

Analisis Dampak dan Strategi Kebijakan Pengendalian Kontaminasi *Escherichia coli* pada Minuman Olahan di Universitas

Evi Siti Sofiyah¹, I Wayan Koko Suryawan^{1*}

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Indonesia

*Korespondensi: i.suryawan@universitaspertamina.ac.id

Received: 22 October 2025

Accepted: 12 November 2025

Abstrak

Kualitas air minum yang aman dan higienis di lingkungan universitas merupakan aspek fundamental dalam menjaga kesehatan sivitas akademika serta mendukung reputasi institusi sebagai ruang belajar yang berkelanjutan. Salah satu risiko utama terhadap keamanan air minum dan minuman olahan di kantin kampus adalah kontaminasi *Escherichia coli* (*E. coli*), yang menjadi indikator adanya pencemaran fekal. Studi ini tidak berfokus pada uji laboratorium, melainkan pada analisis dampak kualitatif dan evaluasi kebijakan pengendalian melalui pendekatan *cost-benefit*. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi konsekuensi sosial, ekonomi, dan lingkungan dari potensi kontaminasi *E. coli*, menilai efektivitas pendekatan pencegahan berbasis investasi higienitas, serta merumuskan strategi kebijakan jangka pendek, menengah, dan panjang di tingkat universitas. Analisis dilakukan menggunakan kerangka SWOT dan matriks aksi strategis (*Strategic Action Matrix*) untuk merumuskan langkah implementasi yang realistis, terukur, dan berorientasi pada keberlanjutan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan sistem desinfeksi air, pelatihan kebersihan bagi pengelola kantin, dan pembentukan mekanisme pemantauan kualitas air secara berkala memberikan manfaat sosial dan ekonomi yang signifikan dibandingkan pendekatan reaktif. Upaya preventif ini terbukti memperkuat tata kelola air kampus, meningkatkan kepercayaan mahasiswa terhadap keamanan konsumsi, dan mendukung penerapan prinsip *green campus*.

Kata Kunci: *Escherichia coli*, analisis *cost-benefit*, sanitasi air, kebijakan kampus berkelanjutan, SDGs

Abstract

Ensuring safe and hygienic drinking water in universities is fundamental to protecting public health and maintaining institutional credibility as sustainable learning environments. One of the main risks to beverage safety in campus canteens is *Escherichia coli* (*E. coli*) contamination, which serves as a key indicator of fecal pollution. This study does not involve laboratory testing but focuses on qualitative impact assessment and policy evaluation using a *cost-benefit* framework. The primary objectives are to identify the social, economic, and environmental implications of potential *E. coli* contamination, assess the preventive value of hygiene-based investment, and develop short-, medium-, and long-term policy strategies applicable to university governance. The analysis employed a SWOT framework and a *Strategic Action Matrix* to design practical, measurable, and sustainability-oriented implementation steps. The findings reveal that preventive measures such as ultraviolet disinfection, hygiene training for canteen staff, and regular water quality monitoring deliver substantial social and economic benefits compared to reactive responses. These interventions strengthen campus water governance, enhance student confidence in food safety, and support the institutional transformation toward a *green campus*.

Keywords: *Escherichia coli*, *cost-benefit* analysis, water sanitation, sustainable campus policy, SDGs

Pendahuluan

Kualitas air minum dan sistem penyediaan minuman olahan di lingkungan universitas memiliki peran strategis dalam mendukung kesehatan sivitas akademika dan mewujudkan kampus yang berkelanjutan (Meisterling et al., 2022). Dalam konteks kehidupan kampus modern, kebutuhan terhadap minuman siap saji seperti kopi, teh, dan minuman dingin semakin

meningkat seiring padatnya aktivitas mahasiswa dan tenaga pengajar (Hasnaningrum et al., 2021; Khansa et al., 2021; Ridhosari & Rahman, 2020). Sebagian besar minuman tersebut menggunakan air isi ulang atau es batu sebagai bahan utama, sehingga pengawasan terhadap kualitas air menjadi faktor krusial dalam menjaga keamanan pangan dan kesehatan masyarakat kampus. Salah satu ancaman yang kerap diabaikan adalah

kontaminasi *Escherichia coli* (*E. coli*), bakteri indikator pencemaran fekal yang menunjukkan adanya gangguan dalam sistem kebersihan air dan proses penyajian. Jika tidak dikendalikan, kontaminasi ini berpotensi menimbulkan risiko penyakit bawaan air, menurunkan produktivitas akademik, serta menimbulkan beban ekonomi dan reputasional bagi universitas.

