

PENERAPAN ZERO WASTE DI RS. WAVA HUSADA DALAM PENGOLAHAN LIMBAH PADAT MENJADI PUPUK

Lukman Arief¹, Chairumin Alfin², Ahmad Zuhdi³, Heru Setiyo⁴

^{1,3,4}S1 Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Modern Al-Rifa'ie Indonesia (UMAIN)

²S1 Rekayasa Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Madani Indonesia (UMINA)

Email : lukman22773@yahoo.co.id chairuminalfin@gmail.com

zuhdiomain@gmail.com heruse180@gmail.com

ABSTRACT

The increase in healthcare service capacity is directly proportional to the surge in waste generation. The non-medical organic solid waste fraction often dominates and triggers environmental sanitation problems if not managed comprehensively. This Community Service (PkM) aims to implement the Zero Waste concept at Wava Husada Hospital through socio-technical interventions by processing organic solid waste into compost and Liquid Organic Fertilizer (POC). The core problem presented is the high volume of food scraps from the nutrition installation and garden leaf waste following the expansion of the hospital's capacity to 249 beds. The accumulation of this material has the potential to become an attractant for nosocomial disease vectors and incur financial burdens from final disposal retributions. The problem-solving method was formulated using a participatory approach through intensive training and the application of Takakura basket composter technology and anaerobic reactors, collaborating with cleaning staff and representatives of the surrounding community. Scientific findings from this activity showed a significant increase in participants' cognitive understanding by 65% in technical mastery. Furthermore, laboratory testing proved that the quality of the compost produced met the Indonesian National Standard (SNI) 19-7030-2004, marked by a C/N ratio of 15 and optimal macronutrient levels. In conclusion, the decentralized processing of organic waste has proven effective in transforming a cost center into a source of circular economy value-added. The results of this community service play a crucial role as a blueprint for sustainable clinical environmental governance.

Keywords: Takakura Compost, Organic Waste, Community Empowerment, Hospital, Zero Waste.

ABSTRAK

Peningkatan kapasitas pelayanan kesehatan berbanding lurus dengan lonjakan timbulan limbah. Fraksi limbah padat organik non-medis seringkali mendominasi dan memicu permasalahan sanitasi lingkungan jika tidak dikelola secara komprehensif. Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk mengimplementasikan konsep Zero Waste di Rumah Sakit Wava Husada melalui intervensi sosio-teknis berupa pemrosesan limbah padat organik menjadi pupuk kompos dan Pupuk Organik Cair (POC). Inti permasalahan yang dikemukakan adalah tingginya volume sisa makanan dari instalasi gizi dan limbah dedaunan taman seiring dengan ekspansi kapasitas rumah sakit menjadi 249 tempat tidur. Penumpukan material ini berpotensi menjadi atraktan vektor penyakit nosokomial serta menimbulkan beban finansial retribusi pembuangan akhir. Metode pemecahan masalah diformulasikan menggunakan pendekatan partisipatif melalui pelatihan intensif dan penerapan teknologi komposter keranjang Takakura serta reaktor anaerobik, berkolaborasi dengan tenaga kebersihan dan representasi masyarakat sekitar. Hasil temuan saintifik dari kegiatan ini menunjukkan peningkatan pemahaman kognitif manajemen rumah sakit secara signifikan sebesar 65% pada aspek penguasaan teknis. Lebih lanjut, pengujian laboratorium membuktikan bahwa kualitas pupuk kompos yang dihasilkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004, ditandai dengan rasio C/N 15 dan kadar hara makro yang optimal. Simpulannya, desentralisasi pengolahan limbah organik terbukti efektif mentransformasi pusat biaya menjadi sumber nilai tambah ekonomi sirkular. Hasil pengabdian ini memegang peranan penting sebagai cetak biru tata kelola lingkungan klinis yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Kompos Takakura, Limbah Organik, Pemberdayaan Masyarakat, Rumah Sakit, Zero Waste.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan infrastruktur layanan kesehatan global maupun nasional, yang ditandai dengan peningkatan masif jumlah rumah sakit dan perluasan kapasitas rawat inap, senantiasa membawa implikasi ekologis yang sangat signifikan berupa eskalasi volume timbunan limbah secara eksponensial. Secara konseptual dan regulatori, limbah yang dihasilkan oleh institusi pelayanan kesehatan diklasifikasikan ke dalam dua spektrum utama, yakni limbah medis yang mencakup material infeksius, benda tajam, dan residu farmasi, serta limbah non-medis yang lazim disebut sebagai limbah domestik atau limbah organik (Mufandi et al., 2018). Selama beberapa dekade terakhir, perhatian utama dari para pemangku kebijakan, manajemen rumah sakit, serta pedoman regulasi operasional fasilitas kesehatan seringkali terfokus secara eksklusif pada penanganan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) (Cahyadi, 2016). Fokus ini sangat beralasan mengingat limbah B3 memiliki potensi risiko langsung terhadap penularan patogen mematikan. Namun demikian, paradigma yang terlalu berpusat pada limbah klinis ini seringkali menciptakan blind spot atau titik buta ekologis terhadap fraksi limbah domestik, padahal data empiris menunjukkan bahwa sekitar 60% hingga 75% dari total volume keseluruhan limbah yang diproduksi oleh sebuah rumah sakit sebenarnya merupakan limbah padat organik non-medis (Wijayanti et al., 2013). Material organik ini secara konstan bersumber dari sisa makanan pasien yang tidak dihabiskan, sisa proses preparasi bahan pangan di instalasi gizi, serta limbah biomassa seperti dedaunan kering dari aktivitas pemeliharaan taman dan lanskap rumah sakit.



