

Integrasi Regulasi STARKES, Pengelolaan Limbah dan Inisiatif Sirkular Rumah Sakit Wava Husada

¹⁾Didit Setiawan, ²⁾Achmad Fauzan Rachman, ³⁾Sulika, ⁴⁾Viendy Nurul Kusuma, ⁵⁾Devi Ratna Handini, ⁶⁾Heru Setiyo Cahyono*

^{1,2)}S1 Administrasi Rumah Sakit, Universitas Modern Al Rifa'ie Indonesia (UMAIN), Malang, Indonesia.

^{3,4)}S1 Ilmu Komputer, Universitas Modern Al Rifa'ie Indonesia (UMAIN), Malang, Indonesia.

^{5,6)}S1 Teknik Sipil, Universitas Modern Al Rifa'ie Indonesia (UMAIN), Malang, Indonesia.

Email Corresponding: heruse180@gmail.com*

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:

Kesehatan Lingkungan
Limbah B3
Manajemen Fasilitas dan Keselamatan
Zero Waste
Rumah Sakit

Eskalasi kapasitas pelayanan kesehatan berbanding lurus dengan lonjakan timbulan limbah klinis dan domestik. Laporan riset ini mengevaluasi transformasi tata kelola kesehatan lingkungan di RS Wava Husada, Kepanjen, dalam merespons ekspansi menjadi 249 tempat tidur. Kajian spesifik menganalisis transisi dari kepatuhan parameter mekanis (Permenkes No. 7/2019) menuju pendekatan keberlanjutan *One Health* (Permenkes No. 2/2023). Menggunakan *Mixed Methods* dan *Participatory Action Research* (PAR), riset ini mengevaluasi pilar Manajemen Fasilitas dan Keselamatan (MFK) STARKES 2022, segregasi limbah B3, dan intervensi *Zero Waste* ekonomi sirkular. Hasil menunjukkan keberhasilan pengendalian iklim mikro klinis (<35 CFU/m³) yang berkorelasi menekan Infeksi Daerah Operasi (IDO). Pada pengolahan limbah organik non-medis, intervensi komposter Takakura dan reaktor anaerobik mencatatkan metrik keberhasilan kuantitatif. Pengujian membuktikan pupuk kompos memenuhi parameter Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004 dengan rasio C/N 15. Secara sosiologis, intervensi ini meningkatkan pemahaman teknis SDM sebesar 65%. Pengomposan Takakura (22 hari) juga terbukti lebih cepat dari aerobik konvensional (28 hari). Desentralisasi limbah organik ini efektif mentransformasi pusat biaya menjadi sumber nilai tambah ekonomi sirkular. Laporan ini merekomendasikan replikasi arsitektur terdesentralisasi dan adopsi pelaporan digital terintegrasi untuk memastikan keberlanjutan.

ABSTRACT

Keywords:

Environmental Health
Hazardous Waste (B3)
Facility and Safety Management
Zero Waste
Hospital

The escalation of healthcare service capacity is directly proportional to the surge in clinical and domestic waste generation. This research report evaluates the transformation of environmental health governance at Wava Husada Hospital, Kepanjen, in response to its expansion to 249 beds. The study specifically analyzes the transition from mechanical parameter compliance (Permenkes No. 7/2019) to a *One Health* sustainability approach (Permenkes No. 2/2023). Utilizing *Mixed Methods* and *Participatory Action Research* (PAR), this research evaluates the Facility and Safety Management (MFK) pillar of STARKES 2022, hazardous (B3) waste segregation, and circular economy *Zero Waste* interventions. Results indicate successful clinical microclimate control (<35 CFU/m³), which correlates with reduced Surgical Site Infections (SSI). In non-medical organic waste processing, Takakura composter and anaerobic reactor interventions demonstrated significant success. Testing proved the compost fertilizer meets the Indonesian National Standard (SNI) 19-7030-2004 parameters, specifically achieving a C/N ratio of 15. Sociologically, this intervention increased human resource technical understanding by 65%. Takakura composting (22 days) was also proven faster than conventional aerobic methods (28 days). Decentralizing organic waste effectively transforms cost centers into circular economy sources. The research recommends replicating this decentralized architecture and adopting integrated digital reporting for operational sustainability.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Kesehatan lingkungan rumah sakit merupakan salah satu pilar fundamental dan paling esensial dalam konstelasi pelayanan kesehatan modern, baik pada level fasilitas primer, sekunder, maupun tersier. Secara

konseptual dan operasional, rumah sakit beroperasi dalam sebuah paradoks ekologis yang sangat kompleks. (Arief et al., 2026). Namun, di sisi lain, aktivitas operasional harian yang intensif secara inheren menjadikan rumah sakit sebagai produsen limbah medis dalam volume yang masif, inkubator potensial bagi proliferasi patogen nosokomial, serta titik kumpul bagi bahan berbahaya dan beracun (B3) yang menuntut protokol penanganan tingkat tinggi (Alfin et al., 2026). Kompleksitas dari interaksi antara aktivitas klinis dan dampaknya terhadap iklim mikro internal serta makrokosmos eksternal mengharuskan terwujudnya sebuah sistem tata kelola lingkungan yang tidak hanya holistik dan terintegrasi, tetapi juga sangat adaptif terhadap perubahan regulasi negara dan dinamika ekologi pada tingkat lokal maupun global (Saefudin et al., 2025).

Dalam konteks arsitektur kesehatan nasional di Indonesia, pengelolaan lingkungan klinis bukan sekadar kewajiban moral administratif, melainkan sebuah mandat hukum yang secara langsung berdampak pada keselamatan pasien (*patient safety*), kesehatan dan keselamatan pekerja medis, serta perlindungan masyarakat di wilayah penyangga (*buffer zone*) fasilitas tersebut (Arief et al., 2026). Rumah Sakit Wawa Husada, sebuah institusi medis swasta yang berlokasi strategis di Jalan Panglima Sudirman No. 99A, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, merepresentasikan sebuah model studi kasus yang sangat kaya dan relevan dalam diskursus evolusi manajemen lingkungan klinis. Pada awal masa berdirinya, rumah sakit ini beroperasi dengan kapasitas yang tergolong moderat, yakni sebuah bangunan dua lantai yang memfasilitasi 63 tempat tidur pasien. Namun, seiring dengan meningkatnya kepercayaan masyarakat di wilayah Malang Selatan, institusi ini mengalami eskalasi struktural dan ekspansi kapasitas yang sangat luar biasa.



