

Pengembangan Pendekatan Audit Teknologi untuk Optimalisasi Pengelolaan IPLT dengan Teknologi Pengolahan Semi-mekanis (Studi Kasus: IPLT Kalimulya Depok)

Anggita Laksmi Prameswari¹, Dyah Wulandari Putri²

¹Magister Pengelolaan Infrastruktur Air Bersih dan Sanitasi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

²Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

*Koresponden email: anggitalaksmi8@gmail.com

Diterima: 11 Agustus 2024

Disetujui: 20 Agustus 2024

Abstract

The 2030 Sustainable Development Goals (SDGs), based on human rights and equality, urge developing countries, including Indonesia, to accelerate development efforts, particularly in the area of sanitation. In line with the SDGs, Indonesia has set a national medium-term development plan (RPJMN) for 2020-2024 that aims to achieve 90% access to adequate sanitation, with 15% designated as safe sanitation and 0% open defecation. The safe sanitation targets are driving the development of septage treatment plants (IPLT) in various cities and districts in Indonesia. Indonesian IPLTs are transitioning from traditional to semi-mechanical or fully mechanical systems. The Kalimulya IPLT uses a semi-mechanical approach, combining conventional wastewater treatment with mechanical sludge treatment. This study evaluates the IPLT Kalimulya using a technology audit approach based on the UNESCAP (1989) methodology to identify factors affecting the optimisation of IPLT management. The assessment of technoware, humanware, infoware and orgaware revealed an overall Technology Capability Classification (TCC) score of 0.55 for IPLT Kalimulya, indicating a 'good' category with semi-modern technology. The infoware component achieved the highest score, reflecting strong performance, while the humanware and technoware components were rated at a standard level.

Keywords: *technoware, humanware, infoware, orgaware, STP, audit technology*

Abstrak

Target SDGs di tahun 2030 yang merupakan kesepakatan pembangunan berkelanjutan dengan berdasarkan hak asasi manusia dan kesetaraan, memicu negara berkembang, termasuk Indonesia untuk melakukan percepatan pembangunan, termasuk di bidang sanitasi. Selaras dengan target SDGs, Indonesia memiliki target RPJMN 2020-2024 berupa target 90% akses sanitasi layak dengan diantaranya 15% sanitasi aman dan 0% BABS. Target sanitasi aman mendorong pengembangan Instalasi Pengelolaan Lumpur Tinja di berbagai Kota/ Kabupaten di Indonesia. IPLT di Indonesia secara umum melakukan peralihan dari konvensional menjadi semi-mekanis atau mekanis total. IPLT Kalimulya menjadi salah satu IPLT yang mengadopsi pengolahan dengan sistem semi-mekanis dimana pengolahan air limbah menggunakan sistem konvensional dan pengolahan lumpur menggunakan sistem mekanis. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian terhadap IPLT Kalimulya dengan pengembangan pendekatan audit teknologi berdasarkan metode yang disusun oleh UNESCAP (1989) untuk menentukan faktor yang berpengaruh dalam optimalisasi manajemen pengelolaan IPLT. Hasil penelitian yang ditinjau dari variabel *technoware, humanware, infoware*, dan *orgaware* memperoleh nilai TCC keseluruhan sebesar 0,55 yang termasuk ke dalam kategori baik dengan teknologi semi-modern. Adapun nilai variabel yang paling tinggi diperoleh pada variabel *infoware* yang sudah baik, sedangkan nilai paling rendah berada pada variabel *humanware* dan *technoware* yang masih masuk ke dalam kategori standar.

Kata kunci: *technoware, humanware, infoware, orgaware, IPLT, audit teknologi*

1. Pendahuluan

Saat ini Indonesia berusaha untuk mencapai target Sustainable Development Goals (SDGs) di tahun 2030 yang merupakan kesepakatan pembangunan berkelanjutan dengan berdasarkan hak asasi manusia dan kesetaraan. Selaras dengan tujuan SDGs, Indonesia memiliki RPJMN 2020-2024 berupa target 90% akses sanitasi layak dengan diantaranya 15% sanitasi aman dan 0% BABS [1]. Berdasarkan data dari BPS, pada tahun 2020 persentase rumah tangga di Indonesia yang memiliki akses terhadap sanitasi layak mencapai 79,52%.

Akses sanitasi layak di Jawa Barat berada pada angka 71% yang berarti masih di bawah target nasional [2]. Salah satu permasalahan krusial yang dihadapi adalah kurangnya sarana sanitasi domestik di banyak rumah tangga, mengakibatkan belum tercapainya target pelayanan sanitasi 100%. Hal ini tercermin dari rendahnya cakupan pengolahan air limbah domestik di wilayah perumahan dan permukiman seperti di Kota Depok. Meskipun telah memperoleh penghargaan Open Defecation Free (ODF) di tahun 2023, Kota Depok masih tetap perlu meningkatkan kinerjanya mengingat masih terdapat beberapa desa yang belum memiliki tangki septik [3].

Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 04 Tahun 2017 tentang Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang berasal dari sub-sistem pengolahan setempat [4]. Secara umum, pengolahan air limbah dengan sistem konvensional membutuhkan lahan yang luas untuk kapasitas pengolahan yang besar. Oleh karena itu, secara umum IPLT di Indonesia kini beralih ke sistem pengolahan semi-mekanis atau mekanis total. Di Jawa Barat, IPLT Kalimulya di Depok menjadi salah satu IPLT yang telah mengadopsi teknologi semi-mekanis. IPLT Kalimulya Depok menerapkan teknologi mekanis dalam mengolah padatan dan menerapkan teknologi konvensional dalam mengolah cairan. IPLT ini memiliki kapasitas desain 280 m³ per hari dengan debit lumpur tinja yang masuk masih di bawah kapasitas desain, yakni hanya sekitar 60 m³ per hari.

Hasil penelitian sebelumnya pada 11 sampel IPLT menunjukkan sejumlah permasalahan teknis yang umum terjadi, seperti debit lumpur yang masuk lebih rendah dari kapasitas desain, kerusakan fisik pada unit pengolahan yang menyebabkan tidak beroperasinya, kurangnya pompa penguras lumpur, serta kurangnya pengoperasian dan pemeliharaan unit pengolahan IPLT [5]. Kurangnya jumlah lumpur tinja yang masuk ke IPLT dapat disebabkan oleh minimnya pengetahuan masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan air limbah. Rendahnya pengetahuan masyarakat juga dapat mengakibatkan partisipasi yang rendah dalam membayar retribusi air limbah, yang pada akhirnya dapat membuat biaya operasional IPLT tidak sebanding dengan pendapatan yang dihasilkan.

Adapun kondisi pengelolaan limbah domestik di Kota Depok secara regulasi telah didukung dengan peraturan yang ada, namun sebelum tahun 2012, IPLT tidak diwajibkan bagi permukiman sehingga limbah non-kakus di sebagian permukiman tidak terolah dan pelayanan IPLT baru mencakup beberapa lokasi saja [6]. Selain itu, Sungai Pasanggrahan yang melalui Kota Depok telah melebihi daya tampung beban pencemaran sungai berdasarkan hasil klasifikasi kelas II [7] yang diakibatkan oleh pembuangan limbah domestik [8].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan asesmen terhadap IPLT dengan pengembangan pendekatan audit teknologi berdasarkan metodologi yang disusun oleh UNESCAP (1989) [9] untuk menentukan faktor yang berpengaruh dalam optimalisasi manajemen pengelolaan IPLT dengan mengacu kepada indikator penilaian pada penelitian sebelumnya [10] dan petunjuk teknis yang berlaku [11]. Melalui hasil asesmen ini maka dapat disusun strategi yang cocok untuk meningkatkan kinerja IPLT terbangun di wilayah studi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Model Teknometri dan *Pairwise Comparisson* dalam menilai tingkat teknologi. Model teknometrik oleh UNESCAP [9] digunakan untuk mengukur kontribusi komponen teknologi, yaitu *Technoware*, *Humanware*, *Inforware*, dan *Orgaware* (THIO). *Technoware* merujuk pada objek atau fasilitas. *Humanware* merujuk pada kemampuan individu di perusahaan dan kemampuan mereka untuk bertindak secara produktif. *Inforware* merujuk pada pengetahuan yang tertulis dalam dokumen dan proses, yang dapat diakses dengan mudah oleh organisasi. *Orgaware* merujuk pada deskripsi kemampuan untuk mengorganisir yang diperoleh dari struktur dan proses yang menentukan cara operasinya [9]. Berikut merupakan langkah dari metode penelitian yang dilakukan:

1. Analisis Pembobotan Komponen dengan *Pairwise Comparison*

Metode *pairwise comparison* digunakan sebagai alat untuk menetapkan bobot komponen audit teknologi [12]. Penetapan bobot komponen teknologi ini bertujuan untuk mengidentifikasi prioritas komponen yang paling berpengaruh terhadap kinerja IPLT. Prioritas komponen tersebut kemudian dijadikan dasar dalam penyusunan strategi optimalisasi, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan IPLT secara keseluruhan.

Tabel 1 menunjukkan kelompok responden untuk pembobotan audit teknologi ini beragam mulai dari pemerintah, akademisi, sampai profesional atau tenaga ahli. Berdasarkan Roscoe dalam Hill [13] dijelaskan bahwa dalam penelitian eksperimental sederhana dengan kontrol yang ketat, jumlah responden yang ideal berkisar antara 10 hingga 20 orang. Komposisi responden yang konsisten sebanyak 13 orang

dianggap valid dan representatif untuk penelitian yang menggunakan metode *pairwise comparison* ini. Selain itu, kualitas input data pada *pairwise comparison* ditentukan berdasarkan tingkat konsistensi, nilai rasio konsistensi (CR) harus berada di bawah 0,1 sehingga dapat dinyatakan valid [14].

