

## KOMITMEN ZERO WASTE INDUSTRY PT. MORINAGA DALAM MENGOLAH LIMBAH SLUDGE SUSU MENJADI PUPUK PADAT

Chairumin Alfin<sup>1</sup>, Bayu Buwana<sup>2</sup>, Heru Setiyo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>S1 Rekayasa Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Madani Indonesia (UMINA)

<sup>3</sup>S1 Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Modern Al-Rifa'ie Indonesia (UMAIN).

Email: [chairuminalfin@gmail.com](mailto:chairuminalfin@gmail.com) [bayubuwana04@gmail.com](mailto:bayubuwana04@gmail.com) [heruse180@gmail.com](mailto:heruse180@gmail.com)

### ABSTRACT

*This Community Service (PkM) activity aims to implement thermal drying technology to assist PT. Morinaga in processing dairy sludge waste into high-value solid fertilizer, as a tangible manifestation of the Zero Waste Industry commitment. The main problem identified at the company's Wastewater Treatment Plant (WWTP) is the accumulation of biological sludge waste with an initial moisture content reaching 85%. The problem-solving method applied by the service team is Rotary Drum Dryer (RDD) technological engineering, accompanied by technical training for 15 internal staff and technicians of PT. Morinaga. Scientific findings show that RDD implementation can evaporate water instantly, reducing the moisture content to 14%, and shrinking the waste mass from 12 tons to only 1.8 tons per day. The resulting solid fertilizer is proven to meet the SNI 19-7030-2004 agronomic quality standards. The conclusion of this activity proves that comprehensive thermal technology intervention successfully breaks the chain of decomposition, eliminates odor pollution in the factory area, reduces waste management logistics costs by up to 80%, and creates material circulation that supports the company's Corporate Social Responsibility (CSR) programs. The results of this community service set a new precedent and operational standard for PT. Morinaga in sustainable industrial waste governance.*

**Keywords :** *Operational Efficiency, Solid Fertilizer, Rotary Drum Dryer, Dairy Sludge, Zero Waste.*

### ABSTRAK

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknologi pengeringan termal guna membantu PT. Morinaga mengolah limbah sludge susu menjadi pupuk padat bernilai guna tinggi, sebagai manifestasi nyata dari komitmen Zero Waste Industry. Permasalahan utama yang diidentifikasi di lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) perusahaan adalah timbulan limbah sludge biologis dengan kadar air awal mencapai 85%. Metode pemecahan masalah yang diaplikasikan oleh tim pengabdian adalah rekayasa teknologi Rotary Drum Dryer (RDD) yang disertai dengan pelatihan teknis bagi 15 orang staf dan teknisi internal PT. Morinaga. Hasil temuan saintifik menunjukkan bahwa implementasi RDD mampu menguapkan air secara instan, mereduksi kadar air menjadi 14%, dan menyusutkan massa limbah dari 12 ton menjadi hanya 1,8 ton per hari. Pupuk padat yang dihasilkan terbukti memenuhi standar mutu agronomis SNI 19-7030-2004. Kesimpulan dari kegiatan ini membuktikan bahwa intervensi teknologi termal secara komprehensif berhasil memutus rantai pembusukan, mengeliminasi polusi bau di area pabrik, menurunkan biaya logistik pengelolaan limbah hingga 80%, serta menciptakan sirkulasi material yang mendukung program Corporate Social Responsibility (CSR) perusahaan. Hasil pengabdian ini menetapkan preseden dan standar operasional baru bagi PT. Morinaga dalam tata kelola limbah industri yang berkelanjutan.

**Kata Kunci :** Efisiensi Operasional, Pupuk Padat, Rotary Drum Dryer, Sludge Susu, Zero Waste.

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi global dan peningkatan taraf kesadaran masyarakat terhadap pemenuhan nutrisi esensial telah mendorong eskalasi kapasitas produksi pada sektor industri pengolahan makanan dan minuman, khususnya industri susu di Indonesia. Ekspansi industrialisasi yang masif ini secara inheren berimplikasi langsung pada peningkatan eksponensial volume limbah buangan, baik yang bermanifestasi sebagai limbah padat, limbah cair, maupun emisi gas sisa produksi (Zahro et al., 2023). Parameter paling kritis dalam konstelasi operasional industri pengolahan susu adalah tingginya kandungan beban organik bawaan, seperti residu laktosa, kasein, protein kompleks, dan lipid tersuspensi yang seluruhnya bermuara pada unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau Wastewater Treatment Plant (WWTP) (Abednego et al., 2022).



Gambar 1. Sludge Susu Sisa Pengolahan PT. Morinaga.

