

Kajian Kinerja Pengelolaan Air Limbah Untuk Sanitasi Aman di Lembaga Pendidikan Keagamaan Kota Palu

Halidiyah Faradillah*¹, Zeffitni *², Setiyawan *³, Ummu Aiman *⁴, Fikky Zachry*⁵

Submit:

15 November
2025

*¹ Mahasiswa Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Kota Palu, Indonesia, halidiyahfaradillah@gmail.com

*^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Kota Palu, Indonesia, zefitni_04@yahoo.com, setiyawanvip@yahoo.co.id

Review:

19 November
2025

*⁴ Dosen Program Studi Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Tadulako, Kota Palu, Indonesia, ummuaيمان@untad.ac.id

*⁵ Mahasiswa Program Doctoral Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Kota Palu, Indonesia, Fikkyzachry@gmail.com

Revised:

22 November
2025

Published :

1 Desember
2025

^aCorresponding Author: halidiyahfaradillah@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan air limbah di lembaga pendidikan keagamaan berperan krusial dalam memastikan tercapainya standar sanitasi aman. Penelitian ini mengevaluasi kinerja sistem pengolahan air limbah pada tujuh pondok pesantren di Kota Palu melalui kombinasi pendekatan kuisioner kepada santri dan pengurus, inspeksi lapangan terhadap infrastruktur sanitasi, serta analisis laboratorium terhadap kualitas efluen. Data persepsi diolah menggunakan skala Likert dan dianalisis secara deskriptif dengan bantuan SPSS. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa seluruh parameter kualitas efluen—termasuk TSS, BOD, COD, pH, minyak dan lemak, serta amoniak—berada dalam rentang baku mutu yang dipersyaratkan Permen LHK No. P.68/2016, mengindikasikan bahwa IPAL beroperasi secara efektif. Temuan observasi mengungkap bahwa sebagian besar pesantren memiliki kinerja pengelolaan yang baik hingga sangat baik; namun sejumlah aspek seperti pemeliharaan fasilitas, kecukupan jumlah WC, dan pencatatan operasi IPAL masih menunjukkan celah yang perlu diperbaiki. Analisis kuisioner menunjukkan perilaku hidup bersih dan sehat di kalangan santri berada pada kategori baik, meskipun tingkat konsistensinya masih bervariasi. Penelitian ini menekankan perlunya penambahan fasilitas sanitasi sesuai rasio santri, peningkatan kapasitas atau modifikasi IPAL untuk mengantisipasi pertumbuhan populasi, serta penguatan mekanisme operasi dan pemeliharaan melalui pencatatan rutin. Dukungan monitoring dari instansi terkait menjadi faktor penting untuk menjamin keberlanjutan pengelolaan air limbah di lingkungan pendidikan keagamaan.

Kata kunci: Sanitasi aman, Pengelolaan Air Limbah, IPAL, Pondok Pesantren, Kota Palu

Abstract

Effective wastewater management in religious educational institutions plays a critical role in ensuring access to safe sanitation. This study evaluates the performance of wastewater management systems in seven Islamic boarding schools (pondok pesantren) in Palu City using a mixed approach that includes questionnaires administered to students and administrators, field inspections of sanitation facilities, and laboratory analysis of effluent quality. Perception data were processed using a Likert scale and analyzed descriptively with SPSS. Laboratory results indicate that all effluent quality parameters—TSS, BOD, COD, pH, oil and grease, and ammonia—meet the

regulatory limits set by the Ministry of Environment and Forestry Regulation No. P.68/2016, demonstrating that the wastewater treatment plants (WWTPs) operate effectively. Field observations show that most pesantren fall within the good to very good performance category, although several gaps remain, particularly in facility maintenance, sufficiency of toilet units, and documentation of WWTP operational activities. Questionnaire responses reveal that students generally exhibit good hygiene practices, though consistency varies. The study highlights the need for increasing the number of toilets in line with student-to-facility ratios, expanding or modifying WWTP capacity to accommodate population growth, and strengthening operation and maintenance routines through systematic record-keeping. Continued monitoring support from relevant authorities is essential to ensure the long-term sustainability of wastewater management in religious educational institutions..

Keywords: *safe sanitation, wastewater management, the performance of wastewater treatment plants (WWTPs), Islamic boarding schools, and the urban context of Palu City*

PENDAHULUAN

Sanitasi aman merupakan komponen fundamental dalam perlindungan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan, karena berkaitan langsung dengan penurunan penyakit berbasis air dan pencemaran lingkungan permukiman[1] . Meskipun Indonesia mencatat peningkatan akses sanitasi layak hingga mencapai 82,36% rumah tangga pada tahun 2023 [2], cakupan layanan sanitasi yang dikelola secara aman secara nasional masih berada pada kisaran 10–12%, dan belum mencapai target 30% yang ditetapkan dalam RPJMN 2020–2024 [2][3]. Badan Pusat Statistik Indonesia Ketimpangan ini diperparah oleh masih adanya sekitar 11 juta penduduk yang melakukan praktik buang air besar sembarangan (BABS) pada tahun 2023, yang mempertahankan risiko tinggi penularan penyakit diare dan infeksi saluran pencernaan [4].

Lembaga pendidikan keagamaan, khususnya pondok pesantren, merupakan salah satu segmen yang rentan dalam konteks sanitasi karena karakteristik hunian berasrama dengan kepadatan tinggi dan keterbatasan infrastruktur dasar. Dokumen kebijakan pemerintah menempatkan Lembaga Pendidikan Keagamaan (LPK) sebagai sasaran prioritas program sanitasi berbasis masyarakat, antara lain karena masih banyaknya pesantren dengan sarana sanitasi yang tidak layak serta belum tersedianya sistem pengolahan air limbah yang memadai (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) [5].

Sebagai bentuk intervensi, pemerintah melalui Direktorat Sanitasi Kementerian PUPR menginisiasi program Sanitasi LPK yang menyediakan fasilitas Mandi Cuci Kakus (MCK) berikut bangunan pengolahan air limbah domestik (IPAL) dengan pendekatan partisipatif. Sejak tahun 2020–2023, program ini telah membangun 8.447 unit sarana sanitasi di 8.240 lokasi LPK yang tersebar di 38 provinsi, dan dilanjutkan pada Tahun Anggaran 2024 dengan skema swakelola maupun kontraktual (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat [5].