Permasalahan utama yang menjadi dasar penelitian ini terletak pada masih minimnya pendekatan kebijakan pencegahan yang berbasis analisis ekonomi dan tata kelola berkelanjutan di tingkat institusi Pendidikan (Leal Filho et al., 2021; Roy & Tisdell, 1998). Sebagian besar studi sebelumnya mengenai *E. coli* di lingkungan kampus hanya berfokus pada identifikasi laboratorium (Susanna & Hartono, 2010; Walid et al., 2021; Wibowo et al., 2017), uji mikrobiologi, dan deskripsi tingkat pencemaran tanpa menelusuri implikasi sosial dan ekonomi dari kontaminasi tersebut. Akibatnya, aspek pengambilan keputusan berbasis manfaat dan biaya (*cost-benefit consideration*) dalam konteks kebijakan universitas belum banyak dikaji secara mendalam. Kesenjangan inilah yang menciptakan kebutuhan untuk mengembangkan model analisis kebijakan yang tidak hanya menilai risiko kesehatan, tetapi juga mengintegrasikan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam satu kerangka konseptual yang dapat diterapkan secara nyata oleh pengambil keputusan di kampus.

Kebaruan dari studi ini terletak pada pendekatannya yang tidak berorientasi pada uji laboratorium, melainkan pada pengembangan model evaluasi kebijakan berbasis analisis *cost-benefit* untuk pengendalian kontaminasi *E. coli* di universitas. Pendekatan ini menempatkan kebersihan air dan sanitasi bukan hanya sebagai tanggung jawab teknis, tetapi juga sebagai investasi preventif yang memberikan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan secara simultan (Dheta et al., 2025; Sofiyah, Rafida, & Caesarina, 2025; Sofiyah, Sianipar, Rahman, Caesarina, et al., 2025; Sofiyah, Sianipar, Rahman, Rafida, et al., 2025;

Sofiyah, Suhardono, Ridhosari, et al., 2025). Selain itu, penelitian ini memperkenalkan integrasi antara analisis SWOT dan matriks aksi strategis (*Strategic Action Matrix*) untuk merancang tahapan implementasi kebijakan kampus sehat dan berkelanjutan yang mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG 3 dan SDG 6). Pendekatan ini memberikan kerangka kebijakan yang aplikatif bagi institusi pendidikan tinggi untuk menilai efektivitas investasi dalam pencegahan kontaminasi air dan membangun tata kelola berbasis keberlanjutan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari potensi kontaminasi *Escherichia coli* pada minuman olahan di lingkungan universitas serta menilai manfaat kebijakan pencegahan melalui pendekatan *cost-benefit analysis*. Selain itu, studi ini bertujuan untuk merumuskan strategi implementasi kebijakan yang komprehensif melalui tahapan jangka pendek, menengah, dan panjang guna memperkuat sistem sanitasi dan tata kelola air kampus. Dengan mengintegrasikan hasil analisis SWOT dan perencanaan aksi strategis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan konseptual dan praktis bagi universitas dalam membangun sistem manajemen air minum yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Studi ini sekaligus memperkuat posisi universitas sebagai agen perubahan dalam mendukung tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan melalui inovasi kebijakan yang berorientasi pada kesehatan publik, efisiensi sumber daya, dan tanggung jawab sosial lingkungan.

Metode

Metode penelitian dalam studi ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan mengandalkan kegiatan survei, observasi lapangan, dan kajian literatur sebagai sumber utama data dan analisis. Penelitian dilakukan untuk memahami kondisi aktual sistem penyediaan air minum dan minuman olahan di lingkungan universitas, serta untuk

menilai tingkat penerapan kebersihan, sanitasi, dan kesadaran terhadap potensi kontaminasi *Escherichia coli* di kantin kampus. Fokus utama dari metode ini adalah mengidentifikasi hubungan antara perilaku pengelolaan air, pola konsumsi mahasiswa, dan kesiapan kelembagaan universitas dalam menerapkan kebijakan pencegahan berbasis keberlanjutan. Tahapan penelitian diawali dengan kegiatan survei yang dilakukan terhadap pengelola kantin, mahasiswa, dan tenaga kebersihan kampus guna memperoleh informasi terkait praktik penyediaan air isi ulang, penyimpanan bahan baku, dan kebiasaan sanitasi selama proses penyajian minuman. Survei menggunakan kuesioner semi-terstruktur dengan pertanyaan terbuka dan tertutup untuk mengumpulkan data tentang sumber air yang digunakan, frekuensi pembersihan alat, serta persepsi terhadap risiko kesehatan akibat air tidak higienis. Survei ini juga mencakup penilaian terhadap kebijakan internal universitas yang berkaitan dengan kesehatan lingkungan dan pengawasan makanan dan minuman di area kampus.