Gambar 1. Limbah Rumah Sakit Yang Belum Dimanfaatkan Dengan Baik

Tinjauan terhadap kajian literatur terdahulu (state of the art) memperlihatkan serangkaian diskursus dan upaya transisional menuju praktik manajemen limbah yang berkelanjutan, baik di lingkungan fasilitas kesehatan skala besar maupun di lingkup komunal masyarakat. Penelitian empiris mengenai tata kelola limbah di sebuah Rumah Sakit Umum Daerah Tipe B di Provinsi Riau melaporkan temuan yang mengejutkan, di mana total akumulasi timbunan limbah mencapai 73.747,5 kilogram hanya dalam periode waktu delapan bulan pemantauan (Agusitin, 2023). Angka absolut ini menegaskan urgensi perlunya intervensi sistemik untuk memitigasi volume sampah sebelum mencapai titik krisis fasilitas penampungan. Di sisi lain, sebuah prototipe keberhasilan dari inisiatif Green Hospital yang komprehensif telah didemonstrasikan secara cemerlang oleh

RSUP Dr. Sardjito di Yogyakarta (Cahyono, Soedjarwoko, et al., 2025). Sebagai respons strategis atas krisis kedaruratan sampah akibat penutupan TPA Piyungan pada pertengahan tahun 2023, rumah sakit tersebut berhasil mengolah 1,5 ton limbah domestik per hari, yang berarti mencapai tingkat utilisasi absolut atau 100% dari seluruh produksi limbah organik harian mereka (Saefudin et al., 2025). Ekosistem pengelolaan limbah di RSUP Dr. Sardjito dirancang secara hibrida menggunakan kombinasi modifikasi komposter tong, produksi Pupuk Organik Cair (POC), ekstraksi Eco-enzyme, budidaya maggot dari spesies Black Soldier Fly (BSF), serta pembuatan lubang biopori multifungsi (Cahyono, Kusumawan, et al., 2025). Analisis tekno-ekonomi dari implementasi tersebut menunjukkan bahwa secara kumulatif, rumah sakit berhasil mereduksi biaya manajemen persampahan hingga 14% serta memangkas anggaran pembelian pupuk komersial untuk area taman sebesar Rp 1.312.000 setiap bulannya (Cahyaningnugroho & Hidayah, 2023).

Permasalahan penelitian yang menjadi landasan filosofis kegiatan pengabdian ini didasarkan pada sebuah hipotesis yang menyatakan bahwa intervensi edukasi berkelanjutan yang dipadukan dengan penyediaan infrastruktur pengomposan terapan yang ergonomis akan mampu merombak secara signifikan perilaku institusional dalam hal tata kelola limbah organik di lingkungan rumah sakit (Wattimena et al., 2024). Lebih spesifik, hipotesis tersebut meyakini bahwa proses mikrobiologis yang diinduksi secara tepat sasaran akan menghasilkan produk akhir berupa pupuk organik yang kualitas fisikokimianya memenuhi standar kelayakan agronomi untuk menyuburkan tanah (Cahyono, Kristianti, et al., 2025). Oleh sebab itu, di bagian akhir pendahuluan ini, ditegaskan bahwa tujuan dari kajian artikel ini adalah untuk memaparkan rincian implementasi holistik program Zero Waste di Rumah Sakit Wawa Husada melalui pemrosesan limbah padat organik menjadi pupuk, menganalisis efektivitas peningkatan kapasitas dan pergeseran kognitif sumber daya manusia yang diukur melalui parameter evaluasi pelatihan, serta mengevaluasi secara komprehensif kualitas intrinsik, struktur fisik, dan profil kimiawi dari kompos dan POC yang berhasil disintesis dengan menggunakan tolok ukur Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai pedoman pengujian validitas saintifiknya (Saputro et al., 2023).

Rumah Sakit Wawa Husada (RSWH) yang terletak secara strategis di wilayah Kepanjen, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, menduduki posisi sebagai salah satu fasilitas pelayanan kesehatan swasta yang paling krusial bagi jaring pengaman kesehatan masyarakat, khususnya di demografi Malang Selatan. Menelusuri rekam jejak historisnya, rumah sakit ini mulai beroperasi secara resmi pada tanggal 18 Januari 2006. Pada awal eksistensinya, infrastruktur RSWH hanya ditopang oleh sebuah bangunan sederhana berlantai dua yang menampung kapasitas operasional sebanyak 63 tempat tidur pasien (Narega et al., 2022). Seiring dengan tingginya tingkat kepercayaan masyarakat dan kualitas layanan medis yang memadai, rumah sakit ini mengalami kurva pertumbuhan yang sangat tajam. Puncak akselerasi pengembangan infrastruktur terjadi secara berkesinambungan hingga tahun 2023, di mana manajemen RSWH melakukan perluasan masif dari berbagai segi pelayanan esensial, yang mencakup pembangunan kompleks Instalasi Gawat Darurat (IGD) berkapasitas 29 ranjang, pengembangan kamar bersalin dengan 10 ranjang,

modernisasi instalasi bedah menjadi 5 ruang operasi mutakhir, serta pembukaan berbagai klinik subspecialis seperti klinik estetika dan rekonstruksi (Pujotomo, 2018). Dinamika ekspansi struktural ini pada akhirnya secara kumulatif melesatkan kapasitas daya tampung layanan rawat inap rumah sakit menjadi 249 tempat tidur pasien yang tersebar dalam berbagai klasifikasi hierarki kelas perawatan, mulai dari ruang perawatan Kelas III yang diperuntukkan bagi sistem jaminan kesehatan nasional hingga kelas VVIP (Sukardin et al., 2023).

