

OPTIMALISASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH SAKIT DENGAN SISTEM BIOFILTER ANAEROB-AEROB SERTA PEMANFAATAN EFFLUENT UNTUK APLIKASI KE TANAH (LAND APPLICATION)

(Studi Kasus: Rumah Sakit Mitra Medika Batanghari, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi)

Yefta Simanjuntak^{1*}, Hafiz Muchti Kurniawan², Didik Yulianto³, Soni Pratomo⁴

^{1,2}Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Adiwangsa Jambi

^{3,4}Program Studi Arsitektur, Universitas Adiwangsa Jambi

*Email Korespondensi: Yeftasimanjuntak34@gmail.com

ABSTRAK

Aktivitas pelayanan kesehatan di rumah sakit menghasilkan air limbah medis dan domestik yang kompleks, berpotensi membawa polutan biologis (infeksius), bahan kimia, serta logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keandalan teknologi pengolahan air limbah menggunakan sistem *Biofilter Anaerob-Aerob* terkombinasi serta menganalisis kelayakan pemanfaatan air limbah terolah (*effluent*) untuk aplikasi ke tanah (*land application*) non-konsumsi di Rumah Sakit Mitra Medika Batanghari. Metode kajian berbasis analisis kuantitatif neraca air, prediksi sebaran kontaminasi berbasis gradien hidrogeologi, serta efisiensi penyisihan parameter kualitas air limbah mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Hasil analisis menunjukkan total timbulan air limbah rumah sakit pada proyeksi kapasitas maksimal (150 tempat tidur) adalah sebesar 60,064 m³/hari. Sistem IPAL biofilter fabrikasi berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) dengan kapasitas 87,7 m³/hari yang dilengkapi pengolahan fisik-kimia, filtrasi multi-media, dan klorinisasi mampu menyisihkan BOD (60–90%), COD (50–85%), TSS (80–98%), amonia, serta patogen (>99%). Pemanfaatan *effluent* untuk penyiraman tanaman peneduh/hias (1.457 m²), penyiraman lantai paving blok (1.554 m²), dan pencucian kendaraan operasional menyerap rata-rata 23,715 m³/hari, setara dengan efisiensi konservasi air bersih sebesar 39,48%. Kajian hidrogeologi mengonfirmasi bahwa akuifer bebas tipe tanah Ultisol/Aluvial tua dengan permeabilitas 2–8 cm/jam aman dari risiko pencemaran air tanah dengan arah aliran dominan dari Selatan ke Utara. Penerapan sistem ini mendukung pengelolaan lingkungan rumah sakit yang berkelanjutan (*zero waste discharge*) dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Biofilter Anaerob-Aerob, Air Limbah Rumah Sakit, Land Application, Hipoalbuminemia, Konservasi Air, Pengendalian Pencemaran.*

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang memberikan pelayanan medis komprehensif, mencakup rawat jalan, rawat inap, gawat darurat, laboratorium, serta fasilitas

penunjang seperti *laundry* dan dapur gizi. Selain memberikan dampak positif bagi derajat kesehatan masyarakat, operasional rumah sakit menghasilkan produk sampingan berupa limbah padat, gas, dan air limbah. Air limbah rumah sakit memiliki karakteristik yang sangat kompleks dan spesifik. Limbah ini mengombinasikan air limbah domestik (*blackwater* dan *greywater*) dengan limbah klinis/infeksius yang mengandung mikroorganisme patogen, sisa obat-obatan, reagen kimia, serta deterjen.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah wajib melakukan pengelolaan lingkungan secara terencana, terukur, dan berkelanjutan. Pembuangan langsung air limbah medis tanpa pengolahan yang memadai ke badan air penerima dapat memicu pencemaran lingkungan akut, eutrofikasi, penyebaran penyakit nosokomial, serta degradasi kualitas air tanah masyarakat di sekitar tapak kegiatan.