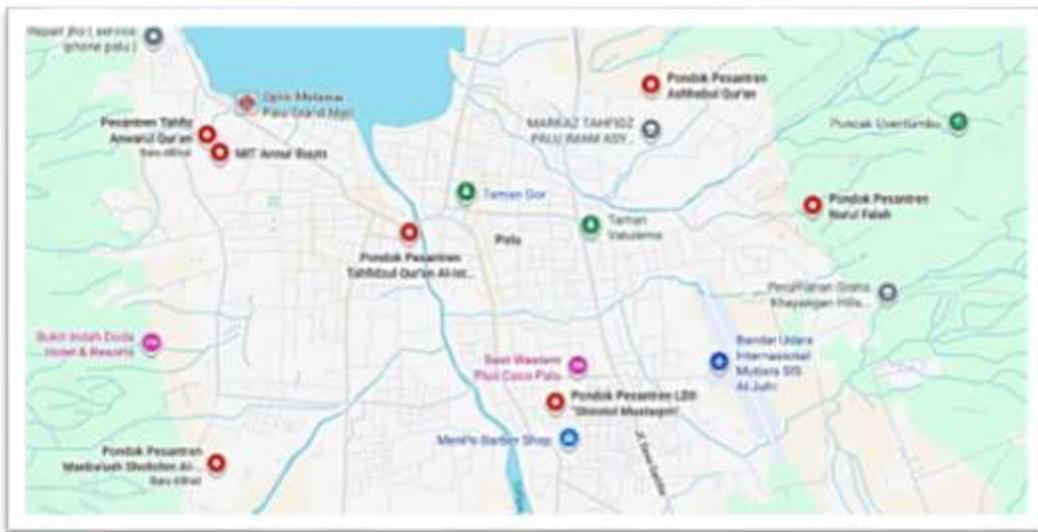
Kota Palu merupakan salah satu pusat pendidikan keagamaan di Sulawesi Tengah dengan sejumlah pondok pesantren yang tersebar di berbagai kecamatan. Namun, informasi mengenai keberadaan, kinerja, dan efektivitas operasional IPAL di pesantren-pesantren tersebut masih terbatas, baik dari sisi kualitas efluen maupun aspek pengelolaan sehari-hari. Kondisi ini menimbulkan pertanyaan sejauh mana pengelolaan air limbah di pondok pesantren yang telah memiliki IPAL benar-benar mendukung pemenuhan sanitasi aman dan perlindungan kesehatan santri.

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian ini mengkaji kinerja pengelolaan air limbah di pondok pesantren di Kota Palu yang telah memiliki IPAL melalui kombinasi observasi fasilitas, analisis kualitas efluen, serta penilaian persepsi santri dan pengelola. Kajian ini bertujuan untuk menilai efektivitas sistem pengolahan air limbah, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kinerjanya, serta mengevaluasi tingkat pemenuhan akses sanitasi aman di lingkungan lembaga pendidikan keagamaan. Temuan penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengelola pesantren dan pemerintah daerah dalam merancang strategi teknis dan kelembagaan untuk memperkuat pengelolaan air limbah di sektor pendidikan keagamaan.

METODOLOGI

A. Methode

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode deskriptif kualitatif yang dipadukan dengan analisis kuantitatif sebagai data pendukung. Pendekatan deskriptif kualitatif digunakan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai sistem pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di pondok pesantren yang menjadi lokasi penelitian, melalui observasi lapangan, wawancara, dan pengisian kuesioner oleh pengelola IPAL. Observasi dilakukan untuk menilai kondisi konstruksi, alur proses pengolahan, operasional, dan pemeliharaan IPAL, sedangkan kuesioner dan wawancara digunakan untuk menggali informasi terkait pemahaman pengelola, pola penggunaan air, serta kendala teknis maupun non-teknis yang dihadapi dalam operasional IPAL.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Untuk melengkapi data kualitatif tersebut, penelitian ini juga menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pengambilan sampel air limbah dari inlet dan outlet IPAL yang selanjutnya diuji di laboratorium terakreditasi. Parameter yang diuji meliputi BOD, COD, TSS, pH, amoniak, minyak dan lemak, serta parameter lain yang dipersyaratkan dalam baku mutu air limbah domestik sesuai peraturan yang berlaku. Analisis kuantitatif ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas pengolahan air limbah serta mengevaluasi apakah kualitas air olahan yang dihasilkan telah memenuhi baku mutu.

Data yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan hasil uji laboratorium dianalisis secara deskriptif. Analisis kualitatif dilakukan melalui proses reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan untuk menggambarkan kondisi aktual pengelolaan IPAL. Sementara itu, hasil uji laboratorium

dianalisis dengan membandingkan nilai parameter kualitas air limbah dengan standar baku mutu untuk menentukan tingkat kepatuhan IPAL. Seluruh data kemudian ditriangulasi untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif mengenai efektivitas IPAL di lokasi penelitian, baik dari aspek teknis, operasional, maupun kualitas air olahan.

B. Populasi Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Populasi penelitian terdiri dari seluruh santri yang menggunakan fasilitas sanitasi di pondok pesantren serta pengelola yang bertanggung jawab terhadap operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Populasi didefinisikan sebagai keseluruhan subjek dengan karakteristik tertentu yang relevan dengan fokus penelitian, sebagaimana dikemukakan oleh Sugiyono [6]. Dalam konteks ini, populasi lembaga merujuk pada seluruh lembaga pendidikan keagamaan di Kota Palu yang tercantum dalam data BPPW Sulawesi Tengah tahun 2024.

Tabel 1. Daftar Lembaga Pendidikan Keagamaan di Kota Palu yang Telah Memiliki IPAL dan yang Belum Memiliki IPAL

No	NSPP	Nama Lembaga	Kecamatan	Tahun Pembangunan IPAL	Jumlah Bantuan IPAL
1	510072710002	HIDAYATULLAH	MANTIKULOR E	-	-
2	510072710003	DAARUL ULUM	TATANGA	-	-
3	510372710005	MANBA'USH SHOLICHIN CHAROMAIN	AL- TATANGA	2021 dan 2024	2
4	510372710007	DARUL IMAN PUTRI	PALU BARAT	-	-
5	512372710010	ALKHAIRAAT PUSAT PALU	PALU BARAT	-	-
6	500372710013	AN NURBUUTS	ULUJADI	2021 dan 2023	2
7	510072710014	NURUL FALAH	MANTIKULOR E	2021	1
8	510372710015	PUTERA ALKHAIRAAT PUSAT PALU	PALU BARAT	2022	1
9	502372710017	ASHHABUL QUR'AN	MANTIKULOR E	2023	1
10	510372710019	HIKMATUS SUNNAH PALU	TATANGA	-	-
11	510372710020	TAHFIDZUL QUR'AN ANSHAR	AL- MANTIKULOR E	2021	1
12	510072710022	SHIROTHOL MUSTAQIM	PALU SELATAN	2022	1
13	510372710022	UMMUL KHAIRAAT	ULUJADI	2022	1
14	510072710023	ULLUMUL MUBALLIGHIN	ULUJADI	2024	1
15	510372710012	ANWARUL QUR'AN	PALU BARAT	2022	1
16	510372710016	MODREN MUHAMMADIYAH BOARDING SCHOOL	PALU BARAT	-	-

No	NSPP	Nama Lembaga	Kecamatan	Tahun Pembangunan IPAL	Jumlah Bantuan IPAL
17	510072710024	TAHFIDZUL QURAN PUTRI AL ISTIQAHAH	PALU BARAT	2024	1

Sumber : BPPW Sulawesi Tengah, 2024

Sampel lembaga ditetapkan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan subjek secara sengaja berdasarkan kriteria tertentu yang paling relevan dengan tujuan penelitian [6]. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi literatur internasional yang menempatkan *purposive sampling* sebagai metode yang efektif pada studi dengan populasi terbatas dan tujuan eksploratif, termasuk survei sosial dan kesehatan lingkungan [7]. Di sisi lain, kajian metodologis mutakhir menegaskan bahwa pemilihan teknik sampling harus disesuaikan dengan tujuan riset, karakter populasi, dan kebutuhan kedalaman informasi, bukan semata orientasi generalisasi statistik [8]. Dalam penelitian ini, lembaga dipilih berdasarkan: [6] telah memiliki dan mengoperasikan IPAL; mewakili persebaran kecamatan di Kota Palu; mencerminkan variasi tahun pembangunan IPAL (2021–2024); serta memiliki variasi jumlah santri dan beban limbah. Berdasarkan kriteria tersebut, tujuh lembaga dipilih dengan total populasi santri 1.145 orang.