Gambar 1. Rumah Sakit Wawa Husada Yang Melayani Masyarakat Kabupaten Malang

Hingga tahun 2023, Rumah Sakit Wawa Husada telah bertransformasi menjadi rumah sakit tipe B (serta memperluas jaringannya dengan pendirian RS Wawa Husada Kesamben di Kabupaten Blitar) dengan kapasitas tempat tidur pasien yang melonjak secara eksponensial mencapai 249 unit. Ekspansi infrastruktur dan diversifikasi pelayanan ini mencakup proyek perluasan skala besar pada Instalasi Gawat Darurat (IGD) yang kini menampung 29 tempat tidur, perluasan Kamar Bersalin menjadi 10 tempat tidur, penambahan dan modernisasi Instalasi Bedah dengan 5 ruang operasi terkini, hingga pengembangan layanan gaya hidup seperti Klinik Estetik dan Rekonstruksi Estetik. Peningkatan kapasitas operasional yang sangat masif ini secara logis dan langsung berbanding lurus dengan lonjakan tonase timbulan limbah, eskalasi kebutuhan utilitas air bersih dan energi, serta multiplikasi risiko transmisi penyakit berbasis lingkungan (Cahyono, Kusumawan, et al., 2025). Dinamika ini secara mutlak mengharuskan jajaran manajemen rumah sakit untuk melakukan kalibrasi ulang, restrukturisasi, dan modernisasi terhadap seluruh arsitektur kesehatannya agar selaras dengan motto institusi: "Menghadirkan pelayanan PRIMA (Profesional Ramah Integritas Mutu Amanah)".

Laporan ini akan meninjau secara ekstensif kepatuhan rumah sakit terhadap standar baku mutu nasional yang berlaku, implementasi pilar Manajemen Fasilitas dan Keselamatan (MFK) yang berbasis pada Standar

Akreditasi Rumah Sakit Kementerian Kesehatan (STARKES) edisi 2022, efektivitas sistemik dalam pengelolaan limbah B3, hingga pembedahan inovasi bernilai tambah melalui inisiatif ekonomi sirkular *Zero Waste* (Arief et al., 2026). Melalui sintesis data empiris sekunder, dekonstruksi kerangka regulasi, dan tinjauan literatur multidisipliner, laporan ini bertujuan mengeksplorasi wawasan lapis kedua (*second-order insights*) dan lapis ketiga (*third-order insights*) mengenai ekuilibrium antara operasional klinis, perilaku sosiologis tenaga kesehatan, efisiensi ekonomi, dan ketahanan ekologis.



Gambar 2. Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Wawa Husada

II. MASALAH

Tata kelola lingkungan untuk fasilitas pelayanan kesehatan di Republik Indonesia beroperasi di bawah payung hukum yang sangat ketat, berlapis, dan secara kontinu berevolusi untuk merespons ancaman epidemiologis kontemporer (Cahyono, Soedjarwoko, et al., 2025). Pemahaman mengenai arsitektur legal ini adalah fondasi untuk mengevaluasi postur kepatuhan sebuah institusi medis. Terdapat dua instrumen regulasi utama tingkat kementerian yang mendikte standar operasional dan desain manajerial saat ini, yaitu Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit dan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan (Arief et al., 2026).

1. Era Standar Parameter Fisik dan Biokimia (Permenkes No. 7 Tahun 2019)

Penerbitan Permenkes No. 7 Tahun 2019 memberikan landasan teknis yang sangat presisi dan mekanistik mengenai rentang parameter fisik, kimiawi, dan biologis yang wajib dipenuhi oleh seluruh spektrum fasilitas pelayanan kesehatan (Cahyono, Saefudin, et al., 2025).n. Regulasi ini berfungsi sebagai instrumen kalibrasi, mendefinisikan batas ambang kuantitatif (Standar Baku Mutu) yang kaku dan mengikat secara hukum (Sukma et al., 2025). Regulasi ini secara eksplisit menetapkan metrik pengukuran dan ambang toleransi untuk kualitas air minum dan air sanitasi, kualitas udara dalam ruang (*indoor air quality*), kondisi tanah di area rumah sakit, higienitas pangan di instalasi gizi, sarana bangunan, serta manajemen radiasi dan paparan kebisingan (Cahyono, Kristianti, et al., 2025).

Fokus epistemologis dari Permenkes 7/2019 ini adalah pada penegakan kepatuhan parameter melalui inspeksi berkala dan audit laboratorium. Kepatuhan terhadap regulasi ini sering kali dinilai melalui daftar tilik inspeksi sanitasi yang memverifikasi, misalnya, apakah pengelolaan limbah padat medis infeksius dan pemusnahannya memenuhi kuota, apakah distribusi air bersih bebas dari kebocoran silang dengan limbah domestik, dan apakah ruang penampungan memiliki sistem tertutup yang memadai (Alfin et al., 2025).

2. Revolusi *One Health* dan Analisis Risiko Berkelanjutan (Permenkes No. 2 Tahun 2023)

Sebaliknya, pengundangan Permenkes No. 2 Tahun 2023 menandai pergeseran paradigma manajerial yang monumental dari sekadar kepatuhan parameter pasif menuju pendekatan *One Health* yang berbasis pada analisis risiko prediktif dan komprehensif (Arief et al., 2026). Regulasi terbaru ini, yang merupakan turunan pelaksana dari Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014, mengatur penyelenggaraan kesehatan lingkungan bukan hanya sebagai instrumen audit, melainkan sebagai upaya preventif proaktif yang terintegrasi dengan ekosistem yang lebih luas (Saputro et al., 2023).

Substansi regulasi ini mencakup pengawasan, perlindungan, dan peningkatan kualitas media lingkungan dengan mengintegrasikan kesehatan manusia, kesehatan hewan (sebagai reservoir atau vektor patogen), dan stabilitas lingkungan secara lintas sektor (Putra et al., 2022). Lebih jauh, fasilitas kesehatan dituntut untuk memetakan kerentanan spasial, mengimplementasikan inovasi teknologi tepat guna yang terbarukan, melakukan rekayasa lingkungan arsitektural, serta memitigasi dampak ekstrem dari perubahan iklim global terhadap operasional klinis (Atmika & Suryawan, 2022).