Tabel 1. Kelompok responden

Kelompok Responden	Keterangan
Pemerintah Pusat	Pejabat/peneliti/staf di lingkungan Kementerian PUPR
Pemerintah Daerah	Pejabat/peneliti/staf di lingkungan BPPW atau DPUPR
Petugas IPLT	Pejabat/staf di lingkungan IPLT
Akademisi	Institut Teknologi Bandung
Profesional	Konsultan dan kontraktor air limbah

Empat komponen teknologi diatur secara hierarki berdasarkan tingkat kepentingannya yang meningkat. Dalam penelitian ini untuk menentukan intensitas kontribusi komponen diestimasi akan menggunakan pendekatan matriks dengan skala yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Skala matriks perbandingan berpasangan

Intensitas Kepentingannya	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen menyumbang sama besar pada sifat elemennya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas yang lainnya
5	Elemen yang satu esensial atau sangat penting dari elemen yang lainnya	Pengalaman dan pertimbangan dengan kuat menyokong satu elemen atas elemen lain
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya	Satu elemen dengan kuat disokong dan dominannya telah terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak lebih penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang menyokong elemen yang satu atas yang lain memiliki tingkat penegas tertinggi yang mungkin menguatkan

2. Penilaian tingkat sofistikasi teknologi masing-masing komponen

Penilaian tingkat sofistikasi dilakukan dengan melakukan wawancara terkait operasional pengolahan IPLT. Hasil wawancara ini kemudian akan divalidasi dengan melakukan konfirmasi kepada stakeholder instansi terkait penilaian masing-masing variabel. Melalui tahap ini maka dapat diperoleh nilai batas bawah dan batas atas tingkat sofistikasi bagi masing-masing variabel dengan klasifikasi skor dapat ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Komponen penilaian tingkat sofistikasi teknologi IPLT

Technoware	Humanware	Infoware	Orgaware	Skor		
Fasilitas manual	Kemampuan melakukan operasi	Informasi pengenalan	Kerangka kerja perjuangan	1	2	3
Fasilitas bersumber daya	Kemampuan melakukan <i>set up</i>	Informasi penggambaran	Kerangka kerja penggabungan	2	3	4
Fasilitas fungsi umum	Kemampuan memperbaiki	Informasi pemilihan	Kerangka kerja penjelajahan	3	4	5
Fasilitas fungsi khusus	Kemampuan mereproduksi	Informasi penggunaan	Kerangka kerja perlindungan	4	5	6
Fasilitas otomatis	Kemampuan melakukan adaptasi	Informasi pemahaman	Kerangka kerja pemantapan	5	6	7
Fasilitas berbasis komputer	Kemampuan melakukan improvisasi	Informasi perbaikan	Kerangka kerja pencarian peluang	6	7	8
Fasilitas terpadu	Kemampuan melakukan inovasi	Informasi penilaian	Kerangka kerja kepemimpinan	7	8	9

Sumber: Dermawan, A., dkk. (2023) [15]

3. *Penilaian kondisi terkini teknologi (state of art) masing-masing komponen*

Indikator yang digunakan dalam penilaian kondisi terkini untuk variable *technoware* terdiri dari kualitas efluen, desain unit bangunan, fungsi instalasi [16], tingkat pemanfaatan IPLT, dan pengolahan lumpur hasil olahan. Pada variabel *humanware* terdapat indikator jumlah SDM dan kompetensi SDM [16]. Pada variable *infoware* terdiri dari kelengkapan dan kemudahan akses dokumen dan SOP [16]. Sedangkan pada variable *orgaware* terdiri dari indikator dasar hukum, kerjasama, keuangan [16], tingkat penyelesaian pengaduan, dan ketepatan jadwal pelayanan penyedotan lumpur tinja [11]. Dari hasil wawancara maka akan diperoleh hasil penilaian masing-masing IPLT yang akan diolah dengan persamaan sebagai berikut.

Technoware

$$ST_i = \frac{1}{10} \left[\frac{\sum_k t_{ik}}{k_t} \right] \quad k = 1,2, \dots, k_t \dots \quad \text{I-1}$$

Keterangan:

ST_i : rating kecanggihan

T_{ik} : skor *technoware* pada item ke-k

K_t : jumlah total kriteria *technoware*

Humanware

$$SH_i = \frac{1}{10} \left[\frac{\sum_k h_{ik}}{k_t} \right] \quad k = 1,2, \dots, k_t \dots \quad \text{I-2}$$

Keterangan:

SH_i : rating kecanggihan

H_{ik} : skor *humanware* pada item ke-k

K_t : jumlah total kriteria *humanware*

Infoware

$$SI = \frac{1}{10} \left[\frac{\sum_n f_m}{m_f} \right] \quad m = 1,2, \dots, m_f \dots \quad \text{I-3}$$

Keterangan:

SI : rating kecanggihan

F_m : skor *infoware* pada item ke-k

M_f : jumlah total kriteria *infoware*

Orgaware

$$SO = \frac{1}{10} \left[\frac{\sum_n O_n}{n_o} \right] \quad n = 1,2, \dots, n_o \dots \quad \text{I-4}$$

Keterangan:

SO : rating kecanggihan

O_n : skor *orgaware* pada item ke-k

N_o : jumlah total kriteria *orgaware*

4. *Menghitung kontribusi kriteria spesifik*

Kontribusi kriteria spesifik teknologi ditentukan dengan menggunakan nilai-nilai yang telah diperoleh dari batasan sofistikasi teknologi dan rating kecanggihan dengan rumus sebagai berikut.

$$T = \frac{1}{9} [LT_i + ST_i (UT_i - LT_i)] \quad \text{I-5}$$

$$H = \frac{1}{9} [LH_j + SH_j (UH_j - LH_j)]$$

Error! No text of specified style in document.-6

$$I = \frac{1}{9} [LI + SI (UI - LI)] \quad \text{I-7}$$

$$O = \frac{1}{9}[LO + SO(UO - LO)] \quad \text{I-8}$$

Keterangan:

U(T/H/I/O)_i : batas atas sofistikasi komponen T/H/I/O

L(T/H/I/O)_i : batas bawah sofistikasi komponen T/H/I/O

S(T/H/I/O)_i : rating kecanggihan komponen T/H/I/O

T/H/I/O_i : kontribusi komponen T/H/I/O

5. Menentukan intensitas kontribusi teknologi

Perhitungan TCC (*Technology Contribution Coefficient*) dilakukan untuk mengetahui koefisien kontribusi teknologi pada IPLT. Rumus TCC yaitu sebagai berikut.

$$TCC = T^{\beta T} \times H^{\beta H} \times I^{\beta I} \times O^{\beta O} \quad \text{I-9}$$

Keterangan:

TCC : kontribusi teknologi

T : komponen *technoware*

H : komponen *humanware*

I : komponen *infoware*

O : komponen *orgaware*

β : koefisien kontribusi

Klasifikasi dari nilai TCC dapat tunjukkan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**. **Tabel 4** menunjukkan nilai kualitatif internal berdasarkan nilai TCC yang diperoleh untuk menentukan kategori teknologi yang saat ini dimiliki. Sedangkan **Tabel 5** menunjukkan tingkat teknologi berdasarkan nilai TCC [17].

Tabel 4. Interval nilai kualitatif TCC

Nilai TCC	Klasifikasi
$0 < TCC < 0,1$	Sangat rendah
$0,1 < TCC \leq 0,3$	Rendah
$0,3 < TCC \leq 0,5$	Standar
$0,5 < TCC \leq 0,7$	Baik
$0,7 < TCC \leq 0,9$	Sangat baik
$0,9 < TCC \leq 1,0$	Sangat canggih

Tabel 5. Tingkat teknologi

Nilai TCC	Klasifikasi
$0 < TCC \leq 0,3$	Konvensional
$0,3 < TCC \leq 0,7$	Semi modern
$0,7 < TCC \leq 1$	Modern

Melalui hasil penilaian TCC maka akan dilakukan analisis strategi untuk optimasi kinerja IPLT di lokasi studi. Hasil analisis strategi ini kemudian akan dipertimbangkan kembali dengan mengacu kepada hasil analisis kualitatif berdasarkan informasi yang diperoleh melalui wawancara dengan stakeholder IPLT.

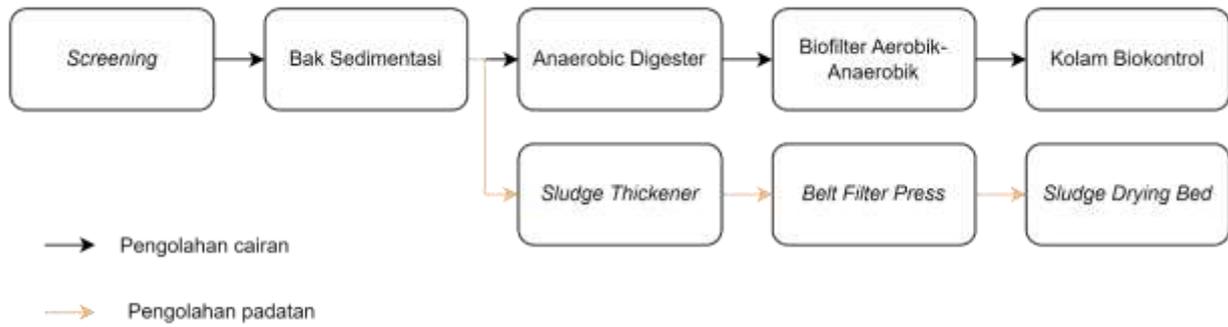
3. Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum

IPLT Kalimulya berlokasi di Kecamatan Cilodong, Kota Depok, Provinsi Jawa Barat. Lokasi IPLT ini berdekatan dengan kawasan permukiman. Berdasarkan Peraturan Walikota (Perwal) Kota Depok nomor 91 tahun 2016, IPLT dikelola oleh UPT yang berada di bawah naungan Disperkim Kota Depok. Daerah pelayanan IPLT Kalimulya meliputi seluruh Kota Depok dengan 6 kecamatan dan 62 kelurahan.

Dalam operasionalnya, pelayanan penyedotan lumpur tinja di Kota Depok menggunakan 2 moda transport yakni truk tinja milik pemerintah dan milik swasta. Jumlah truk tinja milik pemerintah saat ini berjumlah 14 truk milik pemerintah dengan 1 truk tidak beroperasi karena sudah cukup tua. Truk tinja milik dioperasikan oleh 3 petugas setiap harinya dengan satu orang sebagai supir, satu orang sebagai kernet dan pengatur lalu lintas, dan satu orang sebagai operator penyedotan lumpur tinja. Pengolahan di IPLT

Kalimulya terdiri dari dua sistem yaitu unit lama dan unit baru. Namun karena ada kerusakan pada unit lama, maka saat ini pengolahan hanya dilakukan pada sistem baru dengan konfigurasi unit sebagai berikut.



Gambar 1. Konfigurasi unit IPLT Kalimulya Kota Depok
Sumber: Dokumen DED IPLT Kalimulya Depok

Analisis Pembobotan Komponen Teknologi IPLT dengan Metode Pairwise comparison

Dari hasil penilaian responden, dapat diketahui bahwa variabel yang menjadi prioritas atau memiliki bobot terbesar adalah variabel *technoware* sebesar 37,90%, disusul berturut-turut dengan variabel *humanware* (32,70%), *infoware* (19,40%), dan *orgaware* (10,10%). Berdasarkan **Tabel 6** diperoleh rasio konsistensi sebesar 0,02 yang menunjukkan bahwa $CR < 0,1$, sehingga matriks dinyatakan konsisten.