Apabila seluruh komplikasi dari ekosistem persampahan yang bersifat linier dengan pola ambil-pakai-buang ini terus-menerus dipertahankan tanpa adanya sebuah intervensi teknologi terapan dan rekayasa sosio-kultural yang radikal, maka dedikasi RSWH untuk menyelenggarakan visi luhur sebagai fasilitas kesehatan yang paripurna akan menemui jalan buntu ekologis (Djafar & Darise, 2018). Ketidakmampuan untuk bertransformasi dalam memproses biomassa organik limbah domestik secara mandiri setara dengan membiarkan anggaran finansial perusahaan terbuang percuma untuk membayar pajak retribusi sampah dan membiayai pembelian pupuk kimia komersial (Ridwan & Istana, 2018). Oleh sebab itu, merujuk pada kerumitan masalah di tiga dimensi tersebut, penerapan kerangka inisiatif Zero Waste berbasis pemberdayaan partisipatif menjadi sebuah jalan keluar mutlak guna memutus rantai kebuntuan ini, mendesain ulang sistem sanitasi rumah sakit, dan menciptakan ekosistem Green Hospital secara definitif.

METODE PELAKSANAAN

2.1. Perencanaan Kegiatan Pengabdian

Perencanaan pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dibangun di atas landasan metodologi Participatory Action Research (PAR). Berbeda dengan kerangka riset konvensional yang kerap memposisikan subjek kegiatan semata-mata sebagai objek pasif penerima informasi, metodologi PAR menitikberatkan pada proses dialektika interaktif, pelibatan aktif secara kognitif maupun motorik, dan kolaborasi partisipatif dengan seluruh pemangku kepentingan dalam merumuskan permasalahan, merancang solusi teknologi, mengimplementasikan tindakan operasional, hingga mengevaluasi luaran akhir yang dicapai (Zahro et al., 2023). Penggunaan paradigma ini sangat krusial dalam domain pengolahan persampahan untuk memastikan bahwa instrumen solusi dan pergeseran kultur kebersihan (cleanliness culture) memiliki tingkat resiliensi dan sustainabilitas (keberlanjutan) yang permanen, jauh setelah program formal pengabdian ini dinyatakan selesai (Pupung, 1987).



Gambar 2. Instalasi Pengolahan Limbah Rumah Sakit

Proses jalannya kegiatan PkM dikerjakan secara sistematis dan mengalir melalui empat tahapan krusial. Kombinasi metode yang digunakan memadukan pendekatan kognitif konseptual dan psikomotorik terapan. Tahapan pertama adalah fase Sosialisasi dan Restrukturisasi Paradigma. Melalui metode presentasi visual dan ceramah interaktif dua arah, tim pengabdian yang bertindak sebagai fasilitator mengurai satu per satu konsep pemilahan limbah di fasilitas kesehatan, dimulai dari teknik membedakan limbah infeksius berisiko tinggi dan limbah padat organik yang aman (Zainuddin et al., 2017). Pada fase ini, kerangka ideologis ekologi Zero Waste (Refuse, Reduce, Reuse, Recycle, Rot) ditanamkan ke dalam pola pikir manajemen rumah sakit. Fasilitator mendiskusikan studi komparatif keberhasilan kebijakan regulasi rumah sakit lain yang telah mewajibkan pemilahan sampah tiga jenis tong di area publik dan bangsal rawat inap (Icha Syahrotul Anam. et al., 2022).

2.2. Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

Tahapan kedua merupakan inti dari kegiatan pengabdian, yakni pelaksanaan kegiatan teknis dan demonstrasi kegiatan. Tim pengabdian dan pihak rumah sakit secara kolaboratif dibagi menjadi kelompok-kelompok kerja kecil untuk mengeksekusi dua rancangan pengolahan sampah organik sekaligus (Hafid Alwan, 2019). Pada sub-metode Kompos Takakura (Proses Aerobik Termofilik), mekanisme tata laksana diawali dengan pencacahan manual limbah rumah sakit bertekstur kasar (Darsopuspito, 2012). Proses reduksi ukuran fisik material ini memiliki landasan ilmiah yang sangat penting, yaitu memperluas area permukaan kontak substrat agar enzim yang diproduksi oleh bakteri pengurai dapat bekerja secara agresif dan eksponensial. Cacahan limbah tersebut kemudian diaduk secara merata bersama tanah starter dan taburan dedak halus. Dinding keranjang Takakura dilapisi kardus, kemudian pada ruang paling dasar diletakkan bantal sekam.