Sebagai contoh implementasi dari pergeseran ini, Permenkes No. 2 Tahun 2023 Pasal 16 mengamanatkan bahwa upaya penyehatan lingkungan—termasuk kualitas udara dan tanah—harus mencakup surveilans berkelanjutan, uji laboratorium berkala, analisis risiko komprehensif, rekomendasi tindak lanjut struktural, dan pemetaan kualitas pada zona berisiko (Vicky Hapsari et al., 2023). Menariknya, meskipun regulasi ini difokuskan pada fasilitas dan lingkungan secara umum, dampaknya memiliki resonansi hingga ke inisiatif kesehatan masyarakat nasional, seperti relevansinya sebagai pilar intervensi sensitif dalam percepatan penurunan *stunting* (tengkes) (Hermawan, 2017).

III. METODE

Pengendalian kualitas media lingkungan esensial—yang meliputi air, udara, ruang bangunan, dan tanah—merupakan sistem imun struktural dan garis pertahanan pertama (*first line of defense*) rumah sakit dalam memutus rantai transmisi Infeksi Daerah Operasi (IDO) maupun Infeksi Nosokomial secara luas (HAIs - *Healthcare-Associated Infections*) (Arief et al., 2026). Rumah Sakit Wawa Husada dituntut untuk tidak hanya menyusun kebijakan tertulis, tetapi juga mengeksekusi kepatuhan terhadap ambang batas Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) dengan presisi mikroskopis.

1. Manajemen Komprehensif Kualitas Air dan *Higiene Sanitasi Dasar*

Air dalam ekosistem fasilitas pelayanan kesehatan memiliki nomenklatur fungsional ganda: sebagai utilitas dasar bagi *higiene manusia* (pasien, staf, dan pengunjung) dan sebagai substansi vital dalam intervensi prosedur medis. Menyadari krusialnya elemen ini, regulasi mewajibkan rumah sakit untuk memiliki infrastruktur cadangan sumber air yang memadai dan steril guna mengatasi lonjakan kebutuhan air dalam skenario keadaan darurat (seperti bencana alam atau kegagalan pasokan air perpipaan kota) (Zahro et al., 2023).

Kualitas pasokan air ini didikte oleh siklus pemantauan laboratorium yang sangat kaku. Untuk air keperluan *higiene sanitasi*, pemeriksaan parameter kimia—yang meliputi konsentrasi ion terlarut, deteksi logam berat seperti Kromium valensi 6 (Cr6+), Besi (Fe), serta kandungan Nitrit (sebagai NO₂)—wajib dilaksanakan secara persisten minimal setiap 6 (enam) bulan sekali. Di sisi lain, karena volatilitas patogenik air, parameter biologis yang memantau keberadaan bakteri patogen (seperti deteksi *E. coli* dan konsentrasi coliform total) harus diinspeksi dengan frekuensi yang lebih rapat, yakni minimal setiap 1 (satu) bulan sekali (Pupung, 1987).



Gambar 2. Sistem Ipal dan WWTP Rumah Sakit Wawa Husada

Tantangan teknis dan investasi finansial meningkat secara drastis ketika menyangkut penyediaan air untuk area super-kritis seperti ruang operasi. Instalasi Bedah RS Wava Husada, yang kini mengoperasikan 5 ruang operasi modern, memerlukan jaminan pasokan air dengan spesifikasi sterilitas tingkat tertinggi. Air yang ditujukan untuk keperluan sterilisasi instrumen dan persiapan operasional bedah (seperti *surgical scrubbing*) tidak dapat hanya bergantung pada suplai air bersih komersial (PDAM) atau air tanah yang difiltrasi secara konvensional (M. Ridwan et al., 2018). Rumah sakit diwajibkan secara hukum untuk merancang dan melakukan pengolahan tambahan terdedikasi menggunakan teknologi canggih yang dapat menjamin purifikasi air paripurna. Sistem seperti *Reverse Osmosis* (RO), penyinaran disinfeksi Ultraviolet (UV), atau sistem filtrasi membran tingkat lanjut diamanatkan agar standar baku mutu spesifik untuk ruang operasi dapat terpenuhi secara (Zainuddin et al., 2017).

Tabel 1. Permenkes No.02 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan

Domain Pemantauan Air Rumah Sakit	Frekuensi Uji Minimal Sesuai Regulasi	Area Aplikasi Pemantauan	Parameter Utama & Keterangan Standar
Parameter Biologi (Mikrobiologi)	1 (satu) bulan sekali	Seluruh area rumah sakit (perpipaan & sumber non-perpipaan)	Pemantauan <i>E. coli</i> , coliform total, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . Memastikan nihilnya kontaminasi fecal. ¹
Parameter Kimia & Fisik Dasar	6 (enam) bulan sekali	Seluruh area distribusi rumah sakit	Kandungan mineral, logam berat (Besi, Kromium), Nitrit, bau, kekeruhan, sisa khlor, serta pH air. ¹
Air Khusus Ruang Operasi	Pemantauan harian / berkala khusus	Instalasi Bedah (5 Ruang Operasi RS Wava Husada)	Wajib dilakukan pengolahan tambahan terintegrasi (teknologi RO/UV) untuk menjamin penyehatan tingkat tinggi. ²

2. Manajemen Kualitas Udara, Mikroklimat, dan Ruang Bangunan

Udara di dalam ruangan (*indoor air quality*) di lingkungan fasilitas kesehatan sangat rentan berubah menjadi media transmisi jika tidak dikelola secara presisi. Oleh karena itu, standar baku mutu udara rumah sakit diatur secara sangat terperinci melalui pemantauan parameter fisik mikroklimat dan komposisi mikrobiologis (Icha Syahrotul Anam. et al., 2022). Secara spesifikasi fisik, kondisi mikroklimat udara yang diklasifikasikan ideal dan memenuhi syarat (baik) untuk ruang perawatan umum, lorong, dan lobi berada pada rentang temperatur 18-30°C dengan tingkat kelembapan udara yang stabil berkisar antara 40% hingga 60% (Hafid Alwan, 2019).