Tabel 6. Hasil analisis pembobotan variabel audit teknologi IPLT

Kategori	Prioritas	Rank
<i>Technoware</i>	37,90%	1
<i>Humanware</i>	32,70%	2
<i>Infoware</i>	19,40%	3
<i>Orgaware</i>	10,10%	4

Analisis Tingkat Sofistikasi Teknologi

Hasil penilaian analisis tingkat sofistikasi teknologi untuk IPLT Kalimulya ditunjukkan di **Tabel 7**. Analisis ini menunjukkan bahwa IPLT Kalimulya memiliki variasi tingkat sofistikasi yang cukup luas dalam komponen *technoware*. *Belt filter press* menonjol sebagai teknologi paling sofistikasi, sementara beberapa komponen lain seperti bak pengumpul dan *sludge drying bed* masih berada pada tingkat sofistikasi yang lebih rendah.

Komponen *humanware* menunjukkan potensi pengembangan yang signifikan, mengingat rentangnya yang masih terbatas. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan Kepala UPTD IPLT, pelatihan atau diklat untuk pegawai di IPLT Kalimulya belum pernah dilakukan. Keterbatasan kesempatan bagi pegawai untuk menerima pelatihan atau diklat yang sesuai dengan bidangnya disebabkan oleh pertimbangan kebutuhan biaya yang harus dikeluarkan oleh Dinas PUPR Kota Depok untuk 60 pegawai.

Sementara itu, *infoware* menunjukkan tingkat sofistikasi yang tinggi, mengindikasikan pengelolaan informasi yang baik di IPLT ini dimana informasi terkait pengoperasian dan perbaikan IPLT telah tersedia secara lengkap dan mudah diakses. *Orgaware* juga menunjukkan potensi yang baik dengan rentang yang cukup luas, menandakan adanya fleksibilitas dan adanya komitmen untuk meningkatkan profesionalisme dan otonomi dalam pengelolaan IPLT dalam struktur organisasi. Hal ini ditunjukkan melalui target transisi bentuk organisasi dari UPTD menjadi Badan Layanan Umum Daerah (BLUD).

Tabel 7. Analisis tingkat sofistikasi IPLT Kalimulya Kota Depok

No	Komponen Teknologi	Batas Atas	Batas Bawah	Penjelasan
1	<i>Technoware</i>			
a	Bak pengumpul	1	5	Bak ini dioperasikan secara manual dan membutuhkan sumber daya
b	Anaerobic digester	3	6	Teknologi ini efisien dalam pengolahan limbah

No	Komponen Teknologi	Batas Atas	Batas Bawah	Penjelasan
c	Bak pemekat lumpur	2	6	Hasil olahan diangkut secara manual namun memiliki efisiensi pengolahan yang tinggi
d	<i>Belt filter press</i>	5	7	Menunjukkan kecanggihan dengan otomatisasi yang meningkatkan efisiensi operasional
e	<i>Sludge drying bed</i>	1	5	Menggunakan proses pengeringan alami namun tetap memerlukan pengawasan manual
f	Biofilter aerob-anaerob	2	6	Memerlukan sumber daya yang memadai, tetapi unit ini memiliki kemampuan untuk mengoptimalkan proses pengolahan
2	<i>Humanware</i>	1	5	Personel dapat mengoperasikan dan memperbaiki peralatan, namun belum mencapai tingkat inovasi baru dalam pengolahan lumpur tinja.
3	<i>Infoware</i>	4	8	Aspek <i>infoware</i> IPLT menunjukkan sofistikasi dalam penggunaan dan perbaikan sistem
4	<i>Orgaware</i>	2	7	Terdapat inisiatif untuk meningkatkan integrasi dan efisiensi operasional, serta komitmen untuk meningkatkan profesionalisme dalam pengelolaan IPLT

Analisis dan Penilaian Kondisi Terkini (State of Art) IPLT

Hasil analisis dan penilaian kondisi terkini atau state of art pada IPLT Kalimulya dapat ditunjukkan pada **Tabel 8**. Bak pengumpul dan *sludge drying bed* memiliki tingkat kecanggihan rendah dengan kontribusi masing-masing 0,47 dan 0,38. Anaerobic digester dan bak pemekat lumpur memiliki efisiensi pengolahan yang lebih baik, dengan kontribusi masing-masing 0,52 dan 0,55. *Belt filter press* menunjukkan tingkat kecanggihan tertinggi dengan kontribusi 0,72. Pengolahan anaerob lanjutan dan biofilter memiliki kontribusi yang sama, yaitu 0,49.

Pada aspek *humanware*, pegawai menunjukkan kemampuan yang baik dengan kontribusi 0,44. *Infoware* menunjukkan sofistikasi tinggi dengan kontribusi 0,86. *Orgaware* juga menunjukkan upaya peningkatan dengan kontribusi 0,63.