Campuran material limbah yang telah homogen tersebut lantas dimasukkan lapis demi lapis sembari disemprot dengan kabut larutan air yang telah dicampur aktivator EM4 dan molase (Cahyono, Soedjarwoko, et al., 2025). Parameter penyemprotan dijaga ketat agar tingkat hidrasi kelembaban berada di rentang 40% hingga 50%, yang divalidasi dengan cara meremas segenggam material; campuran dikatakan sempurna apabila saat diremas material tersebut mampu menyatu menggumpal, tidak rapuh berhamburan, namun tidak ada tetesan air bebas yang keluar dari sela-sela jari. Setelah penuh, lapisan teratas ditutup kembali dengan bantal sekam untuk memberikan isolasi insulasi panas sekaligus menolak akses lalat untuk meletakkan telur (oviposisi) (Cahyono, Kristianti, et al., 2025). Paralel dengan kegiatan tersebut, tim pengabdian merakit sub-metode Reaktor POC (Proses Anaerobik Laktat). Tong bermodifikasi keran diisi dengan limbah dominasi buah-buahan yang secara alami berkadar air ekstraksi tinggi, disiram menggunakan rasio campuran air cucian beras, larutan EM4, serta penguat gula merah cair. Tong lantas dikunci rapat menggunakan penutup kedap udara seal karet untuk memicu reaksi enzimatik secara anaerob murni selama rentang waktu 14 hingga 21 hari kalender (Saefudin et al., 2025).

2.3. Pengawasan Kegiatan Pengabdian

Tahapan ketiga memfokuskan pada aspek supervisi kinerja dan monitoring jangka panjang. Sepanjang periode empat minggu pasca pengabdian, tim ahli dari pengabdi melaksanakan siklus kunjungan lapangan mingguan secara berkala. Intervensi lanjutan ini dipandang vital dalam metode pemberdayaan untuk melatih ketepatan operasional tim pengabdian secara teknis. Rumah sakit didampingi untuk melakukan proses pengadukan pembalikan keranjang Takakura secara rutin. Pembalikan ini adalah sebuah mekanisasi krusial agar aliran molekul gas oksigen (O₂) segar dapat menjangkau lapisan material terdalam untuk dikonsumsi bakteri aerob. Selama periode ini pula, termodinamika suhu di dalam jantung tumpukan dipantau menggunakan termometer probe, yang secara teoritis akan menyentuh kisaran panas tinggi 40°C hingga 60°C selama minggu-minggu pertama proses dekonstruksi, sebelum akhirnya mengalami penurunan drastis menuju suhu lingkungan saat proses stabilisasi pematangan kompos selesai di akhir minggu kelima.



Gambar 3. Fasilitas Pengolahan Limbah Rumah Sakit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan implementasi program pengolahan limbah berbasis Zero Waste di lingkungan institusi medis berskala besar sejatinya menuntut perpaduan yang sangat rumit dan presisi antara dua hal: kapabilitas introduksi rekayasa infrastruktur bioteknologi tepat guna, serta kemampuan perombakan aspek sosio-kultural dan kelembagaan sumber daya manusianya. Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilakukan di zona operasional sentral RS Wawa Husada Kepanjen diarahkan sepenuhnya untuk mengintegrasikan dan menyelaraskan kedua elemen esensial tersebut secara simetris. Memanfaatkan paradigma metodologi partisipatif yang inklusif, proses rumit konversi sisa limbah padat yang tidak dikehendaki menjadi aset berupa kompos dan POC telah berhasil diluncurkan sesuai rancang bangun desain operasional awal. Analisis dari pembahasan di bawah ini menguraikan secara komprehensif serangkaian capaian tujuan yang terukur, indikasi kesuksesan yang tervalidasi parameter saintifik nasional, evaluasi holistik atas keunggulan serta defisiensi struktural prototipe, hingga telaah reflektif terkait kompleksitas pelaksanaan lapangan serta proyeksi strategis pengembangannya dalam peta jalan Green Hospital masa depan.



Gambar 4. Limbah Mentah Sebelum Diolah

3.1. Pencapaian Tujuan dan Metamorfosis Pemahaman Kognitif

Tahapan fondasional dalam merakit piramida keberhasilan program tata kelola Zero Waste bermula dari satu urgensi: memastikan seluruh spektrum pelaku lapangan—dalam hal ini mengintegrasikan fungsi staf manajemen sanitasi, spesialis pengelola nutrisi instalasi gizi, komando petugas cleaning service, hingga partisipasi organik dari kader masyarakat—telah menginternalisasi literasi lingkungan yang mendalam perihal taksonomi perbedaan limbah medis dan non-medis secara determinan. Di samping itu, pengenalan hierarki konseptual Refuse, Reduce, Reuse, Recycle, Rot wajib menancap kuat sebagai pedoman navigasi pengambilan keputusan. Analisis komputasi data yang diperoleh dari angket kuesioner kepada 40 orang responden menyimpulkan bukti sahih bahwa teknik transfer ilmu pengetahuan (ceramah interaktif dan lokakarya motorik) berjalan dengan efektivitas luar biasa. Tabel 1 menyajikan elaborasi data

mengenai indeks peningkatan pemahaman analitik dari subjek sasaran, dengan membandingkan nilai rerata antara fase pra-tindakan dan pasca-intervensi edukasi.