Selanjutnya dilakukan observasi langsung di beberapa kantin universitas untuk melihat secara nyata kondisi fasilitas penyimpanan air, sistem filtrasi atau desinfeksi yang digunakan, serta kebersihan area penyajian dan peralatan. Observasi juga digunakan untuk mengidentifikasi potensi titik kritis terjadinya kontaminasi, misalnya pada proses pengambilan air isi ulang, penanganan es batu, dan penggunaan wadah minuman. Data observasi dicatat secara sistematis menggunakan lembar pengamatan dengan indikator kebersihan fisik, perilaku higienitas, dan kepatuhan terhadap standar sanitasi dasar. Selain data primer yang diperoleh melalui survei dan observasi, penelitian ini memperkuat analisis dengan kajian literatur dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal nasional dan internasional, peraturan pemerintah, serta laporan lembaga kesehatan yang relevan dengan topik air minum dan sanitasi kampus. Kajian literatur digunakan untuk

membandingkan kondisi empiris di Universitas X dengan praktik terbaik (*best practices*) di institusi pendidikan lain, serta untuk mengidentifikasi faktor-faktor kebijakan yang berkontribusi terhadap keberhasilan sistem pengendalian kontaminasi *E. coli*. Literatur juga menjadi dasar dalam penyusunan analisis SWOT dan perumusan matriks aksi strategis yang berorientasi pada Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs).

Hasil dan Pembahasan

Analisis dampak kualitatif dilakukan untuk menilai hubungan antara risiko kontaminasi *Escherichia coli* pada minuman olahan di kantin Universitas X dengan berbagai aspek kesehatan, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Dalam konteks kampus, air minum isi ulang menjadi bahan baku utama dalam penyediaan minuman seperti teh, kopi, jus, dan minuman siap saji lainnya. Apabila kualitas air tersebut tidak memenuhi standar kebersihan, maka risiko kontaminasi *E. coli* dapat meningkat, yang berimplikasi pada gangguan kesehatan, kerugian ekonomi, dan menurunnya kepercayaan mahasiswa terhadap fasilitas kampus. Sebaliknya, jika dilakukan intervensi melalui penerapan sistem desinfeksi, pelatihan higienitas, dan pengawasan sanitasi yang konsisten, maka manfaat yang diperoleh tidak hanya mencakup peningkatan kesehatan, tetapi juga reputasi institusi dan efisiensi pengelolaan sumber daya air.

Tabel 1 menyajikan identifikasi kualitatif dari berbagai jenis dampak yang mungkin terjadi baik tanpa maupun dengan intervensi pengendalian kebersihan. Analisis ini mempertimbangkan hubungan sebab-akibat antara risiko kontaminasi, jenis biaya yang muncul, manfaat yang dapat dihasilkan, serta rekomendasi kebijakan yang mendukung pendekatan pencegahan berbasis *cost-benefit reasoning* dalam pengelolaan air minum di lingkungan universitas.

Tabel 1. Identifikasi Dampak dan Analisis Kualitatif Cost–Benefit Pengendalian Kontaminasi *Escherichia coli* di Kantin Universitas X

Aspek	Jenis Dampak	Deskripsi Dampak / Konsekuensi	Analisis Biaya (Cost)	Analisis Manfaat (Benefit)	Rekomendasi Kebijakan / Tindakan
Kesehatan	Negatif (tanpa intervensi)	Kontaminasi E. coli pada minuman dapat menyebabkan gangguan pencernaan, infeksi saluran cerna, dan meningkatnya risiko penyakit diare di kalangan mahasiswa.	Biaya kesehatan meningkat akibat pengobatan dan waktu pemulihan mahasiswa yang sakit.	Tidak ada manfaat, karena kerugian kesehatan dan produktivitas meningkat.	Penerapan pemantauan rutin terhadap kebersihan air dan bahan baku minuman.
Kesehatan	Positif (dengan intervensi)	Pencegahan dilakukan melalui peningkatan kebersihan air, penggunaan sistem desinfeksi UV, dan pelatihan sanitasi bagi staf kantin.	Diperlukan biaya investasi awal dan pemeliharaan alat desinfeksi serta pelatihan tenaga kerja.	Meningkatkan kesehatan dan menurunkan risiko infeksi, serta menciptakan lingkungan kampus yang lebih aman.	Menetapkan standar kebersihan air dan inspeksi rutin oleh pihak universitas.
Ekonomi	Negatif (tanpa intervensi)	Mahasiswa yang sakit mengakibatkan hilangnya waktu kuliah, penurunan produktivitas, dan potensi kerugian ekonomi tidak langsung.	Kehilangan produktivitas akademik dan reputasi ekonomi jangka panjang bagi penjual kantin.	Tidak ada manfaat ekonomi; terjadi kerugian berkelanjutan.	Evaluasi berkala praktik higienitas dan audit kebersihan oleh pengelola kampus.
Ekonomi	Positif (dengan intervensi)	Investasi dalam sistem desinfeksi, pengawasan kebersihan, dan pelatihan menghasilkan peningkatan efisiensi dan kepercayaan konsumen.	Pengeluaran awal untuk infrastruktur dan pengawasan.	Manfaat jangka panjang berupa peningkatan kepercayaan pelanggan, reputasi baik, dan stabilitas ekonomi kantin.	Menerapkan program pelatihan higienitas wajib bagi seluruh tenaga kantin dan penyedia air isi ulang.
Sosial	Negatif	Mahasiswa kehilangan kepercayaan terhadap keamanan makanan dan minuman di kampus, serta berkurangnya kepuasan terhadap fasilitas universitas.	Reputasi kampus menurun dan menimbulkan dampak psikologis seperti kekhawatiran terhadap konsumsi produk kampus.	Tidak ada manfaat sosial; citra kampus melemah.	Melakukan komunikasi publik dan transparansi mengenai hasil pemantauan kebersihan.
Sosial	Positif	Penerapan standar sanitasi dan kebersihan yang baik meningkatkan rasa aman dan kepuasan mahasiswa terhadap layanan kampus.	Dibutuhkan waktu, koordinasi, dan sumber daya manusia untuk mengimplementasikan sistem pengawasan.	Meningkatkan citra kampus, kepercayaan publik, dan kesejahteraan sosial sivitas akademika.	Membentuk tim pengawasan sanitasi terpadu di bawah unit kesehatan kampus.
Lingkungan	Positif	Sistem desinfeksi dan pengelolaan air yang baik mengurangi limbah air isi ulang dan mendorong efisiensi penggunaan air bersih.	Diperlukan perawatan berkala terhadap alat dan sistem filtrasi air.	Kontribusi pada pengelolaan sumber daya air berkelanjutan dan mendukung prinsip kampus hijau (<i>green campus</i>).	Integrasi kebijakan sanitasi air dengan program lingkungan berkelanjutan universitas.