Sebagai rumah sakit swasta pertama di Kabupaten Batang Hari yang berdiri sejak tahun 2012, Rumah Sakit Mitra Medika Batanghari (PT Tanggorajo Bulian Husada) beroperasi dengan kapasitas eksisting 101 tempat tidur dan berencana meningkatkan fasilitas menjadi 150 tempat tidur. Peningkatan kapasitas pelayanan secara langsung berdampak pada peningkatan konsumsi air bersih dan debit timbulan air limbah. Untuk mengantisipasi dampak lingkungan tersebut, diterapkan strategi *Reduce, Reuse, Recycle* (3R) melalui teknologi pengolahan biologis terkombinasi *Biofilter Anaerob-Aerob* serta pemanfaatan kembali air hasil olahan (*effluent*) untuk aplikasi ke tanah (*land application*).

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kuantitas neraca air baku dan timbulan air limbah fasilitas pelayanan kesehatan, (2) menguji efektivitas sistem IPAL biofilter terpadu dalam menurunkan parameter pencemar sesuai baku mutu Permen LH No. 5 Tahun 2014, serta (3) mengevaluasi kelayakan hidrogeologis dan agronomis pemanfaatan *effluent* untuk penyiraman area hijau dan fasilitas utilitas luar bangunan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Kajian

Kajian teknis ini dilaksanakan di Rumah Sakit Mitra Medika Batanghari yang berlokasi secara administratif di Jl. Gajah Mada RT 17, Kelurahan Teratai, Kecamatan Muara Bulian, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi. Luas tapak area secara keseluruhan adalah $\pm 9.425 \text{ m}^2$. Pelaksanaan pengumpulan data, analisis laboratorium, dan pemetaan hidrogeologi dilakukan pada kurun waktu Oktober 2025 hingga Januari 2026.

2.2 Pengumpulan Data dan Kerangka Analisis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan studi kasus analitik terapan yang mengombinasikan data primer dan sekunder:

1. **Analisa Kuantitas Air Baku dan Limbah:** Dihitung berdasarkan standar PMK No. 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, SNI 03-7065-2005, serta rujukan Metcalf & Eddy (2013). Koefisien pemakaian air yang menjadi air limbah ditetapkan sebesar 80%.
2. **Karakteristik Fisik, Kimia, dan Biologi:** Sampel air baku/tanah dan *effluent* diuji di laboratorium terakreditasi KAN menggunakan metode standar SNI 6989 / APHA. Baku mutu penataan merujuk pada Permen LH No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV dan Permenkes No. 2 Tahun 2023.
3. **Kajian Hidrogeologi dan Topografi:** Kontur tanah, kemiringan lereng, serta pola arah aliran air tanah (*groundwater flow*) dianalisis menggunakan interpolasi data DEMNAS dan pengukuran *piezometric level* sumur pantau hulu-hilir (*upstream-downstream*).
4. **Analisis Efisiensi Pemanfaatan (Water Balance):** Menghitung rasio perbandingan antara debit pemanfaatan harian untuk kegiatan non-konsumtif (penyiraman lanskap, jalan, dan pencucian mobil) terhadap total efluen terolah IPAL.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Neraca Air Bersih dan Analisis Timbulan Air Limbah

Penggunaan air bersih di RS Mitra Medika Batanghari bersumber dari sumur dalam (*deep well*) yang terhubung ke *ground water tank* dan *roof tank*, dengan jaringan PDAM sebagai sumber cadangan (*backup*). Berdasarkan perhitungan pada kapasitas pengembangan 150 tempat tidur dan operasional maksimal seluruh unit medis/penunjang, total kebutuhan air baku tercatat sebesar 75,080 m³/hari (75.080 L/hari).

Tabel 1. Neraca Air Bersih dan Timbulan Air Limbah RS Mitra Medika Batanghari (Proyeksi Maksimal)

N o.	Unit / Bagian Operasional	Jumlah Parameter	Kebutuhan Air (m ³ /hari)	Timbulan Limbah Total (m ³ /hari)	Greywater (m ³ /hari)	Blackwater (m ³ /hari)
1	Instalasi Gawat	19 Pasien/hari	0,095	0,076	0,06 08	0,015 2

2	Instalasi Rawat Inap (Ranap)	150 Tempat Tidur	30,000	24,000	19,2000	4,8000
3	Instalasi Rawat Jalan (Rajal)	51 Pasien/hari	0,255	0,204	0,1632	0,0408
4	Laboratorium	1 Unit	1,000	0,800	0,8000	0,0000
5	Unit Laundry	100 kg linen/hari	4,000	3,200	3,2000	0,0000
6	Facilities Mushola	40 Orang/hari	0,800	0,640	0,6400	0,0000
7	Dapur Gizi	1 Unit	1,000	0,800	0,8000	0,0000
8	Tenaga Kerja Rumah Sakit	278 Orang	13,900	11,120	8,8960	2,2240
9	Pendamping Pasien	150 Orang	18,000	14,400	11,5200	2,8800