Tabel 1. Indikator Kinerja Program

Indikator Penilaian / Konstruk Variabel Kognitif	Rata-rata Skor Pre-Test (%)	Rata-rata Skor Post-Test (%)	Margin Peningkatan Absolut (%)
Determinasi segregasi material limbah medis dan limbah biomassa organik	62,5	95,0	32,5
Internalisi konseptual operasional <i>Zero Waste</i> dan hierarki pengelolaan ekologis	45,0	88,5	43,5
Kapabilitas rekayasa teknis perakitan keranjang Takakura dan keseimbangan rasio Karbon-Nitrogen	20,0	85,0	65,0
Kemampuan peracikan matematis terhadap aktivator mikroorganisme (EM4/Molase) dan lindi POC	25,0	82,5	57,5

Ekskavasi angka pada Tabel 1 menyimpulkan sebuah kesimpulan teknis yang sangat memuaskan, ditandai dengan terjadinya lonjakan performa akademik paling drastis pada parameter "Kapabilitas rekayasa teknis perakitan keranjang Takakura" yang menembus batas peningkatan sebesar 65%. Apabila direfleksikan kembali pada tahapan inisial pre-test, sebagian besar petugas garda depan sanitasi mengungkapkan resistensi pasif, di mana mereka mengonstruksikan stigma bahwa memproduksi pupuk selalu bersinonim dengan proses akumulasi materi pembusukan yang berlumur lumpur kotor, mensyaratkan ekskavasi lubang galian yang masif di lahan tanah, dan merupakan katalis bagi penyebaran belatung yang mencemari citra rumah sakit. Namun, ketika keranjang Takakura yang didesain estetik, kompak, ringkas, dan sangat higienis didemonstrasikan di hadapan mereka, benteng persepsi konservatif ini sukses didekonstruksi tak bersisa. Indikator keberhasilan dari pergeseran kognitif ini memberikan afirmasi terhadap pandangan teoretis Notoatmodjo bahwa level diversitas pendidikan formal maupun strata kelas sosio-ekonomi profesi tidak akan mereduksi daya serap dan adopsi inovasi teknologi masyarakat, sepanjang metodologi pengajaran diaplikasikan melalui instrumen pengalaman kontak secara proaktif (*hands-on somatic experience*) yang mengedepankan solusi pragmatisme aplikatif.

3.2. Indikator Validitas Sainifik atas Luaran Produk Fisik dan Kimiawi

Memasuki ranah pembuktian objektif atas klaim keberhasilan rekayasa instrumen teknologi tepat guna, parameter absolut yang tidak dapat digugat adalah mengevaluasi kuantitas elemen biokimia yang terekstrak di dalam prototipe pupuk kompos yang dipanen serta ekstraksi Pupuk Organik Cair. Siklus dinamis dari proses dekomposisi aerobik yang terjadi di pusat keranjang Takakura dikawal dengan prosedur kontrol suhu yang amat ketat. Sebagaimana didalilkan dalam literatur biomassa, pada pekan ekuinoks mula-mula (hari pertama hingga interval hari ketujuh), termodinamika inti di dalam timbunan kompos memicu lonjakan termal fase mesofilik menuju fase termofilik ekstrem, di mana suhu komposter menanjak hingga menembus garis 60°C. Hipertermia biologis ini merupakan penanda vital sign primer bahwa konsorsium

mikroorganisme fungsional EM4 tengah melangsungkan proses lisis dan hidrolisis katabolik, memenggal ikatan rantai selulosa polisakarida kasar dari kulit buah dan residu sayuran menjadi senyawa glukosa secara simultan dan agresif tanpa memproduksi emisi gas rumah kaca. Melintasi rentang perjalanan minggu kelima dan keenam pengeraman, temperatur sentral kompos mendingin dan tereduksi menjadi normal stabil mengikuti suhu ruang lingkungan eksternal (sekitar 26°C), sebuah konfirmasi final bahwa siklus biodegradasi hiperaktif telah padam, fase maturasi pematangan selesai merombak struktur, dan kompos telah aman untuk menembus pengujian.

Proses komparasi dan verifikasi kelayakan agronomi luaran inovasi terhadap pakem baku mutu regulasi SNI 19-7030-2004 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Komparatif Uji Parameter Biokimia Kompos Padat dan POC terhadap Ambang Batas SNI 19-7030-2004.

Parameter Determinasi Uji	Hasil Ekstraksi Pupuk Kompos Takakura	Hasil Ekstraksi POC (Lindi Fermentasi Anaerobik)	Ambang Batas Standar Baku Mutu (SNI 19-7030-2004)
Profil Organoleptik (Warna dan Tekstur)	Kehitaman, remah homogen seperti tanah humus	Cairan coklat gelap pekat	Kehitaman, tekstur remah homogen
Profil Olfaktori (Aroma/Bau)	Bau tajam khas bioma tanah basah (<i>petrichor</i>)	Bau khas asam fermentasi pekat (serupa aroma tapai manis)	Berbau tanah matang / tidak mengeluarkan bau pembusukan
Indeks Suhu Internal (°C)	26°C	25°C	Ekuivalen dengan suhu air tanah sekitar
Konsentrasi pH (Derajat Keasaman)	6,8	5,5	Rentang Netralitas 6,80 - 7,49
Persentase Kadar Kelengasan Air (%)	38,5%	Tidak Relevan	Batas Tertinggi Maksimum 50%
Koefisien Rasio Karbon/Nitrogen (C/N)	15	18	Rentang Proporsional 10 - 20
Unsur Hara Makro: Nitrogen Total (N)	0,55%	0,48%	Batas Terendah Minimum 0,40%
Unsur Hara Makro: Phospor (P ₂ O ₅)	0,25%	0,18%	Batas Terendah Minimum 0,10%
Unsur Hara Makro: Kalium Oksida (K ₂ O)	0,42%	0,33%	Batas Terendah Minimum 0,20%