Hasil identifikasi dampak menunjukkan bahwa kontaminasi *E. coli* memiliki konsekuensi luas yang tidak hanya terbatas pada aspek kesehatan individu (Mortula et al., 2023), tetapi juga merambat pada dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan kampus. Pada aspek kesehatan, ketidakhadiran sistem pengendalian yang memadai dapat meningkatkan risiko penyakit bawaan air dan menurunkan produktivitas mahasiswa. Sebaliknya, penerapan intervensi seperti desinfeksi ultraviolet dan pelatihan kebersihan terbukti secara kualitatif mampu mengurangi potensi penyakit serta menciptakan lingkungan yang lebih aman (Guridi et al., 2019; Hendriyanto, 2010; Okik Hendriyanto, 2010). Upaya preventif ini tidak hanya menjaga kesejahteraan mahasiswa tetapi juga memperkuat ketahanan sistem kesehatan kampus.

Dari sisi ekonomi, pendekatan reaktif terhadap kontaminasi sering kali menimbulkan beban biaya yang lebih tinggi dibandingkan pencegahan. Kehilangan produktivitas akibat absensi mahasiswa yang sakit dan penurunan minat beli terhadap produk kantin merupakan bentuk kerugian ekonomi tidak langsung. Sebaliknya, investasi dalam sistem kebersihan air dan peningkatan kapasitas tenaga kerja menghasilkan manfaat jangka panjang berupa peningkatan kepercayaan konsumen, stabilitas penjualan, dan efisiensi operasional kantin. Hal ini menegaskan bahwa biaya pencegahan merupakan bentuk investasi berkelanjutan, bukan pengeluaran tambahan (Suhardono et al., 2025; Weinstein, 1990).

Dampak sosial juga sangat penting dalam konteks kampus karena berkaitan dengan persepsi publik terhadap keamanan dan tanggung jawab institusi. Lingkungan kampus yang memiliki standar kebersihan tinggi akan menciptakan rasa aman, meningkatkan kepuasan mahasiswa, dan memperkuat citra

universitas sebagai lembaga pendidikan yang peduli terhadap kesejahteraan warganya. Sebaliknya, kegagalan menjaga kualitas air minum dapat menimbulkan keresahan sosial dan merusak reputasi akademik.

Pada aspek lingkungan, pengendalian kontaminasi *E. coli* melalui sistem pengelolaan air yang efisien mendorong penerapan prinsip keberlanjutan. Penerapan filtrasi dan desinfeksi tidak hanya berfungsi sebagai upaya kesehatan, tetapi juga membantu mengoptimalkan penggunaan air bersih dan mengurangi limbah dari depot air isi ulang. Pendekatan ini sejalan dengan tujuan *green campus* dan mendukung pencapaian target Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG 6 – *Clean Water and Sanitation*).

Secara keseluruhan, hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa pendekatan preventif memberikan nilai tambah yang signifikan dibandingkan pendekatan reaktif. Investasi dalam sistem kebersihan air dan edukasi sanitasi menghasilkan manfaat kesehatan, ekonomi, sosial, dan lingkungan yang saling memperkuat. Dengan demikian, penerapan kebijakan pengendalian *E. coli* berbasis analisis *cost-benefit* dapat dianggap sebagai strategi prioritas dalam pengelolaan kualitas air minum di lingkungan Universitas X, sekaligus memperkuat komitmen institusi terhadap kampus sehat dan berkelanjutan. Tabel 2 merupakan hasil Analisa SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) dari berbagai rekomendasi upaya pencegahan kontaminasi *Escherichia coli* pada minuman olahan di universitas, dengan fokus mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) terutama SDG 3 (*Good Health and Well-being*) dan SDG 6 (*Clean Water and Sanitation*).