Tabel 2. Lembaga Pendidikan Keagamaan sampel Penelitian

No	Nama Lembaga	Kecamatan	Populasi Santri	Tahun Pembangunan IPAL	Alasan
1	MANBA'USH SHOLICHIN AL- CHAROMAIN	TATANGA	150	2024	Mewakili IPAL terbaru
2	AN NURBUUTS	ULUJADI	330	2023	IPAL aktif, kapasitas besar
3	NURUL FALAH	MANTIKULORE	124	2021	IPAL lebih lama, komparasi umur
4	ANWARUL QUR'AN	PALU BARAT	253	2022	Kapasitas besar dan strategis
5	ASHHABUL QUR'AN	MANTIKULORE	97	2023	Usia IPAL menengah
6	SHIROTHOL MUSTAQIM	PALU SELATAN	102	2022	Satu-satunya di Palu Selatan
7	TAHFIDZUL QURAN PUTRI AL ISTIQAMAHA	PALU BARAT	89	2024	Fokus pada pesantren putri
	TOTAL		1.145		

Penentuan jumlah sampel santri menggunakan rumus Slovin pada tingkat kesalahan 5%, sehingga diperoleh 297 responden. Pendekatan ini konsisten dengan praktik penentuan ukuran sampel dalam studi survei yang mengombinasikan rumus praktis dan pertimbangan efisiensi sebagaimana dibahas oleh Rahman [7]. Sampel kemudian didistribusikan menggunakan proportionate stratified random sampling berdasarkan proporsi jumlah santri tiap pondok. Stratifikasi tambahan dilakukan menurut jenjang pendidikan, dengan

mempertimbangkan kemampuan responden memahami dan mengisi kuesioner secara mandiri. Pendekatan stratifikasi dan pengambilan sampel proporsional ini selaras dengan praktik survei WASH (*Water, Sanitation and Hygiene*) yang menekankan representativitas antar kelompok dan wilayah [9].

Tabel 3. Sampel Jumlah Santri di 7 Lokasi Penelitian

NO	Nama Lembaga	Jumlah Santri	Proporsi	Jumlah Sampel Santri
1	MANBA'USH SHOLICHIN AL-CHAROMAIN	150	13,10 %	39
2	AN NURBUUTS	330	28,82%	86
3	NURUL FALAH	124	10,83%	32
4	ANWARUL QUR'AN	253	22,10%	66
5	ASHHABUL QUR'AN	97	8,47%	25
6	SHIROTHOL MUSTAQIM	102	8,91%	26
7	TAHFIDZUL QURAN PUTRI AL ISTIQAMAH	89	7,77%	24
	TOTAL	1.145	100%	297

Selain santri, penelitian melibatkan pengelola IPAL sebagai responden kunci. Populasi pengelola berjumlah 21 orang yang terdiri atas penanggung jawab teknis IPAL, petugas pemeliharaan, dan pengurus asrama. Mengingat ukuran populasi yang kecil dan seluruh elemen memiliki peran langsung terhadap pengelolaan sanitasi, penelitian menerapkan total sampling, sebagaimana direkomendasikan ketika seluruh unit populasi relevan dan jumlahnya di bawah 100 [6].

Teknik pengambilan sampel data mencakup observasi lapangan, pengisian kuesioner, dan pengambilan sampel air limbah untuk uji laboratorium. Observasi digunakan untuk mendokumentasikan kondisi fisik, operasional, dan lingkungan sekitar IPAL. Instrumen kuesioner disusun dengan skala Likert 4 poin untuk mengukur persepsi santri dan pengelola terkait kondisi sanitasi, pengelolaan IPAL, serta perilaku sanitasi. Pendekatan pengukuran berbasis skala ini sejalan dengan praktik penilaian kualitas layanan dan fasilitas sanitasi dalam berbagai studi internasional, termasuk penilaian kualitas pelayanan sanitasi di kawasan permukiman padat dan sekolah [10], [8]. Desain kuesioner juga merujuk pada prinsip-prinsip penyusunan pertanyaan inti WASH yang dikembangkan oleh WHO/UNICEF *Joint Monitoring Programme* (JMP) untuk survei rumah tangga dan fasilitas [6].

Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada titik outlet IPAL masing-masing lembaga pada jam puncak aktivitas, menggunakan botol standar laboratorium, diberi label, disimpan dalam kondisi terkontrol, dan dianalisis ≤ 24 jam. Parameter yang diuji meliputi BOD, COD, TSS, pH, amonia, minyak dan lemak, serta parameter lain sesuai baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan Kementerian LHK [11]. Pendekatan ini sejalan dengan praktik evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah di berbagai studi internasional yang menggunakan parameter tersebut untuk menilai efektivitas pengolahan dan tingkat kepatuhan terhadap standar kualitas efluen [10], [12]. Hasil uji laboratorium kemudian diintegrasikan dengan data kuesioner dan observasi untuk menyusun gambaran komprehensif mengenai kinerja teknis IPAL, kualitas pengelolaan, dan persepsi pengguna di masing-masing lembaga.

C. Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dibagi menjadi tiga alur utama yaitu pengolahan data kuisisioner, pengolahan data hasil uji laboratorium, dan pengolahan data observasi. Data mentah kemudian diubah menjadi informasi yang bermakna untuk dianalisis secara ilmiah.

1. Pengolahan Data Kuisisioner

Sebagai langkah awal, semua kuisisioner diperiksa untuk kelengkapan dan konsistensi—respon yang tidak lengkap dikeluarkan dari analisis. Selanjutnya, jawaban diberi skor berdasarkan skala Likert 4 poin (4 = Sangat Baik/Sangat Setuju ... 1 = Sangat Buruk/Sangat Tidak Setuju). Prinsip penggunaan skala Likert dalam penelitian persepsi telah banyak dibahas dalam literatur survei. [13], [14].