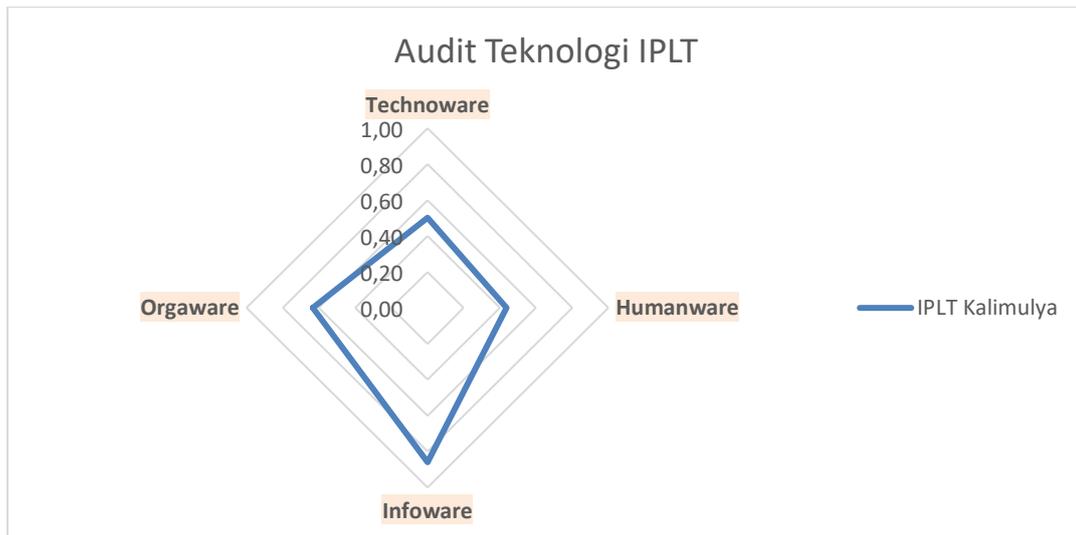
Tabel 8. Analisis state of art IPLT

Nilai State of Art	IPLT Kalimulya, Depok				Ti (Normalized)
	Lti	Uti	Sti	Ti	
<i>Technoware</i>					0,50
Bak pengumpul	1	5	0,80	0,47	
Anaerobic digester	3	6	0,57	0,52	
Bak pemekat lumpur	2	6	0,73	0,55	
<i>Belt filter press</i>	5	7	0,73	0,72	
<i>Sludge drying bed</i>	1	5	0,60	0,38	
Biofilter aerob-anaerob	2	6	0,60	0,49	
<i>Humanware</i>	LHj	UHj	SH	H	H
	1	5	0,73	0,44	0,44
<i>Infoware</i>	LI	UI	SI	I	I
	4	8	0,93	0,86	0,86
<i>Orgaware</i>	LO	UO	SO	O	O
	2	7	0,74	0,63	0,63

Keterangan:

- U(T/H/I/O) = batas atas sofistikasi komponen T/H/I/O
- L(T/H/I/O) = batas bawah sofistikasi komponen T/H/I/O
- S(T/H/I/O) = rating kecanggihan komponen T/H/I/O
- T/H/I/O = kontribusi komponen T/H/I/O

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka dapat digambarkan diagram dari hasil audit teknologi IPLT berdasarkan variabel THIO yang dapat ditunjukkan pada **Gambar 2**. Melalui pemetaan diagram tersebut dapat dilihat bahwa secara berturut-turut IPLT Kalimulya memperoleh nilai terbaik dari variabel *inforeware*, disusul oleh aspek *orgaware*, *technoware*, dan *humanware* pada posisi terakhir.



Gambar 2. Diagram audit teknologi IPLT Kalimulya Kota Depok

Variabel *humanware* memperoleh nilai yang paling rendah karena meskipun jumlah SDM telah memenuhi dan seluruh pegawai dari IPLT telah memenuhi standar kompetensi yang berlaku, IPLT Kalimulya belum pernah merealisasikan pelatihan atau diklat bagi masing-masing pegawai dikarenakan adanya kendala pada aspek pembiayaan. Selain itu, meskipun secara konfigurasi pengolahan IPLT Kalimulya telah mengasilkan efluen yang memenuhi seluruh parameter standar baku mutu air limbah yang berlaku yakni Permen LH No.68 Tahun 2016, variabel *technoware* terindikasi sebagai variabel dengan nilai terendah kedua. Hal ini disebabkan karena adanya *idle capacity* yang cukup besar menyebabkan nilai IPLT Kalimulya dalam indikator fungsi instalasi, tingkat pemanfaatan IPLT, dan kriteria perencanaan beban volumetrik unit menjadi tidak sesuai dan bernilai rendah. Adapun variabel *orgaware* dan *inforeware* memperoleh nilai yang baik meskipun belum memperoleh nilai maksimum.

Penilaian TCC (Technology Contribution Component) IPLT Kalimulya

Dengan menggunakan Persamaan I-9, maka dapat diperoleh nilai TCC dari IPLT Kalimulya:

$$TCC = T^{\beta T} \times H^{\beta H} \times I^{\beta I} \times O^{\beta O}$$

$$TCC = 0,50^{0,38} \times 0,44^{0,33} \times 0,86^{0,19} \times 0,63^{0,10} = 0,55$$

IPLT Kalimulya memperoleh nilai 0,55 maka dengan mengacu pada Tabel 4 dan Tabel 5, IPLT ini masuk ke dalam klasifikasi IPLT yang berkategori baik dengan teknologi semi-modern. Hal ini menunjukkan bahwa IPLT Kalimulya perlu melakukan optimalisasi baik secara teknologi, sumber daya, informasi, ataupun organisasi sehingga menjadi IPLT yang lebih baik dan memiliki tingkat sofistikasi yang lebih modern.