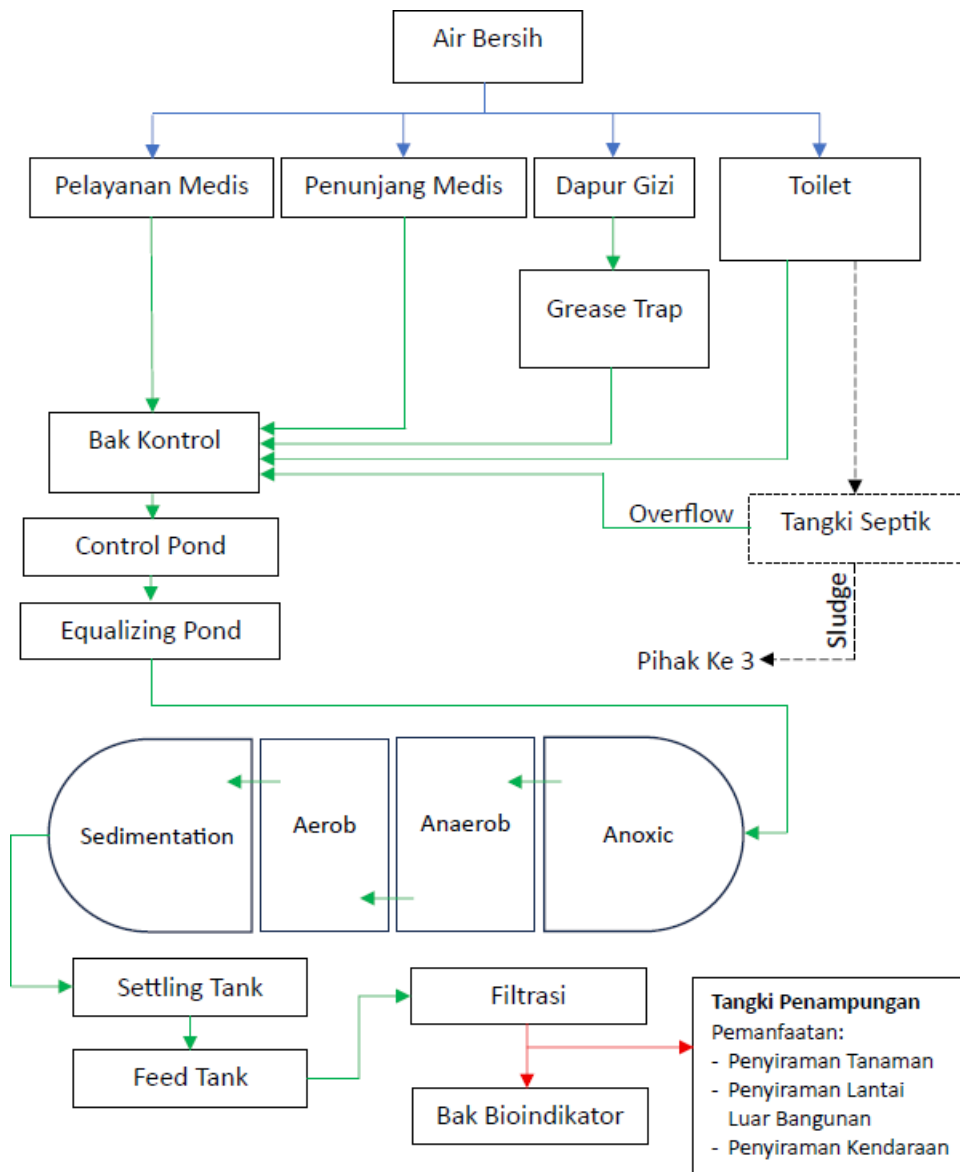
10	Pengunjung & Keluarga Pasien	402 Orang	6,030	4,824	3,8592	0,9648
TOTAL			75,080	60,064	49,1392	10,9248

Berdasarkan Tabel 1, total timbulan air limbah yang dihasilkan adalah 60,064 m³/hari. Proporsi terbesar air limbah didominasi oleh *greywater* sebesar 81,81% (49,139 m³/hari) yang berasal dari pencucian linen, instalasi dapur gizi, air bekas mandi, dan cuci tangan. Sementara itu, *blackwater* menyumbang 18,19% (10,924 m³/hari) dari fasilitas sanitasi kloset/urinoir.