Total skor per responden kemudian dikonversikan ke dalam persentase:

$$SkorPersentase = \frac{Skor\ diperoleh}{Skor\ Maksimum} \times 100 \quad (1)$$

Hasil persentase kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori: Sangat Baik (81–100 %), Baik (61–80 %), Cukup/Perlu Perbaikan (41–60 %), Kurang (21–40 %), dan Sangat Kurang/Bermasalah (0–20 %). Setelah itu, rerata skor per lembaga dan per aspek (misalnya fasilitas sanitasi, kebiasaan penggunaan, dampak/kenyamanan) dihitung untuk menampilkan tren persepsi.

2. Pengolahan Data Hasil Uji Laboratorium

Data teknis dari hasil uji laboratorium (parameter seperti TSS, BOD, COD, pH, amonia/nitrat) diolah untuk mengevaluasi kinerja IPAL. Nilai-nilai parameter dibandingkan dengan standar baku mutu untuk menentukan tingkat pemenuhan. Metode evaluasi kinerja pengolahan air limbah melalui parameter *inlet-outlet* telah diterapkan dalam penelitian internasional, [15]. Hasil pengolahan disajikan dalam bentuk tabel efisiensi pengolahan atau grafik perbandingan nilai aktual dengan standar, serta interpretasi apakah kualitas air olahan telah memenuhi atau belum memenuhi baku mutu.

3. Pengolahan Data Observasi

Hasil observasi terhadap fasilitas sanitasi dan IPAL dikodekan secara kuantitatif (misalnya: “Ada” = 1, “Tidak Ada” = 0). Frekuensi komponen yang tersedia dan berfungsi kemudian dihitung. Masing-masing indikator diberi nilai dan diklasifikasi ke dalam kategori kondisi: Sangat Baik, Baik, Cukup, Kurang, Tidak Layak. Data kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kondisi fasilitas serta perilaku sanitasi aktual. Dengan menggabungkan tiga aliran pengolahan data tersebut—kuisisioner untuk persepsi pengguna dan pengelola, uji laboratorium untuk aspek teknik, dan observasi untuk kondisi lapangan—penelitian memperoleh basis data untuk analisis integratif. Pendekatan ini sesuai dengan kebutuhan kajian evaluasi instalasi pengolahan air limbah yang menggabungkan aspek teknis dan sosial [16].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi lapangan, verifikasi dengan pengelola pondok, dan data resmi dari BPPW Sulawesi Tengah, diperoleh informasi terperinci mengenai karakteristik IPAL pada tujuh lembaga yang menjadi sampel penelitian. Seluruh IPAL memiliki ukuran dan desain prototipe yang sama, namun usia operasional dan jumlah santri yang dilayani berbeda signifikan. Variasi ini menjadi dasar penting dalam menganalisis kinerja pengolahan, tingkat pemenuhan baku mutu, serta risiko penurunan performa akibat peningkatan beban atau keterbatasan pemeliharaan.

Tabel 4. Informasi IPAL di Pondok Pesantren Sampel Penelitian

NO	Nama Lembaga	Kecamatan	Populasi Santri	Tahun Pembangunan IPAL	Ukuran IPAL dan Kapasitas
1	MANBA'USH SHOLICHIN AL-CHAROMAIN	TATANGA	150	2024	1.3m x 8,125m x 2,6m Kapasitas 10m ³ /hari
2	AN NURBUUTS	ULUJADI	330	2023	1.3m x 8,125m x 2,6m Kapasitas 10m ³ /hari
3	NURUL FALAH	MANTIKULORE	124	2021	1.3m x 8,125m x 2,6m Kapasitas 10m ³ /hari
4	ANWARUL QUR'AN	PALU BARAT	253	2022	1.3m x 8,125m x 2,6m Kapasitas 10m ³ /hari
5	ASHHABUL QUR'AN	MANTIKULORE	97	2023	1.3m x 8,125m x 2,6m Kapasitas 10m ³ /hari
6	SHIROTHOL MUSTAQIM	PALU SELATAN	102	2022	1.3m x 8,125m x 2,6m Kapasitas 10m ³ /hari
7	TAHFIDZUL QURAN PUTRI AL ISTIQAMAH	PALU BARAT	89	2024	1.3m x 8,125m x 2,6m Kapasitas 10m ³ /hari
TOTAL			1.145		



Gambar 2. Site IPAL dan Bangunan MCK Pondok Pesantren Anwarul Quran (BPPW Sulawesi Tengah, 2024)

A. Kuisioner Responden

Penelitian ini mengumpulkan data persepsi santri terhadap fasilitas sanitasi dan pengelolaan instalasi limbah di tujuh pondok pesantren di Kota Palu melalui kuesioner yang disebar di lapangan. Total sampel santri yang direncanakan adalah 297 orang, berdasarkan proporsi populasi di masing-masing lembaga. Namun, realisasinya menghasilkan 301 responden, karena partisipasi tambahan yang bersedia mengisi (lebih dari rencana). Data kemudian diolah menggunakan *software* SPSS versi 26 untuk memperoleh distribusi frekuensi dan persentase.

Tabel 5. Rekapitulasi Lengkap Hasil Penilaian Kuesioner Santri di 7 Pondok Pesantren Kota Palu

Nama Pondok Pesantren	Jumlah Responden	Sangat Baik (n, %)	Baik (n, %)	Cukup (n, %)	Kurang (n, %)
Manba'ush Solihin Al-Charomain	41	11 (26,8%)	30 (73,2%)	0 (0%)	0 (0%)
An Nurbuts	86	18 (20,9%)	41 (47,7%)	26 (30,2%)	1 (1,2%)
Nurul Falah	33	13 (39,4%)	18 (54,5%)	0 (0%)	2 (6,1%)
Anwarul Qur'an	66	51 (77,3%)	15 (22,7%)	0 (0%)	0 (0%)
Ashabul Quran	25	25 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Sirothol Mustaqim	26	26 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Tahfidzul Qur'an Putri Al-Istiqamah	24	11 (45,8%)	13 (54,2%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	301	155 (51,5%)	117 (38,9%)	26 (8,6%)	3 (1,0%)

Secara agregat dari 301 santri responden, kategori persepsi adalah sebagai berikut: 51,5 % sangat baik, 38,9 % baik, 8,6 % cukup, dan 1,0 % kurang. Hasil ini menunjukkan mayoritas santri menilai kondisi sanitasi di pondok pesantren sebagai “Sangat Baik” atau “Baik”, namun tetap terdapat sebagian kecil responden yang menilai “Cukup” atau “Kurang”, yang mengindikasikan adanya ruang untuk peningkatan pelayanan sanitasi.

Temuan ini selaras dengan literatur internasional bahwa persepsi dan sikap pengguna fasilitas sanitasi sangat berkaitan dengan kualitas fasilitas, pemeliharaan, dan ketersediaan layanan dasar di institusi pendidikan [17], [18]. Sebagai contoh, penelitian di sekolah-menengah menyebutkan bahwa hambatan terhadap kebersihan dan sanitasi sering berupa kekurangan fasilitas, pengelolaan yang kurang optimal, serta kurangnya pemahaman pengguna atas pentingnya sanitasi yang baik. Variasi tingkat penilaian antar lembaga dalam penelitian ini juga memperkuat temuan bahwa meskipun fasilitas sudah tersedia, perbedaan kondisi operasional dan pemeliharaan memengaruhi persepsi pengguna.