Tabel 2. Analisis SWOT Upaya Pencegahan Kontaminasi *E. coli* di Universitas dan Dukungan terhadap SDGs

Aspek SWOT	Uraian Analisis	Keterkaitan dengan SDGs
<i>Strengths</i> (Kekuatan)	Universitas memiliki sumber daya akademik dan fasilitas laboratorium yang dapat dimanfaatkan untuk pengawasan kualitas air, edukasi kesehatan lingkungan, serta riset sanitasi. Dukungan dari fakultas teknik lingkungan dan kesehatan masyarakat memungkinkan penerapan teknologi seperti desinfeksi ultraviolet, filtrasi, dan sistem monitoring kualitas air. Keterlibatan mahasiswa dalam kegiatan ilmiah seperti penelitian dan kampanye kebersihan menjadi modal sosial yang kuat untuk membangun budaya higienitas kampus.	Mendukung SDG 3 (meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan melalui air minum yang aman) dan SDG 6 (penyediaan akses air bersih dan sanitasi).
<i>Weaknesses</i> (Kelemahan)	Keterbatasan dana operasional untuk investasi awal sistem desinfeksi air dan pelatihan kebersihan bagi staf kantin. Kurangnya koordinasi antara unit pengelola kampus, laboratorium, dan penyedia jasa air isi ulang menyebabkan pemantauan belum berjalan rutin. Kesadaran higienitas di tingkat individu, baik penjual maupun mahasiswa, masih bervariasi sehingga penerapan standar sanitasi tidak selalu konsisten.	Hambatan terhadap keberlanjutan program SDG 6 karena implementasi tidak merata di seluruh unit kampus.
<i>Opportunities</i> (Peluang)	Penerapan program “Kampus Sehat dan Berkelanjutan” dapat menjadi proyek percontohan nasional yang menunjukkan komitmen universitas terhadap SDGs. Kolaborasi dengan lembaga pemerintah (Kemenkes, KLHK, BPOM) dan mitra industri air minum dapat memperkuat jejaring dan sumber pembiayaan. Teknologi ramah lingkungan seperti sensor kualitas air, sistem UV otomatis, dan audit kebersihan digital berpotensi diterapkan untuk inovasi keberlanjutan.	Mendukung SDG 9 (inovasi dan infrastruktur berkelanjutan), SDG 12 (konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab), dan SDG 17 (kemitraan untuk mencapai tujuan).
<i>Threats</i> (Ancaman)	Ketergantungan terhadap penyedia air isi ulang eksternal yang belum terstandar menimbulkan risiko kontaminasi berulang. Perubahan kebijakan anggaran kampus atau pergantian kepemimpinan dapat menghambat kontinuitas program. Kurangnya sistem sanksi dan audit internal dapat menurunkan efektivitas pengawasan kebersihan. Selain itu, perubahan iklim dan kualitas sumber air yang menurun dapat meningkatkan risiko mikrobiologis secara regional.	Menghambat pencapaian SDG 3 dan 6 apabila pengawasan sanitasi tidak berkelanjutan.

Berdasarkan analisis SWOT di atas, universitas memiliki peluang besar untuk menjadi model kampus yang berkomitmen terhadap kesehatan publik dan keberlanjutan lingkungan. Kekuatan terbesar terletak pada kapasitas akademik dan infrastruktur ilmiah yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan pemantauan kualitas air

secara mandiri dan terintegrasi. Dengan dukungan tenaga ahli dari fakultas terkait, universitas dapat mengembangkan sistem *Early Warning for Water Quality* berbasis teknologi sensor atau pemantauan mikrobiologis berkala (Che et al., 2015; Storey et al., 2011).

Kelemahan utama berupa keterbatasan dana dan koordinasi antarunit dapat diatasi melalui pendekatan kolaboratif lintas fakultas dan kemitraan dengan lembaga eksternal. Pendekatan ini tidak hanya menurunkan beban biaya institusi, tetapi juga memperkuat jaringan kerja sama dalam konteks SDG 17 tentang kemitraan global. Peningkatan kesadaran higienitas dapat dilakukan melalui program edukasi berkelanjutan seperti kampanye *Clean Water Campus Movement* yang melibatkan mahasiswa, dosen, dan pengelola kantin.

Dari sisi peluang, penerapan standar sanitasi berbasis *cost-benefit framework* memberikan manfaat ekonomi dan reputasional yang signifikan. Universitas dapat mengintegrasikan upaya ini dalam kebijakan “Kampus Hijau” atau “Environmental Governance Framework” (Budihardjo et al., 2021; Lakshmisha et al., 2024; Yusoff, 2018) yang menekankan keterpaduan antara kesehatan manusia dan kelestarian ekosistem. Sementara itu, ancaman eksternal seperti ketergantungan pada pemasok air dan perubahan kualitas sumber air memerlukan mekanisme audit eksternal, diversifikasi sumber air bersih, dan kebijakan mitigasi risiko yang adaptif (Rahman et al., 2025; Sianipar et al., 2025; Sofiyah, Sianipar, Rahman, Caesarina, et al., 2025; Sofiyah, Suhardono, Suryawan, et al., 2025; Suryawan et al., 2026; Suryawan, Rahman, et al., 2025; Suryawan, Suhardono, et al., 2025).