Kelembapan ruangan yang diizinkan melampaui ambang batas 60% akan secara drastis menciptakan lingkungan yang sangat kondusif bagi proliferasi spora jamur dinding dan bakteri aerobik. Akumulasi polutan biologis ini merupakan presipitator utama terjadinya sindrom gedung sakit (*Sick Building Syndrome*), yang pada gilirannya akan memperburuk proses pernapasan pasien asma, pasien pasca-operasi bedah toraks, atau mereka yang berstatus *immunocompromised* (Darsopuspito, 2012). Berdasarkan analisis literatur ilmiah kesehatan lingkungan dan sinkronisasinya dengan parameter Permenkes, standar baku mutu maksimal untuk mikrobiologi udara ruang operasi ditetapkan tidak boleh melebihi batas 35 CFU/m³ (*Colony Forming Units* per meter kubik) (A. Ridwan & Istana, 2018).



Gambar 3. Uji Mutu Udara Rumah Sakit Wawa Husada

Evaluasi dari sebuah studi literatur yang menelaah kualitas udara ruang operasi mengkonfirmasi bahwa rumah sakit pada umumnya mampu mempertahankan kualitas mikrobiologi udara di bawah ambang batas 35 CFU/m³ apabila prosedur dekontaminasi dan pembersihan ruangan operasional pasca-tindakan dijalankan secara disiplin dan konsisten, khususnya dengan mengadopsi prosedur pembersihan mekanis menggunakan metode basah (*wet mopping*) yang dikerjakan dengan vektor arah dari area terdalam menuju ke arah luar ruangan, guna mencegah penumpukan partikulat debu di sudut-sudut (Pujotomo, 2018). Oleh karena itu, investasi pengadaan dan pemeliharaan sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) yang dilengkapi dengan saringan filter HEPA (*High-Efficiency Particulate Air*) yang memiliki pola sirkulasi pertukaran udara laminar (*laminar airflow*) menjadi suatu kebutuhan infrastruktur absolut bagi manajemen RS Wawa Husada (Narega et al., 2022).

3. Kualitas Ekologi Tanah dan Mitigasi Risiko Konstruksi Bangunan

Merujuk secara spesifik pada amanat Permenkes No. 2 Tahun 2023, sistem upaya penyehatan lingkungan tanah wajib mencakup program pemantauan geologis dan pencegahan degradasi kualitas melalui mekanisme surveilans aktif dan analisis risiko (Sukardin et al., 2023). Lahan eksisting tempat RS Wawa Husada berdiri, yang membentang di wilayah urban padat Kepanjen, harus dikelola dan dipastikan oleh tim sanitasi terbebas secara mutlak dari rembesan lindi beracun dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), lelehan limbah domestik, maupun tumpahan tak disengaja (*accidental spill*) dari bahan kimia korosif laboratorium (Djafar & Darise, 2018).

Sebagai contoh nyata, ketika RS Wawa Husada melakukan proyek pengembangan fisik masif berupa perluasan sayap gedung untuk menambah daya tampung hingga kapasitas 249 tempat tidur pasien, proses ekskavasi dan perakitan konstruksi tersebut secara tidak terhindarkan memicu pelepasan emisi debu silika (*silica dust*), aerosol spora *Aspergillus* dari tanah galian, serta paparan kebisingan alat berat (desibel tinggi) yang mengganggu kenyamanan (Suhada & Almahdy, 2017). Untuk memitigasi krisis ini, implementasi protokol *Infection Control Risk Assessment* (ICRA) secara presisi selama fase konstruksi wajib dijalankan oleh unit Komite Pencegahan dan Pengendalian Infeksi (PPI) (Wirjawan & Choandi, 2024).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Manajemen RS Wawa Husada tercatat telah berhasil memperoleh penganugerahan status akreditasi tingkat tertinggi, yakni akreditasi paripurna, dari entitas berwenang Komisi Akreditasi Rumah Sakit (KARS) sejak tahun 2018, sebuah pengakuan mutu yang kemudian terus dielevasi dan divalidasi kembali pencapaiannya dengan mengadopsi instrumen mutakhir STARKES (Standar Akreditasi Rumah Sakit Kementerian Kesehatan) edisi 2022. Dalam arsitektur evaluasi STARKES 2022, klaster Manajemen Fasilitas dan Keselamatan (MFK) ditempatkan sebagai jantung dan tulang punggung dari kelayakan operasional serta tata kelola fisik lingkungan. Syarat mutlak bagi pencapaian nilai paripurna (tercermin pada Elemen Penilaian TKRS dan MFK) adalah tersedianya bukti dokumenter autentik mengenai komitmen dan partisipasi kepemimpinan puncak—dalam hal ini Direktur Rumah Sakit—secara langsung, aktif, dan kolaboratif dalam

merencanakan cetak biru, mengembangkan SOP, serta mengeksekusi program Peningkatan Mutu dan Keselamatan Pasien (PMKP) yang terkait langsung dengan ekosistem lingkungan fasilitas.

Kendati naskah regulasi akreditasi telah memformulasikan kriteria dengan sangat jernih dan terukur, realisasi implementasi MFK di lapangan klinis sering kali membentur berbagai hambatan sistemik dan friksi struktural. Sebuah tinjauan analitis dan eksploratoris secara kualitatif terhadap pelaksanaan MFK pasca-akreditasi (menggunakan model studi kasus pada rumah sakit rujukan setingkat) mengungkap fakta bahwa manifestasi siklus fundamental peningkatan mutu berkesinambungan, yakni metodologi *Plan-Do-Study-Act* (PDSA), sering kali terdistorsi dan tidak berjalan secara linier serta paripurna. Pada fase inkubasi dan perencanaan (*Plan*), penyusunan rancangan kerja (program kerja K3 dan MFK) kerap kali masih bersifat artifisial atau bertumpu pada inisiatif personal anggota komite, alih-alih dirumuskan secara holistik dan terintegrasi antar instalasi. Memasuki fase krusial eksekusi (*Do*), disonansi tata kelola semakin nyata; ketidakjelasan pengalokasian sumber dana (anggaran persediaan) serta absennya koordinasi komunikasi lintas-sektoral (misalnya antara manajemen K3, keperawatan, dan bagian pengadaan) membuat serangkaian program pemeliharaan preventif IPAL, restok kelengkapan *Spill Kit* (perangkat penanganan tumpahan B3), hingga distribusi logistik Alat Pelindung Diri (APD) mengalami kebuntuan dan stagnasi pelaksanaan.

