13095120>
- Uca, M., & Alizadehebad, L. (2021). Risk analysis and assessment using decision matrix risk assessment technique in sports: The case of boxing. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*, 15(10), 2971–2976. <https://doi.org/10.53350/pjmhs2115102972>
- Wardhana, Y. M. A. (2025). *Manajemen risiko lingkungan: Seri - Climate change risks*. UI Publishing.
- Zio, E. (2018). *The future of risk assessment*. *Reliability Engineering and System Safety*, 177(June 2017), 176–190. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.04.020>