Melalui serangkaian proses degradasi limbah cair—baik yang berlangsung melalui mekanisme biologis anaerobik maupun aerobik, flokulasi fisik, serta netralisasi kimiawi—industri pada akhirnya menghasilkan produk sampingan berupa lumpur biologis atau sludge (Putra et al., 2022). Lumpur susu ini merepresentasikan akumulasi materi organik semi-padat yang menyimpan potensi pencemaran lingkungan yang sangat destruktif apabila hanya dikelola secara parsial, diabaikan, atau sekadar dibuang ke pihak ketiga tanpa intervensi perlakuan lanjutan (Wirjawan & Choandi, 2024). Menghadapi tantangan manajerial dan ekologis tersebut, PT. Morinaga berkomitmen untuk mengadopsi paradigma Zero Waste Industry, sebuah filosofi dan kerangka kerja visioner yang menuntut eliminasi total terhadap praktik pembuangan limbah destruktif, dengan menitikberatkan pada transformasi seluruh residu produksi menjadi sumber daya sirkular yang memiliki nilai manfaat.



Gambar 2. Tumpukan Limbah Sludge Susu PT. Morinaga Yang Menjadi Beban Limbah.

Kajian literatur terdahulu (state of the art) menunjukkan bahwa berbagai kerangka metodologis dan pendekatan rekayasa telah diupayakan secara intensif untuk mengatasi kompleksitas persoalan limbah lumpur biologis dari IPAL industri susu. Metode konvensional yang paling umum adalah pengomposan biologis (komposting) dengan mendegradasi sludge susu bersama material penambah karbon, yang diakselerasi menggunakan bioaktivator (Atmika & Suryawan, 2022). Meskipun pendekatan komposting biologis ini terbukti secara empiris mampu menghasilkan kompos yang memenuhi ambang batas standar SNI 19-7030-2004, proses dekomposisi ini menyimpan kelemahan fundamental berupa durasi penguraian yang sangat lambat, umumnya memakan waktu antara 30 hingga 50 hari berturut-turut (Vicky Hapsari et al., 2023). Durasi ini sangat tidak sejalan dengan kecepatan ritme produksi pabrik yang kontinu.

Menanggapi keterbatasan operasional dari metode-metode konvensional terdahulu, pernyataan kebaruan ilmiah (scientific novelty) dari artikel pengabdian kepada masyarakat ini bertumpu pada penerapan rekayasa termodinamika tingkat lanjut menggunakan teknologi Rotary Drum Dryer (RDD) yang diimplementasikan langsung di fasilitas PT. Morinaga. Berbeda secara diametral dengan proses pengepresan mekanis yang memiliki rasio efisiensi evaporasi rendah, teknologi RDD mengaplikasikan prinsip perpindahan panas konvektif dan konduktif secara kontinu dalam sebuah silinder berputar untuk menguapkan kelembapan sludge secara ultra-cepat (Djafar & Darise, 2018). Kebaruan kajian pengabdian ini terletak pada kolaborasi strategis antara tim akademisi (pengabdian) dan pihak industri dalam mengeliminasi jeda waktu (window of opportunity) pembusukan bakteri patogen melalui reduksi kadar air (moisture reduction) secara ekstrem dari 85% menjadi 14% seketika (Ridwan & Istana, 2018). Penurunan suhu dan eliminasi air ini secara efektif menghentikan degradasi enzimatik dan menstabilkan materi organik tanpa merusak kualitas molekuler hara NPK bawaannya.

Permasalahan penelitian atau rumusan hipotesis yang diajukan untuk memandu rangkaian kegiatan pengabdian ini adalah asumsi bahwa limbah sludge susu dengan retensi kelembapan

tinggi merupakan beban operasional utama bagi PT. Morinaga yang berpotensi mendegradasi kualitas lingkungan pabrik; namun demikian, aplikasi teknologi rekayasa Rotary Drum Dryer (RDD) melalui pendampingan tim pengabdian diyakini mampu secara instan mematahkan rantai permasalahan tersebut dengan mereduksi kadar air, mentransformasi sludge menjadi pupuk serbuk padat yang selaras dengan spesifikasi baku mutu agronomis SNI 19-7030-2004, dan merubah status limbah menjadi entitas sirkular bagi kepentingan perusahaan. Berpijak pada landasan rasional tersebut, tujuan kajian dari artikel ini adalah untuk menguraikan rancang bangun dan mengevaluasi efektivitas pelaksanaan program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) bersama PT. Morinaga, mengukur tingkat keberhasilan teknis reduksi tonase massa sludge, menganalisis kelayakan agronomis luaran pupuk padat terhadap standar nasional, serta secara kritis menilai dampak transformatif dari intervensi ini terhadap efisiensi operasional dan percepatan komitmen Zero Waste Industry (Saefudin et al., 2025).