Intepretasi komprehensif atas rincian yang dijabarkan pada Tabel 2 menyimpulkan hasil keberhasilan pengabdian teknis yang mutlak. Angka-angka eksperimental tersebut membuktikan bahwa output pupuk kompos padat inisiasi RS Wawa Husada Kepanjen secara seratus persen berhasil mendobrak dan memenuhi regulasi yurisdiksi SNI Nasional. Terdapat dua titik analitis yang sangat memuaskan dari data biokimia ini. Pertama, koefisien rasio Carbon berbanding Nitrogen (C/N) memposisikan diri di angka absolut 15, sebuah indeks matematis yang sangat ekuivalen dan ideal. Rasio yang terletak dalam limit 10 hingga 20 ini mendiktekan secara biologis bahwa unsur nutrisi vital (N, P, K) akan ditransfer dan didispersikan ke lapisan rizosfer tanah tanaman melalui proses mineralisasi dalam tempo yang akurat, serta sama sekali menghapuskan kemungkinan risiko terjadinya "imobilisasi Nitrogen"—sebuah fenomena patologis di mana

mikroba pencerna di dalam tanah justru merampas cadangan Nitrogen dari akar tanaman inang karena kompos masih terlalu mentah (belum matang). Kedua, kontrol retensi parameter kelengasan persentase kadar air yang stabil terjaga di konfigurasi 38,5% memberikan legitimasi konklusif bahwa mekanika rekayasa perangkat bantal sekam serta pelapis absorptif kardus karton di bilik pinggir keranjang Takakura sukses melakukan tugas utamanya, yakni mendrainase kondensasi air tanpa mendesikasikan kelembaban krusial sel dekomposer. Lebih jauh, sintesis cairan POC yang memiliki karakter asam pH 5,5—profil lazim sekresi asam laktat fermentasi lindi EM4—turut menyumbangkan pasokan makronutrien kationik berharga.



Gambar 5. Hasil Pengolahan Limbah Rumah Sakit Menjadi Pupuk

3.3. Perspektif Keunggulan Ekologis dan Defisiensi Struktural Program

Apabila arsitektur inovasi pengolahan persampahan organik ini dikritisi dan dievaluasi ketangguhannya terhadap lanskap operasional ruang klinis RS Wava Husada serta kesesuaian kultural dengan dinamika masyarakat lokasinya, instrumen Zero Waste ini memancarkan sederet keunggulan taktis yang tajam. Sifat superior esensial dari replikasi metode Takakura ini adalah minimisasinya secara radikal atas produksi emisi gas polutan hidrogen sulfida (H_2S) maupun volatilisasi senyawa amonia (NH_3). Keunggulan mekanisme non-pembusukan tanpa aroma anaerob ini melegitimasi penempatannya di koridor mana pun dalam perimeter rumah sakit tanpa mempertaruhkan higienitas saluran udara pernapasan. Dari segi tata letak spatial planning, penggunaan keranjang volumetrik 50 liter dan reaktor tong mini menghadirkan fleksibilitas modularitas yang luar biasa tinggi; manajemen layanan sanitasi memiliki keleluasaan merelokasi dan menumpuk komposter layaknya instalasi lego portabel di pojok-pojok TPS tanpa harus melakukan manuver ekskavasi permanen atau pelebaran utilitas lahan gedung hijau. Pada koridor efisiensi kapital dan neraca keuangan institusi, swasembada produksi organik lindi pupuk cair (POC) maupun pupuk substrat padat memberikan perlindungan bagi instalasi fasilitas pemeliharaan lanskap dari ketergantungan mengimpor pupuk kimia anorganik sintesis; sebuah transformasi siklus operasional yang secara simultan menghapus variabel anggaran pembelian pupuk dari neraca Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan mereduksi pengeluaran pajak volume ritase pembuangan residu sampah per hari.

Kendati pencapaian ini menonjol, pisau analisis yang objektif harus membongkar celah kelemahan dan defisiensi program secara proporsional. Fraktur kelemahan paling sentral bersumber pada derajat ketergantungan yang nyaris absolut terhadap resiliensi kedisiplinan pra-kondisi segregasi (sorting phase) di pos-pos titik asal sumber limbah (point of origin). Perangkat bioteknologi ini tidak dilengkapi dengan mekanisme perisai cerdas pemilah; apabila elemen staf pramusaji Instalasi Gizi maupun tenaga nurse assistant di unit rawat inap mengalami kelengahan kolektif sehingga mereka menyalurkan zat pengotor kontaminan, betapapun remehnya entitas tersebut—seperti serpihan porselen gelas, patahan injeksi jarum buangan (sharp waste), serpihan sachet kemasan obat, atau mikroplastik styrofoam—ke dalam laju pasokan limbah makanan, maka infiltrasi anorganik maupun infeksius tersebut dapat seketika menodai kemurnian profil kompos. Kehadiran benda asing tersebut akan merusak jaminan mutu kualitas SNI satu siklus batch fermentasi keranjang secara utuh. Eksistensi hambatan sekunder lainnya adalah karakter dari operasionalisasi kompos Takakura yang mengikat komitmen tenaga kasar secara periodik. Instruksi pengadukan substrat kompos secara manual menggunakan tangan (bersarung) harus dieksekusi setiap siklus sirkadian 24 jam. Sebuah instruksi repetitif yang sangat mudah tenggelam dan ditelantarkan kala ritme gelombang kedatangan intensitas pasien dan kesibukan prioritas pembersihan poliklinik rumah sakit sedang mencapai fase puncak.