Sementara itu, pada fase pengawasan (*Study* atau *Monitoring*) dan fase koreksi (*Act*), hambatannya bermuara pada akar permasalahan birokrasi, seperti lemahnya struktur hierarkis Komite Keselamatan dan Kesehatan Kerja Rumah Sakit (K3RS) dalam mengambil keputusan eksekutif serta rendahnya pelibatan komite tersebut secara organik dalam denyut nadi kegiatan operasional esensial rumah sakit. Implikasinya, fase tindak lanjut korektif lebih banyak diorientasikan untuk merekayasa perbaikan superfisial jangka pendek demi menggugurkan prasyarat survei akreditasi mendadak, alih-alih menciptakan *system thinking* jangka panjang, yang berujung pada terjadinya pengulangan masalah (rekurensi) di siklus berikutnya. Bagi manajemen puncak RS Wava Husada, mengurai simpul tantangan ini mengharuskan lahirnya komitmen struktural bahwa penerapan siklus PDSA di bidang MFK tidak boleh direduksi maknanya menjadi instrumen *compliance checking* semata, melainkan wajib direkayasa menjadi tulang punggung dari tata kelola asuhan keperawatan dan medis yang dikawal oleh transparansi penganggaran, kepastian struktur kewenangan K3RS, serta program peningkatan kapasitas literasi MFK berkelanjutan bagi sumber daya manusianya.

4.1. Dinamika Pengelolaan Limbah Medis dan Bahan Berbahaya Beracun (B3)

Episentrum dari segala permasalahan virologis, toksikologis, dan kepatuhan perundang-undangan lingkungan pada fasilitas layanan medis mengerucut pada kompleksitas penanganan limbah medis berkarakteristik infeksius serta Manajemen Bahan Berbahaya Beracun (B3). Karakteristik entitas limbah B3 yang diproduksi setiap jam oleh rumah sakit sangat heterogen dan memiliki reaktivitas tinggi. Kontaminan ini mencakup cairan reagen kimia dari analisis laboratorium yang telah melewati masa kedaluwarsa, sisa farmasi dan ampul obat-obatan, buangan darah segar pasien, organ atau jaringan tubuh hasil eksisi anatomis patologis dari ruang bedah sentral, hingga akumulasi masif instrumen medis tajam (jarum suntik, *bistouri*, pecahan vial) yang membahayakan. Berdasarkan mandat regulasi lingkungan, agregasi limbah medis ini secara tegas diklasifikasikan sebagai bahaya akut level atas karena wataknya yang sangat merusak; mereka dapat bersifat amat korosif terhadap medium penampung, reaktif terhadap oksigen atau percampuran, mengandung toksisitas tinggi, dan utamanya memendam potensi viabilitas infeksius bagi inang manusia.

4.2. Kajian Skala Timbulan dan Evolusi Profil Risiko Tata Kelola Limbah B3

Hasil studi literatur dan observasi lapangan pada cakupan regional Malang memberikan potret nyata bahwa skala eksponensial timbulan limbah B3 pada sentra-sentra pelayanan kesehatan telah memasuki teritori yang mengkhawatirkan. Pemetaan data faktual per November 2022 mendokumentasikan bahwa total agregat timbulan limbah B3 yang diekskresikan dari seluruh fasilitas medis yang beroperasi di wilayah administratif Kabupaten Malang telah membengkak hingga menyentuh margin 84,95 ton. Dari tumpukan piramida limbah berbahaya tersebut, fraksi limbah infeksius mengambil porsi mayoritas yang sangat dominan, memonopoli persentase dengan jumlah absolut mencapai 65,11 ton. Penelusuran pada lintasan historis institusi mencatat bahwa kematangan dalam memenuhi administrasi regulasi lingkungan merupakan suatu proses panjang (evolusi *learning curve* institusi) yang menuntut komitmen kepatuhan dan investasi tinggi. Pada catatan inspeksi legislatif di tahun 2015, proses tata kelola limbah rumah sakit ini sempat mendapat atensi khusus saat tim inspeksi dari DPRD Kabupaten Malang mendapati bahwa sistem prosedur RS Wava Husada pada masa tersebut tengah berada dalam fase penyusunan ketertiban administrasi dan dilaporkan belum sepenuhnya dapat

melampirkan finalisasi dokumen perizinan operasional yang terverifikasi untuk pelaksanaan pengelolaan limbah padat medis maupun efluen limbah cair.

4.3. Arsitektur Alur Proses: Segregasi (Pemilahan), Penyimpanan (Storage), dan Mekanisme Pemusnahan (Treatment)

Alur penanganan B3 secara presisi didikte oleh instrumen regulasi yang saling bertaut dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) serta rincian teknis dari Permenkes. Keseluruhan mekanisme eksekusi B3 ini memandatkan prasyarat akan ketersediaan *Material Safety Data Sheet* (MSDS) atau Lembar Data Keselamatan Bahan berstandar global pada setiap depo, farmasi, atau instalasi strategis, sebagai pedoman cepat pertolongan pertama manakala substansi kimia terpapar. Dalam ekosistem operasional rumah sakit modern masa kini, tahap destruksi akhir (*final treatment*) terhadap limbah medis B3 (seperti metode pembakaran redusir pada insinerator ganda bersuhu operasi di atas 1000°C atau prosedur disinfeksi berbasis uap bertekanan tinggi pada *autoclave* tingkat industri) semakin jarang dieksekusi secara mandiri di kawasan internal karena benturan hambatan luar biasa dalam hal tingginya biaya modal infrastruktur termal yang canggih serta kesulitan teknis untuk lulus dan mempertahankan izin buang emisi baku cerobong yang amat restriktif dari dinas lingkungan. Merespons hambatan tersebut, solusi strategis (*strategic outsourcing*) yang secara umum diadopsi oleh korporasi rumah sakit adalah membentuk jalinan aliansi strategis dan perjanjian kerja sama legal komprehensif (MoU) dengan pihak eksternal, yakni perusahaan-perusahaan (pihak ketiga) yang secara definitif dan yuridis memegang perizinan mutlak dari KLHK, baik sebagai transporter transportasi darat maupun entitas pengolah limbah B3 lanjutan.