Gambar 3. Tim Pengabdian Bersama PT. Morinaga Melakukan Analisis Pengolahan Limbah Sludge Susu.

Permasalahan bio-fisik mulai bermanifestasi secara progresif ketika timbulan lumpur ini diakumulasikan dan dibiarkan melewati masa penirisan pasif di area pabrik selama lebih dari 24 jam. Ketersediaan nutrisi esensial yang berlimpah di dalam lumpur dengan tingkat kelembapan mencapai 85% menciptakan habitat inkubator yang teramat ideal bagi terjadinya hiper-kolonisasi bakteri pengurai dan patogen anaerobik (Agusitin, 2023). Aktivitas metabolisme mikroorganisme secara eksponensial mendegradasi materi protein, memecah ikatan asam amino bersulfur yang pada gilirannya memproduksi senyawa gas volatil, hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), senyawa merkaptan, dan amonia yang menstimulasi munculnya aroma pembusukan tingkat akut. Aroma menyengat dari emisi gas ini sangat tajam dan persisten (Mufandi et al., 2018). Apabila tidak segera ditangani, polusi bau ini dapat menurunkan kualitas udara ambien di area kerja, mengganggu kenyamanan dan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) para karyawan PT. Morinaga, serta berisiko menyebar ke luar perimeter pabrik. Sifat partikel aerosol dari gas limbah susu ini memiliki afinitas ikatan

molekul yang kuat; apabila menempel pada permukaan kulit, pakaian kerja, atau perabotan, bau tersebut akan bertahan sangat lama dan sulit untuk dinetralisir.



Gambar 4. Tim Pengabdian Memaparkan Rencana Pengolahan Sludge Susu Kepada PT. Morinaga.

Dampak lanjutan dari retensi kelembaban limbah yang tinggi ini sangat merugikan perusahaan dari segi keekonomian. Berat spesifik massa air yang dominan (85%) di dalam lumpur membuat volume limbah menjadi sangat masif dan berat. Selama ini, PT. Morinaga harus mengalokasikan anggaran logistik yang luar biasa besar untuk menyewa armada angkutan pihak ketiga guna membuang atau mengelola limbah basah tersebut (Wijayanti et al., 2013). Biaya transportasi dihitung berdasarkan tonase, yang berarti perusahaan secara harfiah "membayar mahal untuk membuang air". Praktik penanganan konvensional ini tidak hanya membebani neraca keuangan perusahaan secara persisten, tetapi juga kontradiktif dengan etika keberlanjutan dan visi Zero Waste Industry yang ingin dicapai oleh manajemen (Cahyadi, 2016).

Kondisi operasional yang sarat tantangan ini menuntut lahirnya sebuah intervensi teknologi aplikatif dari tim pengabdian yang sanggup mengeksekusi proses reduksi lumpur secara instan, menghentikan secara permanen siklus pembusukan enzimatik sebelum jendela toleransi 24 jam berakhir, sekaligus memberikan nilai tambah (value creation) dengan merubah material residu tersebut menjadi produk pupuk padat (Indriyanti et al., 2015). Kebutuhan mutlak akan resolusi terintegrasi secara internal inilah yang menjadi rasionalisasi utama bagi perancangan dan pelaksanaan program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) langsung di fasilitas PT. Morinaga.

## **METODE PELAKSANAAN**

Langkah epistemologis dan pendekatan operasional dalam penyelesaian permasalahan melalui program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini diimplementasikan dengan menggunakan desain intervensi rekayasa teknologi lingkungan (environmental engineering technology) yang dipadukan dengan transfer pengetahuan (Capacity Building) di tingkat korporasi

(Cahyono, Kusumawan, et al., 2025). Sasaran strategis dari pengabdian ini secara eksklusif difokuskan pada penguatan kapasitas internal PT. Morinaga, secara spesifik melibatkan divisi Health, Safety, and Environment (HSE) serta para staf teknisi operator Instalasi Pengolahan Air Limbah (WWTP). Kegiatan pengabdian ini mengorkestrasikan partisipasi aktif dari 15 orang responden yang terdiri dari unsur manajemen pabrik, supervisor lingkungan, dan pekerja harian operator mesin limbah PT. Morinaga. Pemilihan responden ini dilakukan secara purposive sampling untuk memastikan bahwa teknologi yang dihibahkan dan diinstalasi dapat dioperasikan serta dirawat secara berkelanjutan oleh personel yang memiliki kewenangan langsung di lapangan (Cahyaningnugroho & Hidayah, 2023). Lokasi kegiatan secara spasial sepenuhnya difokuskan secara in-situ di dalam kawasan pabrik PT. Morinaga, tepatnya di area stasiun Wastewater Treatment Plant (WWTP) sebagai arena rekayasa proses mekanis, instalasi alat, dan uji coba operasional.