3.2 Arsitektur Sistem IPAL Biofilter Anaerob-Aerob dan Efisiensi Pengolahan

Untuk mengolah air limbah terpadu (*mixed effluent*) dengan beban biologis dan kimiawi

yang dinamis, RS Mitra Medika Batanghari membangun IPAL fabrikasi tipe *Compact* berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)* dengan kapasitas total 87,7 m³/hari. Kapasitas desain ini memiliki margin keamanan (*safety factor*) sebesar 46% di atas debit timbulan puncak harian (60,064 m³/hari).



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Pengolahan Air Limbah Terpadu IPAL RS MMB

Sistem pengolahan terbagi menjadi tiga tahapan utama:

1. **Pra-Pengolahan (Pre-Treatment):** Pemisahan limbah minyak/lemak dapur

menggunakan *Grease Trap* portable ($0,2 \text{ m}^3$) dan permanen (2 m^3), serta pemisahan padatan kasar *blackwater* pada 6 unit *Septic Tank* (12 m^3). Khusus limbah cair laboratorium pencucian ke-1 dan ke-2 yang mengandung reagen B3 ditampung pada jerigen khusus dan dikelola sebagai Limbah B3, sedangkan pencucian ke-3 dialirkan ke IPAL.

2. **Pengolahan Biologis Utama (Biological Reactor):**

- **Anoxic Tank ($9,8 \text{ m}^3$):** Tempat berlangsungnya proses denitrifikasi reduksi nitrat (NO_3^-) menjadi gas nitrogen (N_2) oleh mikroorganisme anoksik dengan persentase penyisihan nitrat 60–90%.
- **Anaerobic Biofilter Tank ($11,8 \text{ m}^3$):** Menggunakan media biakan melekat (*attached growth*) untuk menguraikan makromolekul organik kompleks tanpa oksigen dengan efisiensi penyisihan COD 80–92%.
- **Aerobic Biofilter Tank ($9,8 \text{ m}^3$):** Oksidasi biologis berlanjut dengan bantuan pasokan udara dari *ring blower* (80–150 L/menit) untuk mempertahankan kadar *Dissolved Oxygen* (DO) $> 2,0 \text{ mg/L}$. Terjadi nitrifikasi amonia (NH_3) menjadi nitrat (NO_3^-) dengan efisiensi BOD mencapai 90–96%.
- **Sedimentation Tank ($11,8 \text{ m}^3$):** Pemisahan flok lumpur biologis dari air olahan secara gravitasi (*Surface Overflow Rate* 20–40 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$).

3. **Pengolahan Lanjutan dan Polishing (Tertiary Treatment):** Penambahan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dan flokulan Polyacrylamide (PAM) pada *Settling Tank* (1 m^3), dilanjutkan penyaringan mikro melalui *FRP Multimedia Filter* dan *Multi-Cartridge Filter*. Tahap akhir adalah pembunuhan mikroorganisme patogen (*Total Coliform/E. coli*) menggunakan klorinasi serta pemantauan hayati pada Bak Bioindikator Ikan.

Tabel 2. Proyeksi Efisiensi Penyisihan Parameter Pencemar (*Removal Efficiency*) IPAL

Parameter Kualitas Air Limbah	Konsentrasi Influent (mg/L)	Konsentrasi Effluent (mg/L)	Baku Mutu (Permen LH 05/2014)	Efisiensi Penyisihan (%)
Organic BOD	100 - 800	< 30	50 mg/L	60 - 90%
Organic COD	200 - 1.500	< 50	80 mg/L	50 - 85%
Total Suspended Solids (TSS)	50 - 800	< 20	30 mg/L	80 - 98%
Amonia Nitrogen (NH ₃ -N)	5 - 80	< 5	10 mg/L	0 - 95%
Minyak dan Lemak	5 - 200	< 5	10 mg/L	60 - 95%
Patogen (<i>Total Coliform</i>)	>10 ⁶ MPN	< 1.000	5.000 MPN/100 mL	> 99,0%