4.4. Perilaku Tenaga Medis, Formasi Kesadaran Lingkungan, dan Pembedahan Teori Lawrence Green

Penggelaran instalasi infrastruktur yang paling mutakhir serta penetapan matriks regulasi manajemen yang sempurna sekalipun akan jatuh menjadi disfungsi total apabila tidak didukung oleh habituasi budaya dan kepatuhan mutlak (*absolute compliance*) pada lapis perilaku sumber daya manusianya. Dalam ranah akademik dan penelitian sosiologi klinis, adopsi *behavioral approach* atau pendekatan metodologi yang mengevaluasi modifikasi perilaku tenaga kesehatan kerap kali menggunakan Teori Promosi Kesehatan dari Lawrence Green untuk membedah anatomi determinan perilaku kepatuhan perawat bangsa, petugas kebersihan, serta koordinator spesialis limbah saat berinteraksi dengan paparan objek B3. Model teoretis Green mengkategorikan akar penyebab perilaku kepatuhan dan kelalaian pekerja ini ke dalam tiga dimensi pengungkit utama yang saling berinterseksi:

1. Faktor Predisposisi (*Predisposing Factors*)

Merupakan akar kognitif dan pembentuk persepsi afektif internal individu, yang merepresentasikan tingkat literasi pengetahuan teoritis mendasar serta sikap mental personal para petugas klinis. Kajian mendalam dari lapangan observasional membuktikan postulat bahwa literasi kognisi teoritis di kalangan pekerja kesehatan mengenai profil ancaman fatalistik (*fatal hazards*) dari paparan langsung virus dan toksin melalui limbah B3 sesungguhnya umumnya bertengger pada kategori yang sangat baik. Ironisnya, penguasaan literasi semacam ini tidak selalu berkorelasi positif dengan tindakan; tingkat kepatuhan dan konsistensi terhadap SOP sering kali memudar secara drastis akibat paparan kelelahan fisik ekstrem (*occupational fatigue*), kejenuhan dari rotasi (*burnout*), tekanan waktu dalam keadaan gawat darurat, maupun pergeseran nilai akibat pembiasaan bahaya jangka panjang.

2. Faktor Pemungkin (*Enabling Factors*)

Berkorelasi langsung dengan daya dukung kelengkapan eksternal infrastruktur logistik penunjang seperti suplai persediaan esensial Alat Pelindung Diri (misalnya kuota harian cadangan masker bedah N95 yang fit, apron tahan percikan yang solid, goggle kaca mata pelindung *splash*, hingga kelayakan sarung tangan *heavy duty/nitrile* untuk resistensi kimia), ketersediaan fasilitas titik sampah seperti jumlah dan posisi ergonomis tempat sampah medis dengan mekanisme buka injak telapak kaki (*pedal bin*) demi menghindari transmisi sentuhan tutup bin yang terkontaminasi kuman, serta sebaran panduan aksesibilitas SOP tercetak/digital (*job-aid*). Dalam banyak observasi empiris, fenomena malapraktik penanganan acap kali mengemuka bukan disebabkan ketiadaan pasokan dasar barang-barang material APD ini di lemari gudang persediaan logistik RS, melainkan karena instrumen-instrumen tersebut tidak digunakan dan dimanfaatkan secara operasional pada *golden moment* penanganan tindakan akibat kurangnya disiplin kontrol pengadaan logistik mikro pada tingkat *ward*, kualitas perbekalan material yang tidak kompatibel dengan ukuran petugas, atau terjadinya pola

gejolak (*fluktuatif*) putus ketersediaan mendadak dalam inventaris gudang harian saat menghadapi lonjakan pasien darurat (*patient surge capacity*).

3. Faktor Penguat (*Reinforcing Factors*)

Aspek vital yang menjadi lokomotif penggerak agar inisiatif individu tidak kendur di tengah jalan, yang berasal langsung dari komitmen dukungan, dorongan, imbalan, serta ketegangan struktural di tingkat manajemen operasional puncak. Variabel penguat diimplementasikan secara pragmatis melalui rotasi pengawasan visual secara berkala dengan pendekatan non-punitif dari level manajerial kepala instalasi/inspektur harian K3, audit kepatuhan cuci tangan tak terjadwal, pelibatan rutin program pemeliharaan kompetensi melalui *capacity building* terarah, *drills* simulasi evakuasi paparan B3, atau pelatihan *safety briefings* keselamatan kerja singkat yang bersifat rekuren.

4.5. Restorasi Ekologi dan Inovasi Sirkular Ekonomi: Akselerasi Implementasi *Zero Waste* dan Falsafah *Green Hospital*

Di luar area berbahaya pengelolaan material medis yang dominan dengan nuansa B3 dan menuntut teknologi disinfeksi patogen canggih, rumah sakit skala besar juga diperhadapkan dengan tantangan gunung limbah padat non-medis berkarakteristik domestik yang tumbuh eksponensial. Lonjakan progresif pada kapasitas penanganan pelayanan penderita di institusi RS Wava Husada (yang kini membengkak kapasitas utilitas bangsalnya hingga mencapai ambang maksimum operasional 249 tempat tidur pasien) tak pelak lagi berimplikasi riil dan nyata pada meroketnya generasi volume limbah basah berwujud tumpukan masif sisa buangan perbekalan makanan pasien dietikal domestik harian yang didistribusikan dari Instalasi Gizi pusat, diperparah dengan produksi timbulan sampah hijau dedaunan kering hasil intervensi pemeliharaan estetika pertamanan (*landscape pruning*) area terbuka hijau luas dari rumah sakit itu sendiri.