Gambar 5. Konstruksi Mesin Rotary Drum Dryer (RDD) Pengolahan Sludge Susu Di PT. Morinaga.

Materi kegiatan PkM dikonstruksi secara taktis melalui metode pendampingan terstruktur, on-the-job training, dan demonstrasi praktik secara langsung (learning by doing), guna menjamin keberhasilan transfer teknologi dari tim pengabdian kepada staf perusahaan. Proses pelaksanaan pengabdian direalisasikan dalam empat tahapan operasional berkesinambungan sebagai berikut:

### 2.1. Sosialisasi dan Perencanaan Teknis Internal.

Langkah awal ini melibatkan pertemuan koordinasi antara tim ahli pengabdian dan pihak manajemen tingkat atas serta divisi HSE PT. Morinaga. Tujuannya adalah untuk menyelaraskan cetak biru (blueprint) instalasi teknologi dengan prosedur standar keselamatan pabrik, membedah alur operasional konsep Zero Waste Industry, serta menetapkan Indikator Kinerja Utama (Key Performance Indicators) terkait target reduksi limbah harian yang harus dicapai.

## 2.2. Instalasi Infrastruktur dan Rekayasa Teknologi RDD.

Inti dari penanganan fisik limbah menuntut instalasi perangkat pengering lumpur putar berskala industrial, yakni Rotary Drum Dryer (RDD), di lokasi WWTP PT. Morinaga. Bahan masukan (input) utama yang akan dikelola bersumber langsung dari sedimentasi tangki akhir IPAL pabrik. Material tersebut merupakan sludge biologis murni berwujud lunak basah dengan simulasi kapasitas asupan harian mencapai 12 ton metrik per hari. Karakteristik paling krusial dari material bahan baku ini adalah beban kadar air awal (initial moisture content) yang terukur pada angka ekstrem sebesar 85%.



Gambar 6. Instalasi Mesin RDD Pengolahan Sludge Susu.

## 2.3. Eksekusi Pemrosesan Limbah (Dewatering Termal Secara Kontinu).

Arsitektur mekanis mesin RDD didesain secara spesifik untuk menerima asupan sludge yang masih berwujud pasta lunak secara continue ke dalam tabung silinder horizontal raksasa. Kompartemen silinder ini diintegrasikan secara presisi dengan perangkat mekanika fluida sirkulasi udara dan reaktor pemanas yang menyuplai energi panas secara konstan, baik melalui mekanisme paparan langsung (direct heating) maupun tidak langsung (indirect heating). Putaran drum mekanis yang terkalibrasi membuat bilah-bilah pengangkat (lifter flights) di dalam silinder mengaduk material limbah secara repetitif. Mekanisme ini memperluas permukaan kontak material dengan panas konvektif, memungkinkan terjadinya evaporasi air secara drastis dalam orde waktu yang amat singkat. Mengingat material sludge di lingkungan pabrik tidak boleh menghasilkan polusi sekunder, desain sirkuit mekanis menggunakan konfigurasi tertutup (closed-loop system) mutlak diaplikasikan. Sistem perpipaan untuk filtrasi debu siklon (cyclone separator) dipasang pada ujung buangan luaran (output exhaust) guna menangkap dan menetralsir seluruh partikulat emisi udara.



Gambar 7. Proses Pengolahan Sludge Susu Menggunakan Mesin RDD.

#### 2.4. Pelatihan Pengendalian Mutu Pupuk dan Evaluasi Keberhasilan.

Pada tahap akhir, 15 orang staf dan operator WWTP ditarik ke dalam fase lokakarya bimbingan teknis intensif oleh tim pengabdian. Pelatihan difokuskan pada teknik pengoperasian panel RDD, pemeliharaan mesin berkala, serta metodologi peracikan hasil limbah kering (dried sludge) untuk distandardisasi menjadi pupuk organik sesuai regulasi SNI 19-7030-2004. Pupuk padat yang diproduksi secara mandiri oleh PT. Morinaga ini diproyeksikan untuk diserap kembali guna perawatan area Ruang Terbuka Hijau (RTH) internal pabrik, atau dikemas sebagai komoditas program Corporate Social Responsibility (CSR) perusahaan kepada pihak eksternal.