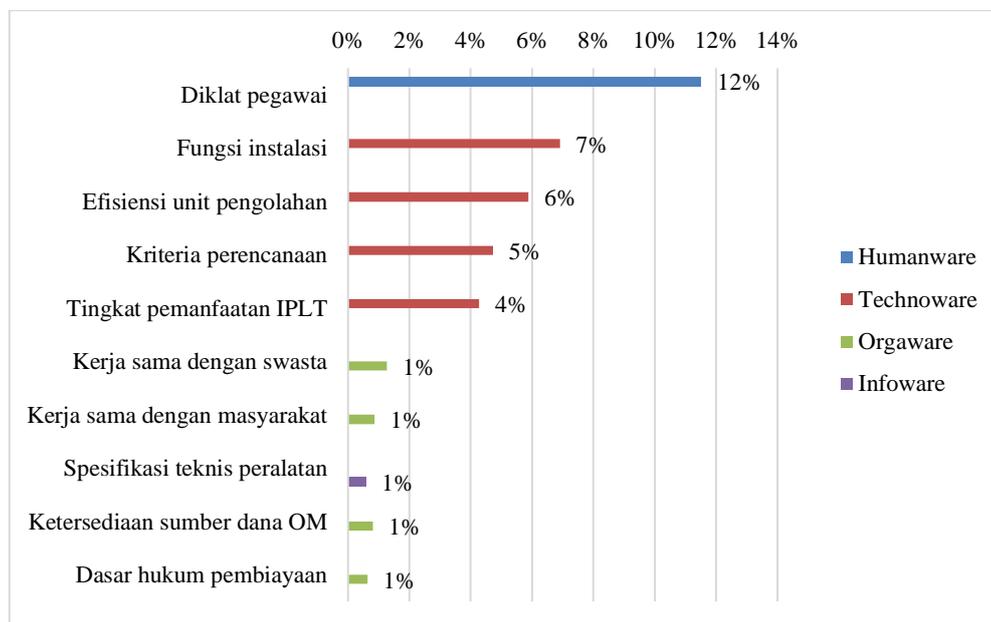
Analisis Strategi Optimalisasi IPLT

Dalam menentukan prioritas strategi optimalisasi IPLT Kalimulya dilakukan perhitungan *gap* antara nilai kondisi eksisting terhadap nilai maksimum untuk setiap parameter, hasil analisis dapat ditunjukkan pada **Gambar 3**. Berdasarkan data tersebut, IPLT Kalimulya perlu meningkatkan aspek sumber daya

dengan menyediakan pelatihan atau diklat bagi para pegawai sesuai dengan pekerjaannya masing-masing. Jika mempertimbangkan jumlah pegawai yang banyak, diklat dapat dilakukan secara bertahap sehingga semua pegawai dapat mendapatkan diklat.

Selain itu, aspek teknologi atau *technoware* juga mendapat perhatian signifikan. Fungsi instalasi menempati urutan kedua dengan prioritas sebesar 7%, diikuti oleh efisiensi unit pengolahan sebesar 6%, kriteria perencanaan sebesar 5%, dan tingkat pemanfaatan IPLT sebesar 4%. Angka-angka ini mencerminkan pentingnya menjaga agar teknologi yang digunakan dalam IPLT berfungsi secara efisien dan sesuai dengan standar perencanaan teknis yang baik. Optimalisasi kapasitas dan pemanfaatan instalasi yang ada juga menjadi fokus penting, meskipun dengan prioritas yang sedikit lebih rendah dibandingkan aspek lainnya.

Di sisi lain, aspek kelembagaan atau *orgaware* dan aspek informasi atau *infoware* meskipun memiliki peran penting, mendapatkan prioritas yang lebih rendah. Kerja sama dengan pihak swasta dan masyarakat, serta ketersediaan sumber dana operasi dan pemeliharaan, masing-masing hanya memiliki *gap* sebesar 1% dari nilai maksimum. Demikian pula dengan dasar hukum pembiayaan dan spesifikasi teknis peralatan yang juga diprioritaskan sebesar 1%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun aspek-aspek ini dianggap penting, mereka bukan merupakan fokus utama dibandingkan dengan pengembangan sumber daya manusia dan optimalisasi teknis instalasi.



Gambar 3. Prioritas strategi optimalisasi IPLT Kalimulya

4. Kesimpulan

IPLT Kalimulya, Depok merupakan salah satu IPLT di Jawa Barat yang menggunakan konfigurasi unit dengan sistem semi-mekanis dimana kapasitas terpasang IPLT ini mencapai 280 m³/hari. IPLT ini disebut sebagai IPLT semi-mekanis karena dalam pengolahannya digunakan kombinasi antara pengolahan konvensional dan mekanis. Adapun teknologi mekanis yang digunakan berupa *belt filter press* yang dimanfaatkan untuk pengolahan lumpur. Namun, dalam operasionalnya masih di bawah dari kapasitas desain atau *under capacity*. Jika ditinjau melalui audit teknologi dengan metode UNESCAP, IPLT Kalimulya memperoleh nilai TCC sebesar 0,55 yang mengindikasikan bahwa IPLT ini masuk ke dalam kategori cukup baik dengan tingkat teknologi semi-modern.