Dengan demikian, hasil persepsi santri memberi gambaran bahwa pengelolaan fasilitas sanitasi di sebagian besar pondok sudah di atas standar minimum, namun lembaga yang memperoleh skor “Cukup” atau “Kurang” perlu melakukan evaluasi terhadap faktor-faktor seperti pemeliharaan rutin, kebersihan, edukasi pengguna, dan kapasitas fasilitas agar persepsi pengguna dapat terdorong ke kategori tertinggi.

Observasi lapangan yang dilakukan pada tujuh pondok pesantren menunjukkan adanya variasi kondisi fasilitas sanitasi dan sistem IPAL di masing-masing lokasi. Secara umum, instrumen observasi menilai tiga komponen utama—fasilitas sanitasi umum, kelengkapan komponen IPAL, serta aspek pengelolaan dan pemeliharaan.

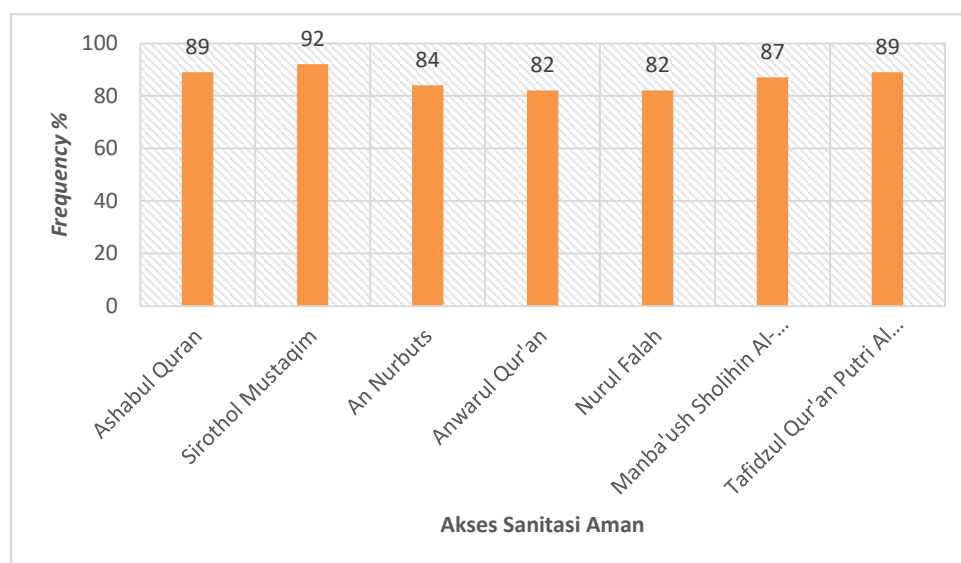
Secara keseluruhan, sebagian besar pondok pesantren telah memiliki fasilitas sanitasi yang memadai, meskipun tingkat pemeliharaan dan kualitas pengoperasian IPAL menunjukkan perbedaan yang cukup

signifikan antar lokasi. Pondok Sirothol Mustaqim mencatat nilai tertinggi dengan skor 35 (92%), mencerminkan kondisi sanitasi yang terpelihara baik dan sistem IPAL yang dikelola secara konsisten. Skor tinggi juga diperoleh oleh Pondok Ashabul Qur'an serta Tafidzul Qur'an Putri Al Istiqamah (masing-masing 89%), yang menunjukkan pemenuhan indikator sanitasi dan pemeliharaan IPAL yang relatif baik, meskipun beberapa aspek teknis masih memerlukan perhatian lanjutan.

Pondok Manba'ush Sholihin Al-Charomain menunjukkan kinerja yang cukup baik dengan skor 33 (87%), terutama pada kelengkapan fasilitas sanitasi, namun aspek pemeliharaan IPAL masih membutuhkan peningkatan agar keberlanjutan sistem lebih terjamin. Sementara itu, Pondok An Nurbuts mencatat skor 32 (84%), dengan catatan bahwa beberapa komponen IPAL belum berfungsi optimal dan kegiatan pemeliharaan masih terbatas.

Pondok Anwarul Qur'an dan Pondok Nurul Falah masing-masing memperoleh skor 31 (82%). Kedua pondok ini memiliki fasilitas sanitasi dasar yang tersedia, tetapi menghadapi kendala pada aspek pengelolaan dan pemeliharaan IPAL, seperti keterbatasan pemeriksaan rutin atau tidak optimalnya fungsi beberapa instalasi.

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun fasilitas sanitasi telah tersedia pada seluruh lokasi penelitian, efektivitas sistem sangat dipengaruhi oleh pola pemeliharaan rutin dan kapasitas pengelolaan. Variasi skor yang muncul menegaskan perlunya intervensi yang lebih terfokus, terutama pada peningkatan kapasitas pengurus IPAL, perbaikan komponen teknis yang belum optimal, serta penguatan rutinitas pemeliharaan di pondok pesantren dengan nilai yang lebih rendah sesuai Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hasil Observasi Fasilitas Sanitasi dan IPAL di Pondok Pesantren di Kota Palu

