

**EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) DALAM PERBANDINGAN *PRE* DAN
POST IPAL UNTUK MENDETEKSI ADANYA
BAKTERI *Salmonella sp.* DAN *Shigella Sp.* DI RUMAH
SAKIT TIPE C MALANG**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



Oleh

**Wafa Wardah Adawiyyah
22201101008**

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2026**

**EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) DALAM PERBANDINGAN *PRE* DAN
POST IPAL UNTUK MENDETEKSI ADANYA
BAKTERI *Salmonella sp.* DAN *Shigella Sp.* DI RUMAH
SAKIT TIPE C MALANG**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



Oleh
Wafa Wardah Adawiyyah
22201101008

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2026**

**EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) DALAM PERBANDINGAN *PRE* DAN
POST IPAL UNTUK MENDETEKSI ADANYA
BAKTERI *Salmonella sp.* DAN *Shigella Sp.* DI RUMAH
SAKIT TIPE C MALANG**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



Oleh

**Wafa Wardah Adawiyyah
22201101008**

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2026**



SKRIPSI

EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DALAM PERBANDINGAN *PRE* DAN *POST* IPAL UNTUK MENDETEKSI ADANYA BAKTERI *Salmonella sp.* DAN *Shigella Sp.* DI RUMAH SAKIT TIPE C MALANG

Oleh :

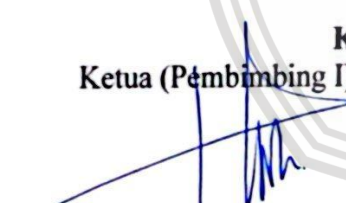
Wafa Wardah Adawiyyah
22201101008

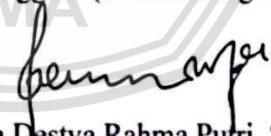
Telah Dipertahankan Di Depan Penguji
Pada Tanggal 18 Mei 2026
Dan Dinyatakan Memenuhi Syarat

Menyetujui,
Komisi Pembimbing,

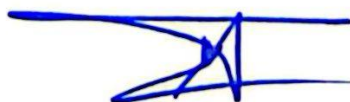
Ketua (Pembimbing I)

Anggota (Pembimbing II)


dr. H.R. Muh. Hardadi Airlangga,
Sp.PD, MH., CMC, CCD
NPP. 208.02.00001


dr. Citra Destya Rahma Putri, Sp. MK
NPP. 241612199132233

Malang, 18 Mei 2026
Program Studi Kedokteran
Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang
Dekan



dr. Rahma Triliana, M.Kes., Ph.D
NPP. 205.02. 00001

JUDUL SKRIPSI:

**Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dalam Perbandingan *Pre*
Dan *Post* IPAL Untuk Mendeteksi Adanya Bakteri *Salmonella Sp.* Dan *Shigella*
Sp. Di Rumah Sakit Tipe C Malang**

Nama Mahasiswa : Wafa Wardah Adawiyyah

NIM : 22201101008

Program Studi : Kedokteran

Fakultas : Kedokteran

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : dr. H.R.M. Hardadi Airlangga, Sp.PD, MH, CMC, CCD

Anggota : dr. Citra Destya Rahma Putri, Sp. MK

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Rio Risandiansyah, S.Ked., MP., Ph.D

Dosen Penguji II : dr. Hj. Noer Aini, M.Kes

Tanggal Ujian : 18 Mei 2026

SK Penguji : 085/A341/U.10/D/A.06/VIII/2025



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA KEDOKTERAN) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Mei 2026

Mahasiswa



Wafa Wardah Adawiyah

2201101008

Kedokteran FK UNISMA



WHAT YOU THINK, YOU BECOME

WHAT YOU FEEL, YOU ATTRACT

WHAT YOU IMAGINE, YOU CREATE



Karya Ini Kupersembahkan Untuk :

Kedua Orang Tuaku

Keluargaku

Sahabatku

Alma Materku

Dan Untuk Semua Yang Membuat

Hidupku Bermakna

RIWAYAT HIDUP

Wafa Wardah Adawiyah, Lahir di Kota Sidoarjo pada tanggal 21 September 2003. Terlahir sebagai putri Kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Idham Masykur dan Ibu Luluk Masruroh. Saya menjalani pendidikan Sekolah Dasar (SD) di MINU K.H. Mukmin di Kota Sidoarjo tahun selama 6 tahun hingga tahun 2016. Kemudian melanjutkan pendidikan ke Mts. Amanatul Ummah Program Akselerasi Selama 2 tahun hingga tahun 2018. Selanjutnya saya bersekolah di Madrasah Bertaraf Internasional (MBI) Amanatul Ummah selama 3 tahun. Setelah lulus dari MBI, saya melanjutkan perkuliahan di Jurusan Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang (FK UNISMA), masuk pada tahun 2022.