3.3 Kajian Pemanfaatan Air Limbah Terolah (Land Application)

Air hasil pengolahan IPAL (*effluent*) yang telah memenuhi baku mutu ditampung dalam *recycle tank* untuk dimanfaatkan kembali pada kegiatan non-konsumsi. Pemanfaatan dikelompokkan ke dalam tiga peruntukan utama: penyiraman vegetasi peneduh dan hias, pembersihan perkerasan jalan/paving blok, serta pencucian armada kendaraan operasional.

Tabel 3. Skenario Dosis, Debit, dan Rotasi Pemanfaatan *Effluent* IPAL

No.	Peruntukan Pemanfaatan	Komponen Lahan / Unit	Spesifikasi Dosis Musim Hujan	Debit Musim Hujan (L/hari)	Spesifikasi Dosis Musim Kemarau	Debit Musim Kemarau (L/hari)
1	Pohon Peneduh	60 Batang (Ketapang, Pucuk)	15 L/btg/hari (1x sehari)	90	30 L/btg/hari (2x sehari)	1.800

Berdasarkan kalkulasi pada **Tabel 3**, total kebutuhan pemanfaatan air limbah terolah pada puncak musim kemarau mencapai 23.715 L/hari (23,715 m³/hari). Nilai efisiensi daur ulang air limbah

		Merah, Tabebuaya)				
2	Tanaman Hias Pot	150 Pot (Melati Mini, Bunga Kertas)	3 L/pot/hari (1x sehari)	450	6 L/pot/hari (2x sehari)	900
3	Rumput Penutup Tanah	1.457 m ² Rumput Gajah Mini	6 L/m ² /hari (1x sehari)	8.742	12 L/m ² /hari (2x sehari)	17.484
4	Kendaraan Operasional	3 Unit Ambulans/Operasional	400 L/unit/hari (1x sehari)	1.200	400 L/unit/hari (1x sehari)	1.200
5	Kebersihan Paving Blok	1.554 m ² Area Parkir & Sirkulasi	1,5 L/m ² /hari (1x sehari)	2.331	1,5 L/m ² /hari (1x sehari)	2.331
TOTAL DEBIT UTILISASI				13.623 L		23.715 L

(E_{reuse}) dihitung dengan formula:

$$E_{reuse} = (Q_{utilisasi} / Q_{timbulan}) \times 100\% = (23,715 \text{ m}^3/\text{hari} / 60,064 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 100\% = 39,48\%$$

Strategi daur ulang ini terbukti mampu menghemat penggunaan air baku tanah/PDAM sebesar $\pm 39,5\%$ per hari untuk utilitas non-medis. Sisa *effluent* sebesar $\pm 36,349 \text{ m}^3/\text{hari}$ tetap disimpan secara aman di tangki penampungan (*holding pond*) sebagai cadangan operasional.

3.4 Evaluasi Risiko Lingkungan dan Hidrogeologi Tapak

Pemanfaatan air limbah dengan metode aplikasi ke tanah (*land application*) membutuhkan analisis kerentanan tanah dan air tanah guna mencegah akumulasi kontaminan.

1. **Topografi dan Kelerengan:** Tapak rumah sakit memiliki kelas lereng 8–15% (landai) dengan elevasi +10–20 mdpl. Kelerengan < 30% sangat aman untuk aplikasi tanah terkontrol karena risiko limpasan permukaan (*surface runoff*) dan erosi tanah relatif rendah.
2. **Karakteristik Pedologi/Tanah:** Jenis tanah dominan adalah *Podsolik Merah Kuning (Ultisol)* bertekstur lempung berpasir (*sandy loam*) dengan permeabilitas sedang (2–8

cm/jam) dan porositas total > 50%. Solum tanah yang dalam (> 100 cm) memberikan *buffering capacity* alami yang efektif untuk menyerap residu N dan P tanpa menjenuhkan matriks tanah. Lahan ini dipastikan bukan merupakan lahan gambut.