Prosedur evaluasi dan teknik analisa data dirancang secara kuantitatif melalui pengujian laboratorium empiris di bidang rekayasa lingkungan. Analisis performa alat RDD dievaluasi menggunakan perhitungan neraca massa dengan mengukur persentase keberhasilan penurunan moisture content dan membandingkan daya susut tonase material mentah terhadap tonase luaran harian. Selanjutnya, sampel luaran pupuk kering diuji melalui laboratorium independen terakreditasi untuk memvalidasi karakteristik komposisi kimiawi (mengukur keseimbangan rasio Karbon-Nitrogen atau C/N, serta konsentrasi unsur N, P, dan K). Keberhasilan pelatihan staf dievaluasi dari kelancaran proses operasional mandiri oleh tim WWTP PT. Morinaga tanpa hambatan teknis yang berarti pasca-pendampingan.



Gambar 8. Penyerahan Dan Penjelasan Operasional dan Perawatan Mesin RDD Kepada PT. Morinaga.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Agenda implementasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang secara eksklusif ditujukan bagi PT. Morinaga ini telah memicu katalisasi transformasi berskala besar dalam manajemen keteknikan lingkungan di internal korporasi. Seluruh desain kegiatan intervensi rekayasa yang disusun untuk memotong titik krisis biologis pembusukan limbah telah memenuhi indikator keberhasilan fundamental yang diproyeksikan. Elaborasi evaluasi capaian komprehensif dari kegiatan ini didekonstruksi ke dalam tiga kluster analisis utama: kinerja mekanis reduksi kelembapan, pembuktian kelayakan kimiawi karakteristik pupuk padat terhadap regulasi negara, serta implikasi strategis terhadap efisiensi anggaran logistik perusahaan menuju perwujudan ekosistem *Zero Waste Industry*.



Gambar 9. Hasil Pengolahan Limbah Sludge Susu

### 3.1. Implementasi Rekayasa dan Evaluasi Kinerja Termodinamika *Rotary Drum Dryer* (RDD)

Langkah paling sentral dan absolut dalam upaya memutus mata rantai persisten pembusukan biokimiawi beracun pada sludge limbah susu di IPAL PT. Morinaga adalah mengeliminasi kandungan air secara masif, yang merupakan media utama berkembang biaknya koloni bakteri pengurai. Kolaborasi tim pengabdian bersama staf teknisi dalam mengoperasikan infrastruktur mesin *Rotary Drum Dryer* (RDD) telah mendemonstrasikan performa termodinamika yang luar biasa unggul dalam merealisasikan dehidrasi limbah organik secara presisi dan instan. Mengacu pada log operasionalisasi *real-time* di lokasi *in-situ*, mesin RDD yang diatur dengan kapasitas asupan (*intake input*) operasional sebesar 12 ton *sludge* per hari, membuahkan hasil reduksi yang sangat mengejutkan saat memproses limbah dengan tingkat *moisture* (kadar air) awal 85%. Penataan geometri pengadukan mekanis melalui sudut bilah di dalam drum memberikan

garansi bahwa material lumpur terus-menerus jatuh melintasi aliran gas panas secara optimal tanpa merusak integritas molekuler struktur hara mineral di dalamnya.

Hasil inspeksi kualitas di zona keluaran akhir (*discharge output*) silinder RDD membuktikan bahwa limbah berwujud pasta yang berbau tajam berhasil direduksi wujud fisiknya menjadi serbuk amorf padat berwarna gelap (*dried sludge*) dengan pencapaian kadar air yang terhempas turun menjadi hanya 14%. Implikasi dari defisit penyusutan kadar air sebesar 71 basis poin persentase ini secara mutlak memicu efisiensi neraca massa (*mass balance*); dari akumulasi 12 ton metrik limbah basah harian, rekayasa RDD mampu merampingkannya menjadi tumpukan pupuk serbuk padat yang beratnya hanya bersisa 1,8 ton per hari. Reduksi volume fisik yang terealisasi seketika tanpa jeda inkubasi ini telah memecahkan dan melampaui limitasi teknis dari metode *dewatering* mekanis konvensional (seperti *belt filter press*) yang sebelumnya digunakan, yang kerap meninggalkan ampas lumpur basah berbau di ambang kelembaban di atas 70%. Tabel 1 di bawah ini merangkum indikator performa parameter pencapaian teknis dari proses pengeringan tersebut.