B. Pengujian Laboratorium

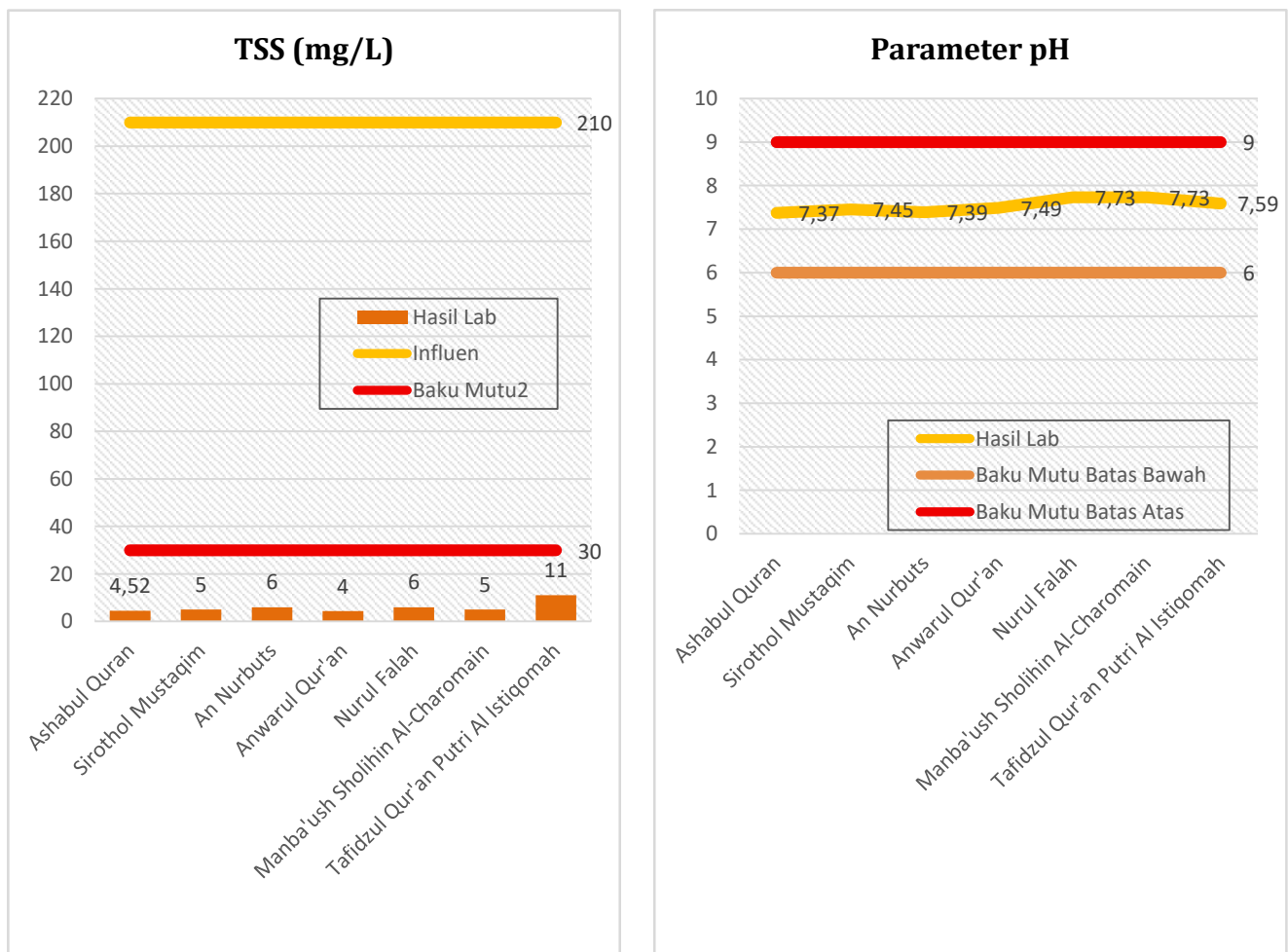
Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kualitas air limbah dari seluruh pondok pesantren berada dalam kondisi yang sangat baik dan memenuhi seluruh parameter baku mutu Permen LHK No. P.68 Tahun 2016. Parameter fisika berupa TSS tercatat sangat rendah, yaitu antara 4,35–11 mg/L, jauh di bawah batas 30 mg/L, dengan nilai terendah ditemukan pada Pondok Anwarul Qur'an dan tertinggi pada Tafidzul Qur'an

Putri Al Istiqamah. Kondisi ini menandakan bahwa air limbah yang dihasilkan memiliki tingkat kekeruhan rendah dan proses pengendapan partikel tersuspensi berjalan efektif.

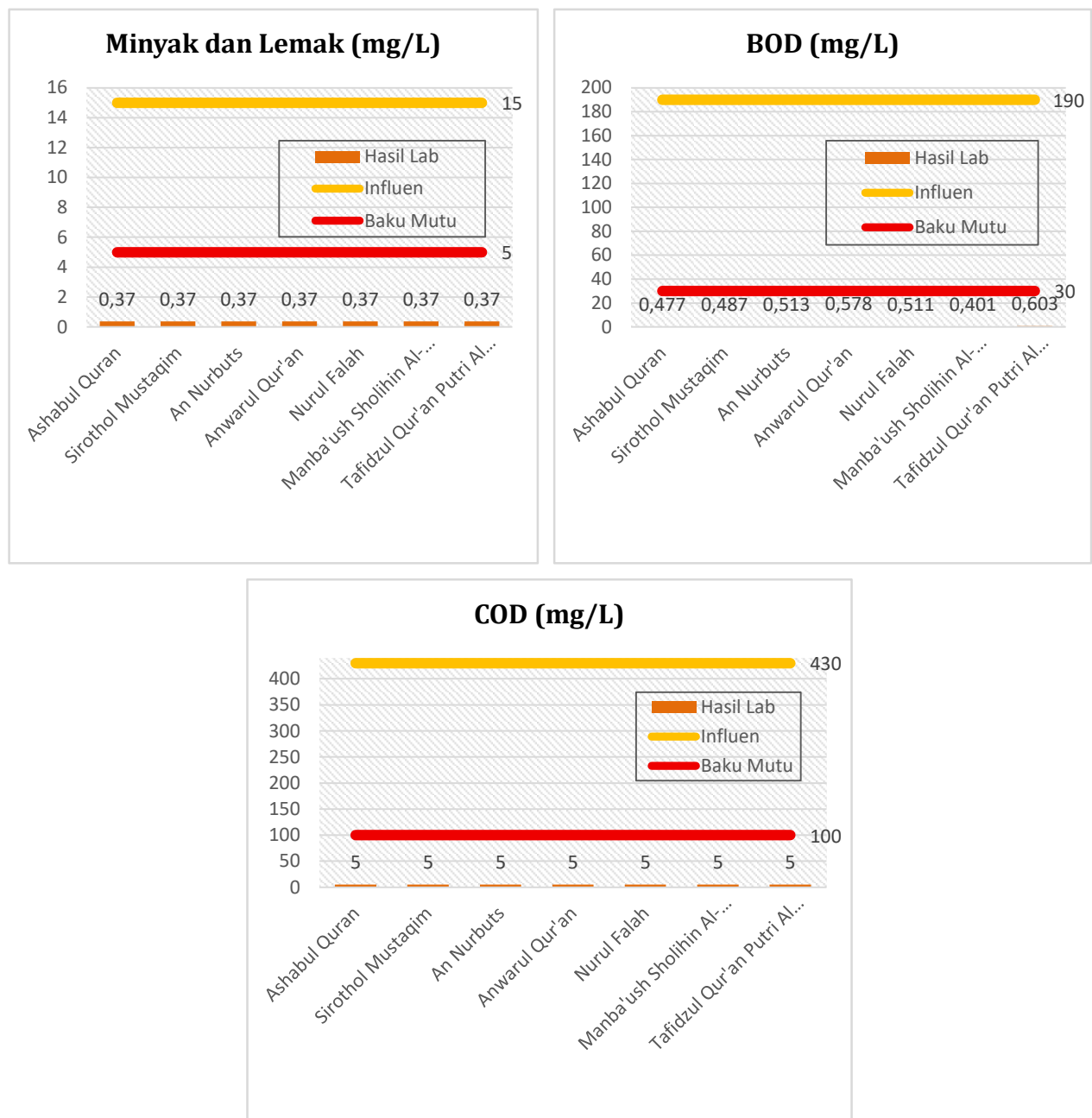
Pada parameter kimia, nilai pH seluruh sampel berada dalam kisaran netral hingga sedikit basa (7,37–7,73), masih berada dalam rentang baku mutu 6–9 sehingga tidak menimbulkan risiko terkait keasaman atau kebasaan. Konsentrasi minyak dan lemak di seluruh lokasi juga seragam pada 0,37 mg/L, jauh lebih rendah dari batas 5 mg/L, mengindikasikan proses pemisahan lemak dan minyak pada IPAL bekerja dengan baik.