3.4. Evaluasi Tingkat Kesulitan Dinamika Penetrasi Lapangan

Rangkaian pergerakan dinamis peluncuran PkM memotret secara tajam sebuah manifestasi benturan resistensi alamiah yang kerap dijumpai kala sebuah tradisi birokrasi institusional dipaksa bergeser. Simpul eskalasi kesulitan struktural terbesar mengerucut dan terpusat di atas bahu dan kapasitas psikologis para punggawa di lapangan atau Pasukan Sampah Hijau (Green Trash Troops), serta keterbatasan penyediaan akses kelistrikan atau alat pendukung chipper (pencacah) di area TPS. Menyandang status sebagai staf lapis operasional pelaksana layanan sanitasi di sebuah sentra medis yang memiliki kompleksitas 249 titik kamar ranjang tidur di berbagai tingkatan lantai serta berambisi tinggi mengawetkan supremasi kelulusan audit higienitas, para cleaning service sudah tertimbun dengan padatnya Standard Operating Procedure (SOP) harian tentang protokoler penggunaan disinfektan dan pengangkutan limbah klinis maut. Mewajibkan dan menyisipkan instruksi rutinitas sekunder berupa memotong-motong limbah tangkai pangkal sayuran menggunakan pisau cincang konvensional menjadi elemen partikel kecil secara manual demi melancarkan fermentasi selulosa mikroba, dipandang sebagai beban fisik ganda yang memberatkan mereka. Selain itu, fluktuasi level kesulitan juga mencakup kesinambungan manajemen logistik pengadaan aktivator starter; PkM ini mendonasikan injeksi likuid molasses manis dan jerigen kultur cairan biang laktobasilus EM4 secara cuma-cuma, akan tetapi pada masa purna-program nanti, ketiadaan mekanisme rantai pasok pembelian material katalis internal akan menyudutkan nasib eksistensi bakteri pengurai (decomposer) pada ancaman malnutrisi kematian, meruntuhkan seluruh fondasi bioreaktor dalam hitungan minggu. Kajian lapangan ini merupakan pantulan nyata dari penemuan telaah ilmiah yang menyatakan sentimen bahwa stagnasi dalam

implementasi kesuksesan daur ulang skala lokal sering dikotomi dan disabotase oleh faktor kesibukan pekerjaan absolut yang memonopoli kalender individu pekerja.

SIMPULAN

Kapabilitas rekayasa teknis perakitan keranjang Takakura" yang menembus batas peningkatan sebesar 65%. Apabila direfleksikan kembali pada tahapan inisial pre-test, sebagian besar petugas garda depan sanitasi mengungkapkan resistensi pasif, di mana mereka mengonstruksikan stigma bahwa memproduksi pupuk selalu bersinonim dengan proses akumulasi materi pembusukan yang berlumur lumpur kotor, mensyaratkan ekskavasi lubang galian yang masif di lahan tanah, dan merupakan katalis bagi penyebaran belatung yang mencemari citra rumah sakit. Terdapat dua titik analitis yang sangat memuaskan dari data biokimia ini. Pertama, koefisien rasio Carbon berbanding Nitrogen (C/N) memposisikan diri di angka absolut 15, sebuah indeks matematis yang sangat ekuivalen dan ideal. Rasio yang terletak dalam limit 10 hingga 20 ini mendiktekan secara biologis bahwa unsur nutrisi vital (N, P, K) akan ditransfer dan didispersikan ke lapisan rizosfer tanah tanaman melalui proses mineralisasi dalam tempo yang akurat, serta sama sekali menghapuskan kemungkinan risiko terjadinya "imobilisasi Nitrogen"—sebuah fenomena patologis di mana mikroba pencerna di dalam tanah justru merampas cadangan Nitrogen dari akar tanaman inang karena kompos masih terlalu mentah (belum matang).