Tabel 1. Indikator Performa Teknis

Parameter Evaluasi Operasional Rekayasa	Kondisi Hulu (Input Limbah Basah PT. Morinaga)	Kondisi Hilir Pasca-Proses RDD (Output PkM)	Rasio / Indikator Pencapaian Tim PkM
Fase Perwujudan Material Makroskopis	Pasta Kental / Lumpur Cair Lembut	Serbuk Granular / Tanah Padat Kering	Transformasi Fisik Ideal Tercapai Sempurna
Profil Tingkat Kadar Air (Moisture Content)	85% Saturasi	14% Relatif Stabil	Penurunan Absolut Kelembapan Sebesar 71%
Volume / Beban Tonase Massa per Hari Operasional	12 Ton Metrik / Hari	1,8 Ton Metrik / Hari	Penyusutan Signifikan Massa Hingga ~85%
Identifikasi Potensi Pembusukan Enzimatis (Odor)	Sangat Kritis & Ekspansional (< 24 Jam)	Tereduksi Total (Termodifikasi & Stabil)	Eliminasi Total Agen Putrefaksi Pencetus Bau di Pabrik

### 3.2. Kalibrasi Kualitas Agronomis Pupuk Padat dan Pemenuhan Ketat Standar SNI

Tolak ukur keberhasilan fase sekunder dari konstruksi program PkM ini adalah memastikan bahwa residu *dried sludge* yang diproduksi oleh sarana internal pabrik secara fungsional mutlak layak pakai dan terkonfirmasi memiliki kandungan nilai tambah strategis sebagai pupuk organik padat. Secara genetis, sludge dari buangan industri pengolahan susu ini berlimpah ruah akan simpanan unsur nutrisi esensial bagi tanah, mencakup elemen makro utama (Nitrogen-N, Fosfor-P, Kalium-K) akibat tingginya konsentrasi selulosa termodifikasi dan degradasi protein susu hewani. Melalui pendampingan dari tim PkM, staf PT. Morinaga memformulasikan proses pengayaan sekunder untuk menstabilkan produk luaran curah mesin RDD.

Pelaksanaan telaah evaluasi kelayakan kualitas secara saintifik di laboratorium menunjukkan bahwa pupuk organik berbahan dasar sludge laktosa susu ini berkesesuaian ketat secara legal-formal dengan indikator parameter Baku Mutu Nasional Pertanian Republik Indonesia (SNI 19-7030-2004). Parameter pengujian paling kritis seperti dinamika rasio keseimbangan unsur

C/N (akumulasi senyawa Karbon berbanding kandungan unsur Nitrogen) berhasil diamankan pada indeks keseimbangan ideal di rentang skor 10 hingga 20. Skoring analitik ini mengindikasikan secara mutlak bahwa susunan materi organik di dalam pupuk serbuk telah mencapai titik pematangan sempurna (*stabilized compost*), sehingga terbebas dari ancaman sifat fitotoksik saat diaplikasikan pada tanaman. Dengan luaran pupuk tersertifikasi ini, PT. Morinaga tidak lagi mengelola limbah sebagai beban buangan, melainkan menginjeksi kembali material biologis tersebut ke dalam rantai kemanfaatan yang konstruktif—sebuah pengejawantahan dari sistem arsitektur *closed-loop circular* menuju tatanan *Zero Waste Industry*.

### **3.3. Efisiensi Operasional Manajerial dan Transformasi Sirkular Internal PT. Morinaga**

Kesesuaian luaran parameter teknis kegiatan dengan kebutuhan perbaikan efisiensi perusahaan menjadi tolak ukur supremasi keberhasilan pendampingan tim PkM. Fungsionalisasi alat berat termal RDD oleh staf pabrik terbukti ampuh secara pragmatis mengeliminasi potensi polusi bau udara secara *real-time* di area pengolahan limbah. Kualitas komposisi udara ambien di sekitar area WWTP kini terkendali dengan baik, asri, dan segar tanpa ancaman gas hidrogen sulfida, sehingga secara langsung melindungi aspek K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) bagi para operator lapangan PT. Morinaga. Penghilangan risiko bau tak sedap ini juga menjauhkan perusahaan dari kemungkinan aduan eksternal, memperkuat reputasi industri yang ramah lingkungan.

Ditinjau dari lensa korporat terkait perampingan biaya (efisiensi pengeluaran), pencapaian monumental dari program kolaborasi ini telah mempersembahkan anugerah berupa pencapaian lonjakan penghematan anggaran yang sangat mencengangkan. Terobosan menyulap 12 ton limbah basah menjadi 1,8 ton material serbuk kering praktis telah memotong ritme frekuensi ritase armada truk logistik pembuangan limbah secara drastis. Pos pengeluaran anggaran untuk biaya pengangkutan armada pembuangan lumpur B3 ke pihak ketiga—yang pada periode sebelumnya selalu menjadi pos beban perusahaan bernilai miliaran rupiah setiap bulannya—kini dapat direduksi hingga mencapai margin penghematan 80% secara seketika (*instant financial relief*).