Nilai BOD dan COD menunjukkan kecenderungan yang sama, yakni berada jauh di bawah baku mutu. BOD tercatat hanya 0,401–0,603 mg/L, sementara COD berada pada angka konstan 5 mg/L di seluruh pondok. Rendahnya kedua parameter ini mencerminkan minimnya kandungan bahan organik terlarut dalam air limbah, sekaligus menunjukkan efektivitas proses biodegradasi dalam sistem IPAL. Parameter amoniak juga berada pada level yang sangat rendah, yaitu 0,001–0,005 mg/L, menunjukkan bahwa proses penguraian nitrogen berlangsung optimal tanpa menimbulkan akumulasi senyawa toksik.

Secara keseluruhan, hasil laboratorium memperlihatkan bahwa air limbah yang dihasilkan dari ketujuh pondok pesantren telah memenuhi seluruh standar kualitas yang dipersyaratkan dan mencerminkan kinerja sistem pengolahan yang baik, terutama dalam pengurangan beban pencemar organik maupun anorganik.



Gambar 4. Hasil TSS dan Parameter PH



Gambar 5. Hasil Uji Lab untuk Minyak dan Lemak, BOD, dan COD

C. Faktor Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Pengelolaan Air Limbah dan Pemenuhan Akses Sanitasi Aman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja pengelolaan air limbah di lembaga pendidikan keagamaan di Kota Palu dipengaruhi oleh faktor teknis, pendanaan, kesadaran perilaku, dukungan kebijakan, serta nilai-nilai keagamaan yang menguatkan praktik kebersihan[19][20]. Secara teknis, sebagian besar pesantren telah memiliki IPAL sederhana dan fasilitas sanitasi dasar yang berfungsi, meskipun pada lokasi dengan jumlah santri tinggi kapasitas IPAL mulai tidak sebanding dengan beban layanan. Kondisi ini sejalan dengan temuan studi nasional yang menegaskan bahwa kepadatan hunian merupakan determinan penting efektivitas sanitasi [21].

Aspek finansial juga menjadi kendala utama, di mana pemeliharaan IPAL sering terkendala oleh terbatasnya anggaran operasional. Hal ini konsisten dengan berbagai penelitian di Indonesia yang melaporkan rendahnya alokasi dana sanitasi pada lembaga pendidikan berbasis komunitas, sehingga berdampak pada keberlanjutan sarana [22].

Faktor perilaku turut memberi kontribusi positif. Mayoritas santri menunjukkan PHBS yang baik, ditopang oleh program edukasi internal dan ketersediaan fasilitas sanitasi yang memadai. Studi terbaru juga menegaskan bahwa edukasi kebersihan dan peningkatan fasilitas mampu membentuk perilaku sanitasi sehat di kalangan pelajar pesantren [1]. Nilai-nilai keagamaan seperti thaharah dan konsep thayyib memperkuat motivasi kolektif dalam menjaga kebersihan lingkungan, sebagaimana ditunjukkan pada studi lintas budaya WHO bahwa faktor sosial-keagamaan sangat memengaruhi keberhasilan sanitasi berbasis komunitas [23]. Pada aspek pemenuhan sanitasi aman, hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa seluruh parameter utama, termasuk BOD, COD, TSS, dan amonia, telah memenuhi baku mutu domestik Permen LHK P.68/2016. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pengolahan limbah di pesantren Kota Palu telah efektif dalam menurunkan beban pencemar dan mendukung sanitasi aman. Temuan ini selaras dengan laporan nasional yang menyebutkan bahwa sistem pengolahan berbasis biofilter dan septic tank modern mampu mencapai efisiensi pengolahan lebih dari 70–90% pada parameter organik [24].

Hasil analisis kuisioner menunjukkan bahwa persepsi santri terhadap pengelolaan sanitasi berada dalam kategori sangat baik (51,5%) dan baik (38,9%), dengan skor rata-rata 86,7%, sehingga kinerja pengelolaan air limbah di pesantren dinilai “Sangat Baik.”

Berdasarkan Kuisioner maka kinerja dinilai melalui lima faktor: faktor teknis, perilaku pengguna, pendanaan, kelembagaan/pengelolaan, dan nilai keagamaan. Dari hasil ini faktor dominan yang mendukung kinerja sanitasi adalah nilai keagamaan (92,3%) dan perilaku pengguna (89,1%), yang memperkuat kepatuhan kebersihan. Sebaliknya, pendanaan O&M menjadi faktor terlemah (66,7%), sehingga berpotensi menurunkan keberlanjutan IPAL meskipun saat ini kinerjanya baik.

Oleh karena itu, peningkatan kinerja diarahkan pada penguatan pendanaan dan kelembagaan pengelola, misalnya melalui pembentukan unit pengelola sanitasi, SOP perawatan IPAL, dan skema iuran pemeliharaan yang terjangkau.

Meskipun demikian, aspek kelembagaan dan keberlanjutan masih menjadi tantangan. Monitoring pasca-pembangunan dari pemerintah daerah masih minim, sementara pemeliharaan IPAL sangat bergantung pada inisiatif internal lembaga. Kondisi ini menegaskan perlunya penguatan kapasitas manajemen serta dukungan pembiayaan untuk mencapai sanitasi aman berkelanjutan sesuai target RPJMN 2020–2024 dan SDGs 2030.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan air limbah pada lembaga pendidikan keagamaan di Kota Palu berada pada kategori baik dan mendukung pemenuhan sanitasi aman, ditandai dengan berfungsinya IPAL serta kualitas efluen yang telah memenuhi baku mutu Permen LHK No. P.68/2016. Perilaku santri dalam penggunaan fasilitas sanitasi juga berada pada kategori baik hingga sangat baik, sehingga turut mendukung efektivitas sistem pengolahan air limbah.

Mengacu pada indikator WASH (WHO–UNICEF, 2018) dan pedoman Sanimas LP2K (PUPR, 2022), kinerja pengelolaan dinilai melalui lima faktor, terdiri atas faktor teknis, perilaku pengguna, pendanaan, kelembagaan/pengelolaan, serta nilai Sosial/Budaya dan Edukasi Atau Keagamaan. Berdasarkan analisis kuesioner, nilai keagamaan (92,3%) dan perilaku pengguna (89,1%) menjadi faktor dominan yang paling

berkontribusi terhadap keberhasilan pengelolaan IPAL, sementara pendanaan operasi dan pemeliharaan (66,7%) merupakan faktor terlemah yang berpotensi menghambat keberlanjutan sistem.