3. **Sistem Hidrogeologi dan Arah Aliran Air Tanah:** Akuifer di lokasi penelitian merupakan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) pada endapan sedimen kuartar. Hasil analisis peta kontur muka air tanah (*piezometric map*) mengonfirmasi bahwa **arah aliran air tanah mengalir konsisten dari Selatan (hulu/up-gradient) menuju Utara (hilir/down-gradient)**.
4. **Validasi Kualitas Air Tanah Eksisting:** Hasil uji laboratorium sampel air tanah awal (*baseline*) pada sumur pantau menunjukkan kondisi yang sangat jernih dan bebas cemaran: TDS < 10 mg/L (baku mutu 300 mg/L), Nitrat < 0,003 mg/L (baku mutu 20 mg/L), serta angka *E. coli* dan *Total Coliform* sebesar 0 CFU/100 mL.

Untuk memantau kinerja *land application* secara berkesinambungan, ditetapkan dua titik sumur pantau strategis berdasarkan koordinat geografis:

- **Sumur Pantau Upstream (Hulu):** Titik 01° 41' 43.88" S ; 103° 16' 9.70" E (Sisi Selatan/Belakang RS).
- **Sumur Pantau Downstream (Hilir):** Titik 01° 41' 38.79" S ; 103° 16' 9.22" E (Sisi Utara/Depan RS).

4. KESIMPULAN

Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berbasis teknologi *Biofilter Anaerob-Aerob* terkombinasi dengan pengolahan fisik-kimia dan filtrasi lanjutan di Rumah Sakit Mitra Medika Batanghari terbukti handal secara teknis untuk mengolah air limbah medis dan domestik seluas 60,064 m³/hari. Kualitas efluen hasil olahan memenuhi baku mutu Permen LH No. 5 Tahun 2014. Pemanfaatan efluen olahan untuk penyiraman lanskap vegetasi, pembersihan paving blok, dan pencucian kendaraan operasional menyerap debit rata-rata 23,715 m³/hari, menghasilkan efisiensi daur ulang air bersih mencapai 39,48%. Evaluasi kondisi topografi dan hidrogeologi tapak menunjukkan bahwa struktur tanah Ultisol dengan permeabilitas sedang serta arah aliran air tanah Selatan-Utara aman dari potensi pencemaran akuifer dangkal. Penerapan metode daur ulang air ini memberikan model tata kelola lingkungan rumah sakit yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fajaruddin, M. H., dkk. (2020). Analisis Kuantitas Air Bekas Wudhu Pada Masjid Kota Makassar. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, 3(2), 45-53.
2. Hardjowigeno, S. (2003). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
3. Iswandi, D., & Fatimah, S. (2023). Analisa Kebutuhan Air Bersih pada Rumah Sakit Yos Sudarso Kota Padang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1), 77-82.
4. Kaur, H., & Dua, A. (2021). Fish Bioassays as Histopathological and Behavioral Biomarkers for Effluent Toxicity Evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 210-222.
5. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2004). *Buku Pedoman Sanitasi Rumah Sakit Indonesia*. Jakarta: Kemenkes RI.
6. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan No. 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*. Jakarta: Kemenkes RI.
7. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kemenkes RI.
8. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Lampiran XLIV: Baku Mutu Air Limbah Fasilitas Pelayanan Kesehatan)*. Jakarta: KLHK RI.
9. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: KLHK RI.
10. Metcalf, L., Eddy, H. P., & Tchobanoglous, G. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
11. Noerbambang, S. M., & Morimura, T. (1991). *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
12. PT Tanggorajo Bulian Husada. (2026). *Dokumen Kajian Teknis Persetujuan Teknis Pemanfaatan Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah RS Mitra Medika Batanghari*. Muara Bulian: RS MMB.
13. Rahardjo, P. N. (2007). Kajian Pengelolaan Sumber Daya Air Untuk Aplikasi Konsep Ecopark Pada Taman Kota Yang Berukuran Besar Di DKI Jakarta. *Jurnal Teknologi*

Lingkungan BPPT, 8(3), 215-224.

14. Setiawan, B., & Prasetyo, E. (2018). Pengelolaan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing pada Rumah Sakit. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 14(1), 45-52.
15. Standard National Indonesia. (2005). *SNI 03-7065-2005: Tata Cara Perencanaan Sistem Plumbing*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
16. Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2014). *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. New York: Metcalf & Eddy / McGraw-Hill.