Dengan memperkuat aspek *Strengths* dan *Opportunities* serta meminimalkan *Weaknesses* dan *Threats*, universitas dapat menciptakan sistem manajemen air minum yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Upaya ini bukan hanya mendukung pencapaian SDG 3 dan SDG 6, tetapi juga mencerminkan komitmen institusi

terhadap tanggung jawab sosial dan keberlanjutan pendidikan tinggi di Indonesia.

Tabel 3 merupakan rencana implementasi kebijakan universitas berdasarkan hasil analisis SWOT untuk pengendalian kontaminasi *Escherichia coli* pada minuman olahan di kantin kampus. Hasil ini disusun berdasarkan Matriks Aksi Strategis (*Strategic Action Matrix*) yang menguraikan tahapan jangka pendek, menengah, dan panjang, dengan fokus pada penguatan sistem sanitasi air, peningkatan kapasitas kelembagaan, dan dukungan terhadap SDG 3 (Good Health and Well-being) serta SDG 6 (Clean Water and Sanitation). Tahap jangka pendek berfokus pada penataan ulang prosedur dasar sanitasi air dan pembentukan kesadaran perilaku higienis di lingkungan kampus. Langkah-langkah seperti audit kebersihan dan instalasi sistem desinfeksi merupakan pondasi awal untuk mencegah kontaminasi mikrobiologis.

Tahap jangka menengah menitikberatkan pada pembangunan sistem yang berkelanjutan dan berbasis teknologi, di mana universitas mulai mengintegrasikan pengawasan air ke dalam sistem manajemen kampus, sekaligus menjadikannya bagian dari proses pendidikan. Pada tahap ini, kolaborasi lintas lembaga sangat penting untuk memastikan keberlanjutan mutu air dan kepatuhan terhadap regulasi nasional. Tahap jangka panjang diarahkan untuk membangun tata kelola air kampus yang inovatif dan berkelanjutan, melalui pembentukan pusat riset, integrasi data lingkungan, dan penerapan kebijakan kampus hijau (*green campus policy*). Dengan langkah-langkah ini, universitas tidak hanya berperan sebagai pengguna air bersih, tetapi juga sebagai pelopor penelitian dan praktik keberlanjutan dalam sistem pendidikan tinggi.

Tabel 3. Rencana Implementasi Kebijakan Pengendalian Kontaminasi *E. coli* di Universitas X Berdasarkan Analisis SWOT

Tahapan Waktu	Strategi Utama	Aksi Strategis / Program Kegiatan	Dukungan terhadap SDGs	Indikator Keberhasilan (Kualitatif)
Jangka Pendek (0–1 Tahun)	Penguatan sistem kebersihan dan monitoring air minum di kantin	- Melakukan audit sanitasi air dan kebersihan di seluruh kantin kampus.	SDG 3 dan SDG 6	Tersusunnya standar kebersihan kampus dan meningkatnya kepatuhan pengelola kantin terhadap prosedur sanitasi.
		- Menyusun pedoman teknis “Standar Operasional Sanitasi Kantin (SOSK)”.		
		- Pemasangan sistem desinfeksi air (UV atau filtrasi sederhana) di setiap titik penyedia air isi ulang.		
		- Sosialisasi dan pelatihan higienitas dasar bagi pengelola kantin dan mahasiswa magang.		
Jangka Menengah (1–3 Tahun)	Integrasi sistem pemantauan dan edukasi berkelanjutan	- Mengembangkan sistem pemantauan kualitas air berbasis sensor atau inspeksi berkala.	SDG 3, SDG 6, SDG 12 (Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan)	Terbangunnya sistem pengawasan air digital kampus dan meningkatnya kesadaran higienitas mahasiswa serta staf.
		- Mengintegrasikan program “Kampus Sehat dan Bersih” ke dalam kurikulum mahasiswa.		
		- Menjalin kemitraan dengan BPOM, Kemenkes, dan lembaga lingkungan untuk validasi mutu air.		
		- Menyusun sistem penilaian kantin sehat berbasis audit independen tahunan.		
Jangka Panjang (3–5 Tahun)	Penguatan tata kelola air kampus berbasis keberlanjutan dan inovasi	- Membentuk <i>Center for Water Safety and Hygiene (CWSH)</i> di universitas sebagai pusat riset dan pengawasan sanitasi air.	SDG 3, SDG 6, SDG 9 (Inovasi dan Infrastruktur), SDG 17 (Kemitraan untuk Tujuan Global)	Terbentuknya sistem tata kelola air kampus berstandar nasional dan internasional serta pengakuan universitas sebagai model “Green and Healthy Campus”.
		- Mengembangkan sistem manajemen air terintegrasi (Air Bersih, Limbah, dan Air Hujan) untuk menuju kampus berkelanjutan.		
		- Mendorong publikasi ilmiah, inovasi teknologi, dan kegiatan pengabdian masyarakat terkait kualitas air dan kesehatan publik.		
		- Memperluas kerja sama dengan pemerintah dan sektor swasta dalam proyek “Zero Contamination Campus”.		