Oleh sebab itu, peningkatan kinerja pengelolaan IPAL diarahkan pada penguatan pendanaan dan kelembagaan, melalui pembentukan unit pengelola sanitasi, penyusunan SOP perawatan IPAL, serta penerapan skema iuran pemeliharaan yang terjangkau. Optimalisasi kinerja tidak hanya dilakukan melalui peningkatan infrastruktur, tetapi dengan memanfaatkan nilai keagamaan dan perilaku santri sebagai penggerak utama (behavior–institutional reinforcement) dalam menjaga keberlanjutan sanitasi.

Secara keseluruhan, pemenuhan sanitasi aman di pesantren telah tercapai, namun keberlanjutan perlu diperkuat melalui peningkatan kapasitas pengelolaan, penyesuaian kapasitas IPAL terhadap jumlah santri, dan dukungan monitoring pemerintah daerah, agar sejalan dengan target RPJMN 2020–2024 dan SDGs 2030.

REFERENSI

- [1] U. WHO, “Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene,” 2023.
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS), “Persentase Rumah Tangga Menggunakan Layanan Sanitasi yang Dikelola Secara Aman Menurut Provinsi dan Tipe Daerah (Persen),” Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjE3OSMy/persentase-rumah-tangga-menggunakan-layanan-sanitasi-yang-dikelola-secara-aman-menurut-provinsi-dan-tipe-daerah--persen-.html>.
- [3] Badan Pusat Statistik(BPS), “Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Akses Terhadap Sanitasi Layak Menurut Provinsi dan Klasifikasi Desa, 2020–2023,” Jakarta, 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODQ3IzI%3D/persentase-rumah-tangga-menurut-provinsi-dan-memiliki-akses-terhadap-sanitasi-layak.html>.
- [4] UNICEF, “WASH Acts Vol. 13: October–December 2023,” UNICEF Indonesia, Jakarta, 2023. [Daring]. Tersedia pada: [https://www.unicef.org/indonesia/media/19701/file/WASH Acts Vol. 13 Oct-Dec 23.pdf](https://www.unicef.org/indonesia/media/19701/file/WASH%20Acts%20Vol.%2013%20Oct-Dec%2023.pdf).
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR)., *Petunjuk Teknis SANIMAS*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2022.
- [6] A. Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, no. January. 2019.
- [7] M. M. Rahman, “Sample Size Determination for Survey Research and Non-Probability Sampling Techniques: A Review and Set of Recommendations,” *J. Entrep. Bus. Econ. Vol 11 No 1*, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://scientifica.com/index.php/JEBE/article/view?path=>.
- [8] S. K. Ahmed, “How to Choose a Sampling Technique and Determine Sample Size for Research: A simplified guide for researchers,” *Oral Oncol. Reports*, vol. 12, hal. 100662, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oor.2024.100662>.
- [9] UNICEF/WHO, “Core Questions on Water, Sanitation and Hygiene for Household Surveys-2018 Update,” *JMP Water Supply Sanit. Hyg.*, hal. 1–24, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://washdata.org>.
- [10] M. S. Alam dan M. Mondal, “Assessment of Sanitation Service Quality in Urban Slums of Khulna City Based on SERVQUAL and AHP Model: A case study of railway slum, Khulna, Bangladesh,” *J. Urban Manag.*, vol. 8, no. 1, hal. 20–27, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.08.002>.
- [11] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah,” Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta, Indonesia, 2025. [Daring]. Tersedia pada: [Dokumen diunggah pengguna].
- [12] D. Ramkumar, V. Jothiprakash, dan B. N. Patil, “Performance Assessment of Sewage Treatment Plants Using Compliance Index,” *J. Water Sanit. Hyg. Dev.*, vol. 12, no. 6, hal. 485–497, 2022, doi: [10.2166/washdev.2022.055](https://doi.org/10.2166/washdev.2022.055).
- [13] A. Joshi, S. Kale, S. Chandel, dan D. Pal, “Likert Scale: Explored and Explained,” *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 7, hal. 396–403, Jan 2015, doi: [10.9734/BJAST/2015/14975](https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975).

- [14] M. Koo dan S.-W. Yang, "Likert-Type Scale," *Encyclopedia*, vol. 5, hal. 18, Feb 2025, doi: 10.3390/encyclopedia5010018.
- [15] T. T. Wondim, R. B. Dzwauro, D. Aklog, E. Janka, G. Samarakoon, dan M. M. Derese, "Wastewater Treatment Plant Performance Assessment Using Time-function-based Effluent Quality Index and Multiple Regression Models: the case of Bahir Dar textile factory," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 195, no. 11, 2023, doi: 10.1007/s10661-023-11952-w.
- [16] M. Sururi, M. Dirgawati, W. Wiliana, F. Fadlurrohman, Hardika, dan N. Widiyati, "Performance Evaluation of Domestic Waste Water Treatment System in Urban Indonesia," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 8, hal. 100507, Des 2023, doi: 10.1016/j.csee.2023.100507.
- [17] L. Simão, E. Fernandes, D. Hotza, M. J. Ribeiro, O. R. K. Montedo, dan F. Raupp-Pereira, "Controlling Efflorescence in Geopolymers: A new approach," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 15, hal. e00740, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00740>.
- [18] A. J. Osatogbe dan A. A. Ahmad, "Knowledge Attitudes and Practice to Sanitation Facilities Among Secondary Students in Sokoto Mropolis, Nigeria," *Sci. Prepr.*, no. May, 2023, doi: 10.14293/PR2199.000144.v1.
- [19] S. Cecilia, T. Murayama, S. Nishikizawa, dan K. Suwanteep, "Stakeholder Evaluation of Sustainability in a Community-led Wastewater Treatment Facility in Jakarta, Indonesia," *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 26, no. 4, hal. 8497–8523, 2024, doi: 10.1007/s10668-023-03056-9.
- [20] L. Pories, C. Fonseca, dan V. Delmon, "Mobilising Finance for WASH: Getting The Foundations Right," *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 11, 2019, doi: 10.3390/w11112425.
- [21] B. Y. Febrianto, V. T. Septiana, S. N. Jelmila, dan D. Hasni, "Implementasi Perilaku Hidup Bersih dan Sehat di Lingkungan Pesantren Al-Falah Padang," *J. Pengabd. Masy. Bangsa*, vol. 1, no. 11, hal. 2957–2962, 2024, doi: 10.59837/jpmba.v1i11.638.
- [22] K. Ainun, N. Susanti, D. Indrawan, dan D. Gaffar, *PESANTREN SEHAT*. 2021.
- [23] R. Faradila, H. Huboyo, dan A. Syakur, "Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Metode Kombinasi Filtrasi Untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 22, hal. 342–350, Agu 2023, doi: 10.14710/jkli.22.3.342-350.
- [24] N. A. Mohidem dan Z. Hashim, "Integrating Environment with Health: An Islamic Perspective," *Soc. Sci.*, vol. 12, hal. 321, Mei 2023, doi: 10.3390/socsci12060321.