Selama menempuh pendidikan di FK UNISMA, saya aktif mengikuti berbagai kegiatan kepanitiaan dan acara yang diadakan oleh BEM, HIMA, maupun MRT. Saya menjadi anggota divisi penelitian dan pengembangan Medical Rescue Team (MRT) pada periode 2023/2024, dan menjadi Sekretaris MRT periode 2024/2025.

Malang, 18 Mei 2026

Wafa Wardah Adawiyah
NIM. 22201101008

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, kesehatan, kekuatan, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi Muhammad SAW, sebagai teladan bagi umat manusia khususnya dalam ilmu pengetahuan.
3. Yth. dr. Rahma Triliana, M.Kes., Ph.D selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang.
4. Yth dr. H.R.M. Hardadi Airlangga, Sp.PD, MH., CMC., CCD selaku Ketua Komisi Pembimbing/Pembimbing I, atas waktu dan bimbingan yang diberikan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Yth. dr. Citra Destya Rahma Putri, Sp.MK selaku Pembimbing II atas waktu dan bimbingan yang diberikan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Yth. Pak Rio Risandiansyah, S.Ked., MP., Ph.D. selaku Penguji I atas guna penyempurnaan Skripsi ini.
7. Yth. dr. Hj. Noer Aini., M.Kes selaku Penguji II atas guna penyempurnaan Skripsi ini.
8. Yth. dr. Fathia Annis Pramesti, Sp.N., M.Biomed selaku dosen pembimbing akademik atas semua bimbingan serta nasehatnya dalam menjalani proses akademik
9. Kepada kedua orang tua saya tercinta, Ayah Idham Masykur dan Ibu Luluk Masruroh, yang selalu menjadi alasan untuk terus berjuang dan tidak menyerah. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus serta kasih

sayang yang tidak pernah ada tandingannya. Semoga pencapaian kecil ini dapat menjadi bentuk kebahagiaan dan kebanggan bagi ayah dan ibu.

10. Kepada Kakak saya Firliana Safira Zulfa, Tasya, dan Adik saya Salwa Salsabila terima kasih untuk doa, perhatian, dan dukungan yang selalu saya terima.
11. Kepada Asyifa Rizki Putra Desmadi, *my muse, thank you for believing in me when I couldn't. I wouldn't be where I am now without you.*
12. Kepada sahabat-sahabat saya, Zahra, Nailul, Rohza, Sasti, Anggi, Selia, Kuini, Adin, Lita, Rina, Amanda, Arinil, dan semua orang baik yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih untuk kebersamaan, bantuan, dukungan tak terhingga hingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir saya.
13. Rekan-rekan kelompok penelitian saya, Kuini, Rohza, dan Sasti, *thank you for being part of this journey, for every laugh, support and unforgettable moment in this research*
14. Kepada teman-teman Dermatology Creamores, atas segala cita dan cerita yang tak terlupakan selama menjalani masa pre-klinik ini.
15. Semua laboran, teknisi dan admin, dan pegawai UNISMA atas segala bantuan dan upaya dalam menyelesaikan proses skripsi ini.
16. Juga kepada segenap pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan moral dan maupun material

Atas segala jasa, dukungan dan sumbangan moril maupun material yang telah penulis terima, penulis ucapkan terima kasih, serta insya Allah mendapat nilai tersendiri dihadapan-Nya, dan penulis tidak akan pernah melupakan jasa baik anda semua.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah *Subhana wa ta'ala*, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Proposal Skripsi berjudul **“Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dalam Perbandingan *pre* dan *post* IPAL untuk Mendeteksi Adanya Bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* di Rumah Sakit Tipe C Malang**” ini dengan baik dan tepat waktu. Penulisan Proposal Skripsi ini disusun sebagai prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Proposal Skripsi ini. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Proposal Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Dengan segala kerendahan hati, penyusun mengharapkan kritik dan saran guna penyempurnaan Proposal ini. Penyusun berharap Proposal Skripsi ini dapat berguna bagi diri penyusun dan seluruh pembaca.