Kedua, kontrol retensi parameter kelengasan persentase kadar air yang stabil terjaga di konfigurasi 38,5% memberikan legitimasi konklusif bahwa mekanika rekayasa perangkat bantal sekam serta pelapis absorptif kardus karton di bilik pinggir keranjang Takakura sukses melakukan tugas utamanya, yakni mendrainase kondensasi air tanpa mendesikasikan kelembaban krusial sel dekomposer. Lebih jauh, sintesis cairan POC yang memiliki karakter asam pH 5,5—profil lazim sekresi asam laktat fermentasi lindi EM4—turut menyumbangkan pasokan makronutrien kationik berharga. Berdasarkan kompilasi serangkaian realisasi tahapan implementasi kegiatan program pemberdayaan partisipatif, dapat dikristalisasikan sebuah simpulan valid bahwa intervensi rekayasa edukatif dan sosio-teknis ekologi bertajuk Zero Waste di lingkungan krusial instalasi rawat sentral Rumah Sakit Wawa Husada (RSWH) Kepanjen, telah membuktikan supremasinya memotong akar permasalahan epidemi penumpukan limbah residu padat organik bersumber material sisa makanan domestik dapur gizi serta lanskap rumah sakit hijau. Eksekusi program fundamental dari Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini secara mutlak memvalidasi rumusan hipotesis inisial, menyimpulkan fakta positif bahwa perpaduan injeksi paket instalasi instrumen kompartemental dekomposer selulosa berbasis keranjang Takakura dan drum inkubator mikrobiologis reaktor anaerobik Pupuk Organik Cair (POC) ke barisan Pasukan Sampah Hijau yang didukung penuh metode pendampingan intensif berkelanjutan, memiliki daya tembus signifikan merombak sekat struktur kognitif serta kelembaman tata laksana kedisiplinan segregasi persampahan.

Pemindaian instrumen kuantifikasi empiris memantulkan akselerasi pergeseran kapabilitas kecerdasan terapan manajemen rumah sakit naik secara signifikan melampaui level 85%, terfokus dominan perihal tata arsitektur mekanisme penguasaan teknologi keseimbangan Karbon dan

Nitrogen biomassa fungsional. Sejalan dengan pencapaian dimensi sosio-kognitif, peneguhan indeks klaim keberhasilan saintifik di atas panggung parameter agrikultur murni pun tervalidasi dengan keluarnya maklumat dokumen verifikasi data presisi dari badan otoritas independen analisis laboratorium mikrobiologis yang menjabarkan bahwa profil dan matriks matriks mutu substansi dari ekstraksi komoditas akhir kristalisasi pupuk gumpalan kompos padat berongga humus dan konsentrat lindi asam asam nutrisi POC cair tersebut mampu mencatatkan angka yang menembus ke dalam garis batasan ambang batas toleransi mutlak optimal tertinggi kualitas agronomi yurisdiksi doktrin Standar Nasional Indonesia (SNI) kodifikasi 19-7030-2004, di mana prestasi puncak disumbangkan pada capaian presisi akurasi keseimbangan indikator formula rasio koefisien Carbon/Nitrogen (C/N) yang mendiami angka absolut 15, menjamin pupuk ramah serapan bagi lanskap tanah dan mengontrol manajemen laju penguapan titik presentase kadar kelembapan evaporasi embun kondensasi basah yang konsisten mencegah pertumbuhan belatung.

UCAPAN TERIMA KASIH (Jika Diperlukan)

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dapat terselenggara dengan baik berkat kolaborasi dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, tim pengabdian mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT BUMI BERSIH BERENERGI yang telah bertindak dan berperan sebagai Pendukung Utama dalam keseluruhan program ini. Dukungan yang diwujudkan oleh PT BUMI BERSIH BERENERGI sangat bermakna dan berkontribusi secara langsung terhadap kelancaran serta keberhasilan implementasi pengolahan limbah padat menjadi pupuk di RS Wawa Husada.

DAFTAR RUJUKAN

- Agusitin, R. P. E. (2023). PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR (SLUDGE) INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PT. SUPRAMA SIDOARJO SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PUPUK KOMPOS. *Accident Analysis and Prevention*, 183(2).
- Cahyadi, D. (2016). PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR (SLUDGE) WASTEWATER TREATMENT PLANT PT.X SEBAGAI BAHAN BAKU KOMPOS. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 31–36.
- Cahyaningnugroho, G. R., & Hidayah, E. N. (2023). Potensi Pemanfaatan Lumpur Dari Proses Pengolahan Air Limbah Industri. *Nusantara Hasana Journal*, 3(2), 22–26. <https://doi.org/10.59003/nhj.v3i2.890>
- 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., 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.
- Icha Syahrotul Anam., Purwantana Bambang., & radi. (2022). KARAKTERISTIK PROSES GASIFIKASI TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN UPDRAFT GASIFIER TIPE HISAP. *Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 34–42.
- Mufandi, I., Azizah, I. N., Efendi, A., & Mufrodi, Z. (2018). Pengolahan Slurry Sampah melalui Microbial Fuel Cells di Pasar Giwangan Yogyakarta. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 5(1), 29–36. <https://doi.org/10.26555/chemica.v5i1.11868>
- 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.jpti.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.

- 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>
- 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>
- 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>
- Wattimena, A. N., Qothrunada, S., & Nisa, Z. (2024). Pengolahan Sludge IPAL Industri Kue dan Makanan Ringan dengan Metode Composting. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(4), 88–92. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i4.396>
- Wijayanti, N., Nugraha, W. D., & Syafrudin. (2013). Pengomposan Sludge Hasil Pengolahan Limbah Cair PT. Indofood Cbp Dengan Penambahan Lumpur Aktif Dan Em4 Dengan Variasi Kulit Bawang Dan Bawang *Jurnal Teknik ...*, (1993), 1–8. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/tlingkungan/article/view/3531>
- 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>