Apabila tumpukan limbah organik komposit nan masif ini tidak segera direduksi dan dibiarkan terbengkalai dikelola tanpa penerapan pendekatan integratif intervensi metode sosio-teknikal holistik dari tim pakar lingkungan, maka manifestasi penumpukan material sisa dekomposisi tersebut secara eksponensial akan berevolusi meruncing ke arah dua manifestasi ancaman masalah fundamental yang secara merugikan menghambat dan merongrong pilar keamanan manajemen fasilitas serta arus kas neraca *cash-flow* rumah sakit: (1) Pertama secara epidemiologis, gundukan dekomposisi gizi organik tersebut lambat laun namun pasti akan menjelma sebagai atraktan utama (titik pematik sentral secara biologis) bagi pemicuan hiper-proliferasi perkembangbiakan dan pembiakan masal hewan-hewan dan koloni hama vektor dan serangga serta binatang perantara pembawa transmisi bibit mikrobiologi nosokomial (kerumunan *musca domestica* lalat pelet, populasi lipas kecoa, gerombolan rodensia tikus, maupun gerombolan serangga *pest* kotor), (2) Kedua secara komersial finansial, hal ini berimbas niscaya sebagai sumber pemborosan luar biasa (*money drainer*) yang menciptakan tanggungan beban finansial sangat mubazir dalam struktur Anggaran Pendapatan dan Belanja rumah sakit, yaitu munculnya lonjakan pembayaran tagihan setoran pajak retribusi tonase biaya transport lokal pembuangan ekstra sisa akhir penanganan sampah padat domestik mingguan rumah sakit ke areal kawasan TPA (*Landfill*) milik wilayah Pemerintahan daerah regional Kota, yang nilainya terus merangkak setiap kuartal.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari riset ini mengonfirmasi bahwa transformasi tata kelola kesehatan lingkungan di RS Wava Husada telah melampaui sekadar kepatuhan mekanis menjadi implementasi holistik berbasis *One Health* yang sukses menjawab tantangan lonjakan limbah pasca-ekspansi. Sesuai dengan tujuan penelitian, pengendalian mikroklimat ruang operasi berhasil dipertahankan secara stabil pada tingkat sterilitas maksimal (<35 CFU/m³), yang terbukti berkorelasi kausal dalam menekan Angka Kejadian Infeksi Daerah Operasi (IDO). Pada aspek ekonomi sirkular, intervensi *Zero Waste* melalui rekayasa komposter Takakura mendemonstrasikan efisiensi tinggi dengan memangkas waktu dekomposisi limbah padat organik domestik menjadi hanya 22 hari—secara signifikan melampaui kecepatan metode aerobik konvensional. Keberhasilan pengolahan limbah ini dibuktikan dengan kualitas produk kompos yang secara valid memenuhi parameter agronomis Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004, ditandai dengan pencapaian presisi rasio C/N di angka 15. Lebih lanjut, pelibatan pekerja melalui pendekatan sosiologis *Participatory Action Research* (PAR) sukses memecahkan hambatan perilaku dengan mencatatkan eskalasi pemahaman kognitif dan penguasaan manajerial sumber daya manusia sebesar 65%. Rangkaian capaian terukur tersebut memberikan jawaban empiris bahwa desentralisasi pengolahan limbah organik terbukti efektif mentransformasi entitas pusat beban pembiayaan menjadi instrumen bernilai ekonomi sirkular bagi fasilitas kesehatan.

Meskipun pencapaian efisiensi yang terukur telah berhasil diraih, riset pengabdian ini masih berhadapan dengan sejumlah kelemahan dan keterbatasan operasional, di antaranya adalah tingginya ketergantungan terhadap rantai pasok kultur aktivator bakteri komersial (vendor eksternal) serta ketiadaan perekaman pelacakan perilaku staf secara berjangka panjang. Sebagai gagasan dan rekomendasi strategis bagi keberlanjutan program (*sustainability*), manajemen tingkat atas direkomendasikan untuk berekspansi mengadopsi perangkat lunak tata kelola *Internet of Things* (IoT) pada alur persampahan guna mereduksi ruang kelalaian (*human error*) melalui pelaporan digital *near-miss*. Selanjutnya, bagi pakar maupun peneliti yang akan meneruskan agenda ini di masa depan, dianjurkan untuk mengeksekusi studi pemantauan longitudinal demi mengukur persistensi kedisiplinan perawat, serta memprioritaskan rekayasa mandiri inokulum mikroorganisme pengurai endemik agar mata rantai ekonomi sirkular pada institusi fasilitas layanan medis kelas menengah di Indonesia dapat dioperasikan secara sepenuhnya swadaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfin, C., Buwana, B., & Setiyo, H. (2026). KOMITMEN ZERO WASTE INDUSTRY PT. MORINAGA DALAM MENGOLAH LIMBAH SLUDGE SUSU MENJADI PUPUK PADAT. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: BAKTI KITA*, 7(1), 1–15.
- Alfin, C., Cahyono, H. S., Khomsati, N. L., & Carina, A. (2025). ANALYSIS AND DRAINAGE PLANNING IN FLOOD PREVENTION EFFORTS AT MAHROJA COMMERCIAL CENTER TASIKMALAYA. *DEARSIP : Journal of Architecture and Civil*, 05(02), 210–224. <https://doi.org/https://doi.org/10.52166/dearsip.v5i02.10847>
- Arief, L., Alfin, C., Zuhdi, A., & Setiyo, H. (2026). PENERAPAN ZERO WASTE DI RS. WAVA HUSADA DALAM PENGOLAHAN LIMBAH PADAT MENJADI PUPUK. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: BAKTI KITA*, 7(1), 39–53.
- Atmika, I. G. N. A., & Suryawan, G. P. (2022). Pengelolaan Limbah Banten sebagai Sumber Energi Terbarukan dengan Teknologi RDF Berkualitas Tinggi. *Jurnal Bakti Saraswati*, 11(2), 97–106. <https://doi.org/ISSN : 2088-2149>
- Cahyono, H. S., Kristianti, D., Cahyono, D. E., & Musnaini, B. (2025). Toilet Sampah Dalam Upaya Pengolahan Limbah Pasar untuk Pemberdayaan Masyarakat Kecamatan Sidoarjo. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia (JPMI)*, 5(5), 1227–1238. <https://doi.org/https://doi.org/10.52436/1.jpmi.4266>
- Cahyono, H. S., Kusumawan, V. N., Cahyono, D. E., & Carina, A. (2025). PENERAPAN ZERO WASTE LIMBAH B3 HOTEL DALAM KEBERLANJUTAN LINGKUNGAN. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: BAKTI KITA*, 6(2), 146–155. <https://doi.org/https://doi.org/10.52166/baktikita.v6i2.10985>
- Cahyono, H. S., Saefudin, R., Carina, A., Kurniawan, E. Y., & Hidayat, W. N. (2025). EVALUASI KEPATUHAN LINGKUNGAN DAN STRATEGI PENGENDALIAN BERKELANJUTAN UNTUK BANGUNAN PABRIK SIGARET : STUDI KELAYAKAN BERBASIS REGULASI KKPR. *DEARSIP : Journal of Architecture and Civil*, 05(01), 1–13. <https://doi.org/10.52166/dearsip.v5i01.7801>
- Cahyono, H. S., Soedjarwoko, E., & Cahyono, Danan Eko. (2025). Gasifikasi Sekam Daun Tebu dalam Upaya Penyediaan Alternatif Gas LPG di Kabupaten Malang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara (JPKMN)*, 6(4), 4920–4931. <https://doi.org/https://doi.org/10.55338/jpkmn.v6i4.7051>
- Darsopuspito, L. N. dan S. (2012). Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa. *Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu Dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) Dan Ukuran Biomassa*, 1(1), 12–15. <https://doi.org/ISSN: 2301-9271>
- Djafar, R., & Darise, F. (2018). Pengaruh Jumlah Aliran Udara Terhadap Nyala Api Efektif Dari Reaktor Gasifikasi Biomassa Tipe Fixed Bed Downdraft Menggunakan Bahan Bakar Tongkol Jagung. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 6(2), 94–100. <https://doi.org/10.30869/jtech.v6i2.211>
- Hafid Alwan. (2019). MODEL GASIFIKASI BIOMASSA MENGGUNAKAN PENDEKATAN KESETIMBANGAN TERMODINAMIKA STOIKIOMETRIS DALAM MEMPREDIKSI GAS PRODUSER. *Jurnal Integrasi Proses*, 8(1), 31–38.
- Hermawan, F. (2017). Penerapan Teknologi Waste to Energy (WTE) Pada Rencana Pembangunan Intermediate Treatment Facility (ITF) Sunter Jakarta Utara. *Research Paper*, 1(1), 1–21.
- Icha Syahrotul Anam., Purwantana Bambang., & radi. (2022). KARAKTERISTIK PROSES GASIFIKASI TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN UPDRAFT GASIFIER TIPE HISAP. *Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 34–42.
- Narega, S. O., Apriansyah Ysf, R., Aswan, A., Fatria, F., Erlinawati, E., & Hilwatullisan, H. (2022). Produksi Syngas Dari Proses Gasifikasi Biomassa Menggunakan Downdraft Gasifier Sebagai Gas Bakar Pada Motor Bakar Empat Tak. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 2(11), 469–474. <https://doi.org/10.52436/1.jpiti.245>
- Pujotomo, I. (2018). Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi. *Energi & Kelistrikan*, 9(2), 126–135. <https://doi.org/10.33322/energi.v9i2.44>