Malang, 18 Mei 2026

Penyusun

RINGKASAN

Wafa Wardah Adawiyah, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Malang, Mei 2026, Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dalam Perbandingan *Pre* Dan *Post* IPAL Untuk Mendeteksi Adanya Bakteri *Salmonella Sp.* Dan *Shigella Sp.* Di Rumah Sakit Tipe C Malang. **Pembimbing 1** : HRM. Hardadi Airlangga. **Pembimbing 2** : Citra Destya Rahma Putri

Pendahuluan : Limbah air rumah sakit berpotensi mengandung bakteri patogen enterik seperti *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* yang dapat membahayakan kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang efektif untuk menurunkan jumlah bakteri tersebut.

Metode : Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium dengan pendekatan *in vitro* menggunakan sampel air limbah pre dan post-IPAL dari rumah sakit tipe C di Malang. Identifikasi bakteri dilakukan melalui kultur pada media *Salmonella Shigella Agar* (SSA), pewarnaan Gram, serta uji biokimia Indol, *Methyl Red*, *Voges-Proskauer*, Citrate (IMVIC) dan *Triple Sugar Iron* (TSI). Analisis data dilakukan menggunakan uji *Wilcoxon Signed-Rank Test*.

Hasil dan Pembahasan : Rerata jumlah *Salmonella sp.* pada pre-IPAL sebesar $1,89 \times 10^1$ CFU/mL dan tidak ditemukan pada post-IPAL ($p = 0,017$). Sementara itu, *Shigella sp.* mengalami penurunan dari $2,01 \times 10^3$ CFU/mL menjadi $3,23 \times 10^2$ CFU/mL ($p = 0,008$). Efektivitas IPAL dalam mengeliminasi *Salmonella sp.* mencapai 100%, sedangkan terhadap *Shigella sp.* sebesar 83,92%. Hasil ini menunjukkan bahwa IPAL efektif mengeliminasi *Salmonella sp.*, namun belum optimal terhadap *Shigella sp.* yang diduga dipengaruhi oleh ketidaktepatan dosis desinfektan, waktu kontak yang tidak memadai, dan kualitas air limbah yang menghambat proses disinfeksi.

Kesimpulan : IPAL efektif menurunkan jumlah bakteri patogen *Salmonella sp.*, namun belum efektif secara optimal dalam mengeliminasi *Shigella sp.* sehingga belum memenuhi baku mutu mikrobiologis pengolahan IPAL rumah sakit

Kata Kunci : IPAL, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, air limbah rumah sakit, efektivitas IPAL

SUMMARY

Wafa Wardah Adawiyyah, Faculty of Medicine, Islamic University of Malang, May 2026, Effectiveness Of Hospital Wastewater (HWW) In Reducing *Salmonella Sp.* And *Shigella Sp.* In Pre And Post-Treatment Effluents Of A Type C Hospital In Malang. **Supervisor 1** : HRM. Hardadi Airlangga. **Supervisor 2** : Citra Destya Rahma Putri

Background : Hospital wastewater may contain enteric pathogenic bacteria such as *Salmonella sp.* and *Shigella sp.*, posing risks to public health and the environment. Therefore, an effective wastewater treatment is required to reduce these bacteria.

Methods : This study used an in vitro experimental laboratory design with pre and post HWW samples from a type C hospital in Malang. Bacterial identification was performed using Salmonella Shigella Agar (SSA), Gram staining, and biochemical tests (IMViC and TSI). Data were analyzed using the Wilcoxon Signed-Rank Test.

Results and Discussion : The mean count of *Salmonella sp.* in pre-HWW samples was 1.89×10^1 CFU/mL and was not detected in post-HWW samples ($p = 0.017$). Meanwhile, *Shigella sp.* decreased from 2.01×10^3 CFU/mL to 3.23×10^2 CFU/mL, but the reduction was not statistically significant ($p = 0.008$). The effectiveness of HWW reached 100% for *Salmonella sp.* and 83.92% for *Shigella sp.* These findings indicate that the HWW was effective in eliminating *Salmonella sp.*, but less effective against *Shigella sp.*, likely due to suboptimal disinfectant dosing, insufficient contact time, and wastewater characteristics that hinder the disinfection process.