Hasil analisis sofistikasi menunjukkan bahwa dalam aspek teknologi, *belt filter press* memperoleh nilai yang paling besar. Namun dalam penilaian *state-of-art*, IPLT Kalimulya secara teknologi masih memiliki *idle capacity* yang besar sehingga mempengaruhi tingkat pemanfaatan dan fungsi IPLT termasuk kesesuaian kriteria beban volumetric setiap unit. Dalam aspek *humanware*, secara sofistikasi masih dapat ditingkatkan lebih lanjut sehingga sumber daya IPLT tidak hanya terbatas dalam kemampuan mengoperasikan dan memperbaiki tetapi juga dapat mendorong inovasi dan pengembangan dalam operasional pengolahan lumpur tinja. Selain itu, IPLT menunjukkan kemajuan yang baik dalam aspek *infoware* ditunjukkan melalui ketersediaan dan kemudahan dokumen penunjang operasional serta terdapat

inisiatif yang positif dalam aspek *orgaware* meskipun masih dapat ditingkatkan melalui pengadaan kerja sama dengan pihak eksternal.

Sehingga dalam meningkatkan kinerja IPLT Kalimulya, strategi yang terfokus pada penguatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan atau diklat pegawai sesuai dengan pekerjaan masing-masing pegawai, penanganan *idle capacity* yang mempengaruhi efisiensi, penyesuaian beban volumetrik unit terhadap kriteria perencanaan, tingkat pemanfaatan dan fungsi IPLT menjadi pilar utama dalam meningkatkan kinerja IPLT Kalimulya. Sementara itu, aspek kelembagaan seperti pengadaan kerja sama dan aspek informasi seperti kemudahan akses dokumen spesifikasi teknis unit menjadi strategi pendukung, namun dengan tingkat prioritas yang lebih rendah.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga tercinta atas dukungan, nasihat, motivasi, dan terutama doa, kepada Dyah Wulandari, selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, saran dan masukan yang diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Global Sanitation Graduate School (GSGS) dan Bill & Melinda Gates Foundation yang telah membiayai penelitian penulis serta semua pihak yang telah membantu dan terlibat dalam penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

6. Singkatan

<i>IPLT</i>	Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja
<i>SDGs</i>	Sustainable Development Goals
<i>RPJMN</i>	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional
<i>BABS</i>	Buang Air Besar Sembarangan
<i>UNESCAP</i>	United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific
<i>BPS</i>	Badan Pusat Statistik
<i>ODF</i>	Open Defecation Free
<i>AHP</i>	Analytical Hierarchy Process
<i>TCC</i>	Technology Contribution Coefficient

7. Referensi

- [1] Indonesia, R. (2020). Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2020-2024. Peraturan Presiden Republik Indonesia, 303.
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. (2020). Jabar.bps.go.id.
- [3] Diastiningsih, Y. D. (2022). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Open Defecation Free (ODF). *Jurnal Pengabdian Kesehatan Masyarakat (Pengmaskemas)*, 2(1).
- [4] Permen PUPR No. 04/PRT/M/2017 Tahun 2017. (2017). Database Peraturan | JDIH BPK. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/104453/permen-pupr-no-04prtm2017-tahun-2017>
- [5] Putri, N. C., & Hermana, J. (2015). Kajian implementasi instalasi pengolahan lumpur tinja di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 1-6
- [6] Aryantie, M. H., & Purwati, S. U. (2021). Analisis Kebijakan Sistem Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Kota Depok. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(2), 172-185.
- [7] M. Komarudin, S. Hariyadi, B. Kurniawan, "Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan," *J. Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 5 (2), 2015.
- [8] Firmansyah, Y. W., Setiani, O., & Darundiati, Y. H. (2021). Kondisi Sungai di Indonesia Ditinjau dari Daya Tampung Beban Pencemaran: Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2).
- [9] ESCAP, U. (1989). A framework for technology-based development: technology content assessment.
- [10] Anggraini, F., & Nuraeni, R. (2016). Penilaian Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di beberapa kota di Indonesia dengan menggunakan analisa faktor. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 147-158.
- [11] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja UPTD Pengelola Air Limbah Domestik.
- [12] Ramík, J. (2020). *Pairwise comparisons Method: Theory and Applications in Decision Making*. Switzerland: Springer Nature.
- [13] Hill, R. (1998). What sample size is "enough" in internet survey research. *Interpersonal Computing and Technology: An electronic journal for the 21st century*, 6(3-4), 1-12.

-
- [14] Salomon, V. A. P., & Gomes, L. F. A. M. (2024). Consistency Improvement in the Analytic Hierarchy Process. *Mathematics*, 12(6), 828.
 - [15] Dermawan, A. A., Rini, R. O. P., Mulyadi, T., Ilham, W., & Putera, D. A. (2023). Penilaian Sofistikasi Teknologi Pada PT. XYZ Dengan Menggunakan Pendekatan *Technoware, Humanware, Infoware, Dan Organware (THIO)*. *Sigma Teknika*, 6(1), 013-024.
 - [16] Nuraeni, R., & Anggraini, F. (2015). Diagnosis Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).
 - [17] Purwati, N. P. A. L., Andrawina, L., & Rumanti, A. A. (2023). Technology Assessment with Technometric Model in Small and Medium Industries: A Case Study at Traditional Textile “Kain Tenun Endek & Gringsing” Bali. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 14(3).