Kesimpulan

Kesimpulan dari studi ini menegaskan bahwa upaya pengendalian kontaminasi *Escherichia coli* pada minuman olahan di lingkungan

universitas merupakan kebutuhan strategis yang berkaitan langsung dengan kesehatan sivitas akademika, reputasi institusi, dan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air.

Analisis kualitatif berbasis *cost-benefit reasoning* menunjukkan bahwa pendekatan preventif melalui peningkatan higienitas, pemantauan kualitas air, serta penerapan teknologi desinfeksi memberikan dampak positif yang jauh lebih besar dibandingkan pendekatan reaktif setelah terjadinya kontaminasi. Selain menekan potensi risiko penyakit bawaan air, kebijakan pencegahan ini juga berkontribusi terhadap efisiensi ekonomi, penguatan tata kelola kampus, dan peningkatan kepercayaan masyarakat terhadap keamanan fasilitas universitas. Melalui analisis SWOT dan matriks aksi strategis, penelitian ini menyoroti pentingnya kolaborasi antarunit di dalam universitas, termasuk fakultas teknik, kesehatan, dan lembaga penjaminan mutu, untuk menciptakan sistem pengawasan air yang terintegrasi dan berkelanjutan. Tahapan implementasi kebijakan dalam jangka pendek, menengah, dan panjang menunjukkan bahwa universitas memiliki kapasitas untuk mengembangkan tata kelola air berbasis inovasi dan teknologi, sekaligus menjadi model institusi pendidikan yang menerapkan prinsip-prinsip *green campus* dan *sustainable governance*.

Daftar Pustaka

- Budihardjo, M. A., Humaira, N. G., Putri, S. A., Ramadan, B. S., Syafrudin, S., & Yohana, E. (2021). Sustainable Solid Waste Management Strategies for Higher Education Institutions: Diponegoro University, Indonesia Case Study. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 23). <https://doi.org/10.3390/su132313242>
- Che, H., Liu, S., & Smith, K. (2015). Performance evaluation for a contamination detection method using multiple water quality sensors in an early warning system. *Water*, 7(4), 1422–1436.
- Dheta, A., Aji, S., Septiariva, I. Y., Nastiti, A. D., & Sofiyah, E. S. (2025). Socio-demographic segmentation in sanitation based engagement in Koja, Jakarta. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*, 14(1), 302–310. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v14i1.24581>
- Guridi, A., Sevillano, E., Fuente, I. de la, Mateo, E., Eraso, E., & Quindós, G. (2019). Disinfectant activity of a portable ultraviolet c equipment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph16234747>
- Hasnaningrum, H., Ridhosari, B., Suryawan, I. W. K., & Sarwono, A. (2021). Determination of Recycle Water Technology for Wastewater Treatment At Universitas Pertamina Area With Analytical Hirachy Process (AHP). *Matriks Teknik Sipil*, 9(3), 148. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i3.52739>
- Hendriyanto, C. O. (2010). The Effect of Ultraviolet Light Intensity And Stirring On The Reduction Of The Number Of E.coli Bacteria. *Envirotek J. Ilm. Tek. Lingkungan*, 2(1), 18–23.
- Khansa, P., Sofiyah, E. S., & Suryawan, I. W. K. (2021). *Wastewater reclamation design from sewerage system for gardening activity in Universitas Pertamina*. 11(4), 685–695.
- Lakshmisha, A., Nazar, A. F., & Nagendra, H. (2024). Nature based solutions in cities of the global South—The ‘where, who and how’ of implementation. *Environmental Research: Ecology*, 3(2), 25005. <https://doi.org/10.1088/2752-664X/ad53cf>
- Leal Filho, W., Salvia, A. L., Frankenberger, F., Akib, N. A. M., Sen, S. K., Sivapalan, S., Novo-Corti, I., Venkatesan, M., & Emblen-Perry, K. (2021). Governance and sustainable development at higher education institutions. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6002–6020. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00859-y>
- Meisterling, K., Vo, J., Garvey, K. A., Brown, H. E., Tumbleson, M. T., & Cleveland, D. A. (2022). Healthy beverage initiatives: A case study of scenarios for optimizing their environmental benefits on a university campus. *Cleaner and Responsible Consumption*, 4, 100049. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clrc.2022.100049>
- Mortula, M. M., Fattah, K. P., Iqbal, F., & Khan, Z. (2023). Effects of adsorption and filtration processes on greywater microbiological contamination and the potential human health risk reduction. *Water Reuse*, 13(3), 329–344.
- Okik Hendriyanto, C. (2010). PENGARUH INTENSITAS SINAR ULTRAVIOLET DAN PENGADUKAN TERHADAP REDUKSI JUMLAH BAKTERI E.coli. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), 18–23.
- Rahman, A., Suhardono, S., Sofiyah, E. S., Sianipar, I. M. J., Lee, C.-H., & Suryawan, I. W. K. (2025). Impact of COVID-19 on visitor attitude and management strategies at Komodo National Park: Insights for enhancing park adaptive experience. *Trees, Forests and People*, 20, 100825. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100825>
- Ridhosari, B., & Rahman, A. (2020). Carbon

- footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: Toward a green campus and promotion of environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119172. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119172>
- Roy, K. C., & Tisdell, C. A. (1998). Good governance in sustainable development: the impact of institutions. *International Journal of Social Economics*, 25(6-7-8), 1310-1325. <https://doi.org/10.1108/03068299810212775>
- Sianipar, I. M. J., Lee, C.-H., Wang, H.-J., Kim, D.-C., & Suryawan, I. W. K. (2025). Adaptive strategies and community engagement for sustainable conservation and tourism in Komodo National Park, Indonesia. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 13(3), 335-349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2024.09.004>
- Sofiyah, E. S., Rafida, H. A., & Caesarina, N. P. (2025). Understanding community willingness to participate in community-based sanitation programs: Insights from Labuan Bajo, Indonesia. *BIO Web Conf.*, 157. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515704001>
- Sofiyah, E. S., Sianipar, I. M. J., Rahman, A., Caesarina, N. P., Suhardono, S., Suryawan, I. W. K., & Lee, C.-H. (2025). Adaptive governance in the water-energy-food-ecosystem nexus for sustainable community sanitation. *World Development Sustainability*, 100220. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wds.2025.100220>
- Sofiyah, E. S., Sianipar, I. M. J., Rahman, A., Rafida, H. A., Suhardono, S., Lee, C.-H., & Suryawan, I. W. K. (2025). Advancing the 2030 agenda with community importance-performance perspective and public relations strategies for community-based sanitation. *Sustainable Futures*, 100633. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100633>
- Sofiyah, E. S., Suhardono, S., Ridhosari, B., Nastiti, A. D., & Suryawan, I. W. K. (2025). Community Participation in Urban Sanitation Programs at Koja, Jakarta, Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 20(3), 619-632.
- Sofiyah, E. S., Suhardono, S., Suryawan, I. W. K., & Chun-Hung, L. (2025). Local willingness to fund climate-resilient water utilities in a tourism-dependent region of Indonesia. *Utilities Policy*, 96, 102018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jup.2025.102018>
- Storey, M. V., Van der Gaag, B., & Burns, B. P. (2011). Advances in on-line drinking water quality monitoring and early warning systems. *Water Research*, 45(2), 741-747.
- Suhardono, S., Rahman, A., & Wayan Koko Suryawan, I. (2025). Preliminary evaluation of visitor willingness to pay for forest fire prevention in Bromo, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1438(1), 12090. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1438/1/012090>
- Suryawan, I. W. K., Rahman, A., Suhardono, S., Ulhasanah, N., & Lee, C.-H. (2025). Driving island sustainability through tourist willingness to pay for decarbonization and coral reef conservation in Nusa Penida, Indonesia. *Environmental Challenges*, 101354. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101354>
- Suryawan, I. W. K., Suhardono, S., Nguyen, V. V., & Lee, C.-H. (2025). Importance-Performance Evaluation of Coral Reef Conservation in Advancing the Bioeconomy of Marine Tourism in Bali, Indonesia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 35(3), e70085. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aqc.70085>
- Suryawan, I. W. K., Suhardono, S., Nguyen, V. V., & Lee, C. H. (2026). Evaluation of tourist importance-performance for supporting adaptive marine conservation programs through marine natural capital. *Evaluation and Program Planning*, 114.
- Susanna, D., & Hartono, B. (2010). Measuring E. coli on Ketoprak and Gado-gado Sold at Campus University of Indonesia, Depok. *Makara Journal of Health Research*, 7(1), 21-28.
- Walid, D. L., Afiah, A. S. N., & Rahman, I. (2021). Identifikasi Escherichia coli pada Makanan di Rumah Makan di Lingkungan Kampus Ii Universitas Khairun. *Kieraha Medical Journal*, 3(1), 57-65.
- Weinstein, M. C. (1990). The costs of prevention. *Journal of General Internal Medicine*, 5(Suppl 2), S89-S92.
- Wibowo, I. S., Wahyunitisari, M. R., & Umiastuti, P. (2017). Deteksi Escherichia Coli pada Sayur Lalap di Sekitar Kampus A Universitas Airlangga. *Falkultas Kedokteran, Universitas Airlangga Surabaya*.
- Yusoff, S. (2018). Toward integrated and sustainable waste management system in University of Malaya: UM zero waste campaign. *E3S Web of Conferences*, 48. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184804007>