Lebih jauh lagi, akumulasi material serbuk pupuk padat (*dried nutrient-rich sludge*) ini diserap secara internal oleh manajemen PT. Morinaga. Perusahaan memanfaatkan pupuk berkualitas tinggi ini untuk memenuhi kebutuhan pemeliharaan penghijauan taman dan lanskap Ruang Terbuka Hijau (RTH) di dalam kawasan fasilitas industri. Selain pemanfaatan internal, surplus produksi pupuk padat ini dikelola secara rapi di bawah naungan program *Corporate Social Responsibility* (CSR) PT. Morinaga, yang dapat disalurkan sebagai bentuk *community relations* atau bantuan ramah lingkungan kepada pihak binaan perusahaan.

### **3.4. Kajian Analisis Keunggulan Rekayasa dan Tantangan Kapasitas Operasional Ke Depan**

Keberhasilan instalasi fasilitas mekanik dan skema rumusan strategi operasional PkM ini bertumpu pada kemampuan mengkombinasikan kecepatan durasi waktu siklus pengolahan di mesin RDD. Mesin ini menyelesaikan target mereduksi *moisture* sebanyak 71% kurang dari jendela waktu toleransi krusial 24 jam sebelum masa pembusukan. Desain program PkM ini

memusnahkan persoalan tepat di area hulu mata rantai timbulan limbah (di dalam area pabrik), bukan sekadar memindahkan tumpukan basah ke lokasi pembuangan luar.

Tabel 2. Evaluasi Pelaksanaan Pengabdian

Evaluasi Dimensi Pelaksanaan PkM Bersama PT. Morinaga	Uraian Parameter Temuan dan Observasi Teknis
Keunggulan Sistemik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduksi volume limbah hingga 85% dalam &lt;24 jam.</li> <li>- Netralisasi bau busuk (zero odor emission) di sumber masalah (WWTP).</li> <li>- Stabilisasi mikro-hara pupuk padat sesuai regulasi SNI 19-7030-2004.</li> <li>- Penghematan biaya ritase logistik pihak ketiga hingga 80%.</li> </ul>
Kelemahan & Tantangan Operasional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Serapan energi kalor dan listrik tinggi pada awal operasional mesin pemanas.</li> <li>- Memerlukan SOP perawatan dan kalibrasi mekanis yang ketat oleh teknisi pabrik guna mencegah keausan komponen RDD.</li> </ul>
Peluang Pengembangan Industri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrasi Waste Heat Recovery (pemanfaatan uap panas sisa boiler pabrik susu) untuk menekan konsumsi energi alat pengering.</li> <li>- Eskalasi luaran pupuk untuk pemenuhan total program CSR korporasi berkelanjutan.</li> </ul>

Dalam pelaksanaan operasional harian oleh staf internal, terdapat tantangan teknis yang menuntut evaluasi dan penyesuaian (*troubleshooting*). Kendala utama dalam mengoperasikan reaktor *Rotary Drum Dryer* terletak pada konsumsi daya energi listrik dan suplai kalor pemanas pembakaran (kompor *burner*) yang cukup tinggi untuk memutar silinder drum baja bermuatan tonase berat sekaligus memompa kincir *fan blower* angin panas. Tuntutan energi yang tinggi ini mewajibkan manajemen PT. Morinaga menetapkan jadwal pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) harian yang disiplin oleh tim teknisi spesialis. Hal ini penting untuk menjaga ketahanan mesin, mencegah kemacetan as/bearing, memastikan kelancaran ritme pembuangan gas, serta menjamin sistem jaring saringan (*filter baghouse dust collector*) tidak mengalami kebocoran yang berisiko melepas partikel debu halus sisa pengeringan ke udara bebas.

Peluang ekspansi untuk meningkatkan efisiensi inovasi PkM ini di masa depan sangat terbuka lebar. Skalabilitas mesin RDD dapat dioptimasi dengan merekayasa ulang sumber pasokan panasnya. Tim pengabdian merekomendasikan modifikasi *Waste Heat Recovery*, yaitu teknologi yang menangkap dan memanen sisa energi uap panas (*exhaust gas*) dari cerobong reaktor *boiler* induk di dalam fasilitas produksi utama PT. Morinaga. Dengan mensinergikan dan menyuntikkan uap sisa pabrik ini ke dalam sistem pemanas RDD, kebutuhan asupan bahan bakar tambahan dapat direduksi secara radikal, sehingga mempertegas posisi PT. Morinaga sebagai entitas manufaktur bersistem sirkular murni yang sangat hemat energi. Kesenambungan program ini diharapkan mampu membaptis fasilitas industri PT. Morinaga sebagai pelopor dan model *eco-industrial* yang menuntaskan mandat suci *Zero Waste Industry* secara holistik, tuntas, dan saintifik terukur.