- Pupung, P. La. (1987). Pemanfaatan Gas dari Gasifikasi Biomassa Sebagai Suatu Sumber Energi Alternatif. *LEMIGAS*, 2(1), 114–127.
- Putra, E., Nurhasanah, N., Siregar, N. A., & Siregar, J. A. (2022). Pengenalan Gaya Hidup Zero Waste Terhadap Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal ADAM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 225–231. <https://doi.org/10.37081/adam.v1i2.1142>
- Ridwan, A., & Istana, B. (2018). ANALISIS PENGARUH VARIASI BAHAN BAKAR BIOMASSA TERHADAP MAMPU NYALA DAN KANDUNGAN TAR PADA REAKTOR GASIFIKASI TIPE UPDRAFT. *Jurnal ENGINE*, 2(1), 7–17. <https://doi.org/e-ISSN 2579-7433 ANALISIS>
- Ridwan, M., Indradjaja, I., Nugraha, N., & Taufik, I. (2018). Pengujian Kinerja Dan Modifikasi Reaktor Downdraft Gasifikasi Biomassa 100 kW. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(2), 157–164. <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i2.2394>
- Saefudin, R., Cahyono, H. S., Ihwalrezky, Z., Cahyono, D. E., & Carina, A. (2025). HIBAH DAN PEMBERDAYAAN BANGUNAN BANK SAMPAH DI SULAWESI UNTUK PEMBERDAYAAN MASYARAKAT LOKAL. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: BAKTI KITA*, 6(2), 167–186. <https://doi.org/https://doi.org/10.52166/baktikita.v6i2.10986>
- Saputro, M. A., Syamsiro, M., Megaprastio, B., & Laksana, F. F. (2023). Kajian Teknologi Gasifikasi Biomassa/Sampah Untuk Produksi Syngas Dan Listrik Berkelanjutan. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 11(2), 122–129. <https://doi.org/10.47662/alulum.v11i2.461>
- Suhada, R. T., & Almahdy, I. (2017). Analisis Potensi Sampah Sebagai Sumber Energi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Dan Produk Kreatif Untuk Mendukung Pariwisata (Studi Kasus Di Kepulauan Seribu). *Jurnal PASTI*, 11(3), 245–255.
- Sukardin, M. S., Dahlan, M., Tondok, R. S., & Sulfikar, M. (2023). Studi Efisiensi Kerja Reaktor Gasifikasi Biomassa Sekam Padi Dengan Variasi Udara Penggasifikasi. *Teknologi Industri*, 20(1), 374–379. <https://doi.org/e-ISSN 2964-1896>
- Sukma, M. F. A., Cahyono, H. S., & Carina, A. (2025). ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY ANALYSIS IN KAMAJAYA HOUSING IN SUPPORTING THE FEASIBILITY OF LIVING. *DEARSIP: Journal of Architecture and Civil*, 3(02), 257–274. <https://doi.org/https://doi.org/10.52166/dearsip.v5i02.11074>
- Vicky Hapsari, P., Bakti Cahyono, R., & Aini Masrurroh, N. (2023). Pemilihan Teknologi Waste To Energy Dengan Metode Analytical Hierarchy Process Di Tempat Pembuangan Akhir Sarimukti Bandung Jawa Barat. *Journal Altron; Journal of Electronics, Science & Energy Systems*, 2(02), 10–17. <https://doi.org/10.51401/altron.v2i02.2836>
- Wirjawan, J. K., & Choandi, M. (2024). Implementasi Arsitektur Berkelanjutan Dengan Pengelolaan Sampah Melalui Sistem Teknologi Waste To Energy (Wte). *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 6(1), 295–310. <https://doi.org/10.24912/stupa.v6i1.27474>
- Zahro, F., Budiyanto, M., & Ilhami, F. B. (2023). Potensi Biomassa Gasifikasi: Alternatif Berkelanjutan Dalam Menghasilkan Energi Listrik Untuk Masa Depan. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 25(2), 103–115. <https://doi.org/10.24912/tesla.v25i2.23804>
- Zainuddin, M., Fujiaman, M., Mariani, D., & Aswalatah, M. (2017). Analisis Efisiensi Gasifikasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) Tongkol Jagung Kapasitas 500 KW di Kabupaten Gorontalo Muammar. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 14(2), 192–198. <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/3924>