## SIMPULAN

Dari akumulasi 12 ton metrik limbah basah harian, rekayasa RDD mampu merampingkannya menjadi tumpukan pupuk serbuk padat yang beratnya hanya bersisa 1,8 ton per hari. Reduksi volume fisik yang terealisasi seketika tanpa jeda inkubasi ini telah memecahkan dan melampaui limitasi teknis dari metode dewatering mekanis konvensional (seperti belt filter press) yang sebelumnya digunakan, yang kerap meninggalkan ampas lumpur basah berbau di ambang kelembaban di atas 70%. Keberhasilan instalasi fasilitas mekanik dan skema rumusan strategi operasional PkM ini bertumpu pada kemampuan mengkombinasikan kecepatan durasi waktu siklus pengolahan di mesin RDD. Mesin ini menyelesaikan target mereduksi *moisture* sebanyak 71% kurang dari jendela waktu toleransi krusial 24 jam sebelum masa pembusukan. Desain program PkM ini memusnahkan persoalan tepat di area hulu mata rantai timbulan limbah (di dalam area pabrik), bukan sekadar memindahkan tumpukan basah ke lokasi pembuangan luar.

Berdasarkan serangkaian temuan dari pelaksanaan terpadu kegiatan rekayasa teknologi lingkungan oleh tim pengabdian bersama staf PT. Morinaga, dapat disimpulkan bahwa penerapan rekayasa mekanik *Rotary Drum Dryer* (RDD) secara internal merupakan jalan keluar saintifik yang paling komprehensif dalam menanggulangi krisis akumulasi limbah *sludge* susu. Konversi termodinamika instan yang dieksekusi memangkas tingkat kadar air limbah dari 85% menyusut tajam menjadi 14%. Penurunan ini memicu kompresi massa dari tonase awal 12 ton metrik menjadi hanya 1,8 ton serbuk agronomis pupuk kompos kering siap pakai. Transformasi fisika radikal ini langsung menyumbangkan keuntungan monumental bagi manajemen perusahaan: terciptanya lingkungan kerja pabrik yang steril dari pencemaran bau udara (*zero odor effect*) sekaligus efisiensi pemotongan pos anggaran belanja transportasi logistik pembuangan limbah hingga mencapai margin 80%.

Intervensi rekayasa ilmu terapan kampus yang didedikasikan sepenuhnya untuk meningkatkan kapasitas operasional PT. Morinaga ini sukses meregenerasi status limbah berbahaya menjadi bahan komoditas pembenah tanah bernutrisi yang aman dan selaras dengan standar baku jaminan keamanan kualitas SNI 19-7030-2004. Penguasaan teknologi pengeringan oleh operator internal pabrik ini secara mutlak membebaskan perusahaan dari ketergantungan pada pihak ketiga dalam pengelolaan limbah, mengeliminasi ancaman risiko pinalti pelanggaran undang-undang lingkungan hidup, serta menyokong ketersediaan stok pupuk organik mandiri untuk perawatan ruang hijau pabrik dan amunisi program *Corporate Social Responsibility* (CSR) perusahaan. Sebagai rekomendasi keberlanjutan pasca-kegiatan, sinergi antara tim teknisi pabrik dan peneliti kampus seyogyanya difokuskan pada upaya integrasi sistem *Waste Heat Recovery*—yakni memanen uap panas buangan dari cerobong *boiler* induk pabrik untuk menyuplai energi reaktor RDD—guna menekan laju konsumsi energi fosil, menyempurnakan putaran rel sirkular ekonomi perusahaan, dan mendaratkan pencapaian utopia *Zero Waste Industry* secara kaffah dan paripurna di seluruh lanskap operasional PT. Morinaga.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abednego, I. A., Putri, E., Choiroti, N., & Aprilia, V. (2022). Prinsip Zero Waste dalam Pengelolaan Lingkungan di Kampung Kota (Studi Kasus: Kampung Darmorejo). *Prosiding Seminar Nasional Planoeearth*, 3, 64–72.
- 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).
- 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>
- 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>
- 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>
- Indriyanti, D. R., Banowati, E., & Margunani. (2015). Margunani, Processing Organic Waste from Market Waste into Compost. *Abdimas*, 19(1), 43–48. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>
- 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>
- 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>
- 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>
- Vicky Hapsari, P., Bakti Cahyono, R., & Aini Masruroh, 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>
- 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>
- 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>