Conclusion : The HWW system was effective in reducing bacterial levels but was not fully effective in eliminating *Shigella sp.*, indicating that microbiological standards have not been fully achieved.

Keywords : Hospital wastewater treatment, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, hospital wastewater, effectiveness of hospital wastewater

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air Limbah rumah sakit dihasilkan dari berbagai aktivitas yang berlangsung di rumah sakit dan mengandung mikroorganisme yang bervariasi sesuai dengan tipe fasilitas kesehatan serta proses pengolahan limbahnya (Harum, 2022). Mikroorganisme oportunistik yang umum ditemukan dalam air limbah meliputi Gram Negatif seperti *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, strain patogen *Escherichia coli*, *Campylobacter spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Klebsiella pneumoniae*, serta bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus*, *Enterococcus sp.*, dan *Staphylococcus aureus* (Yuan & Pian, 2023; Sukertiasih *et al.*, 2021). Air limbah rumah sakit berisiko tinggi bagi kesehatan dan lingkungan karena bersifat infeksius serta mengandung patogen, polutan toksik, radioaktif, dan obat-obatan termasuk antibiotik (Yuan *et al.*, 2021).

Untuk mencegah dampak negatif air limbah, rumah sakit diwajibkan memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Berdasarkan Permenkes No. 40 Tahun 2022, IPAL dirancang dengan pemisahan saluran antara pipa *grey water* (air bekas) dan *black water* (air kotor bercampur padatan). Limbah dari toilet, laundry, ruang perkantoran, maupun area lain rumah sakit dialirkan ke *septic tank* terlebih dahulu. Limbah dapur melalui bak kontrol dan pemisah lemak (*grease trap*), kemudian dialirkan masuk *septic tank*. Sementara itu, limbah laboratorium melewati alat netralisasi terlebih dahulu, lalu dialirkan menuju *septic tank*. Semua limbah dari *septic tank* akhirnya

dialirkan dan diolah di IPAL (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2022).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 11 tahun 2025, fasilitas Kesehatan yang menangani air limbah domestik yang telah mematuhi SOP pengelolaan air limbah yang sah, diwajibkan untuk memastikan bahwa hasil pengujian untuk keberadaan bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* harus negatif. Meskipun air limbah telah di proses di IPAL, sebagian besar bakteri memang dapat dihilangkan, tetapi masih ada sejumlah sel bakteri yang hidup (*viable*) yang lolos dan masuk ke perairan (Karkman *et al.*, 2018). Hal ini bisa disebabkan oleh ketidakefektifan sistem IPAL mencakup faktor teknis dan operasional, seperti dosis desinfektan yang tidak mencukupi, waktu kontak yang kurang, serta kuantitas air limbah dan beban bakteri yang tinggi (Ray & Jain, 2014). Selain itu bakteri juga memiliki mekanisme respon stres adaptif yang membuat bakteri bisa bertahan hidup dalam lingkungan yang (Dawan & Ahn, 2022). Studi sebelumnya terkait keberadaan bakteri *Salmonella sp.* pada air limbah telah dilakukan dan ditemukan sebesar 75% pada sampel air limbah (M'ikanatha *et al.*, 2024). Studi lain menunjukkan baik air limbah rumah sakit maupun non-rumah sakit, ditemukan bakteri *Shigella sp.* dengan prevalensi 10,97% (Tilahun *et al.*, 2025) yang menunjukkan bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* bisa bertransmisi ke lingkungan.

Prevalensi penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* masih menjadi perhatian di fasilitas pelayanan kesehatan, khususnya di negara berkembang dengan sanitasi yang belum optimal. Secara

klinis, bakteri *Salmonella sp.* diketahui menyebabkan salmonellosis berupa gastroenteritis, demam tifoid, hingga bakteremia invasif, sedangkan *Shigella sp.* merupakan agen utama shigellosis yang menyebabkan diare akut, disentri basiler, demam, dan komplikasi gastrointestinal (Ranjan *et al.*, 2026; Baker & Chung, 2018). Berdasarkan data rekam medis di salah satu rumah sakit tipe C di Kota Malang, tercatat sebanyak 29 pasien dengan diagnosis tifoid selama periode Maret 2025 hingga Februari 2026. Data ini menunjukkan bahwa infeksi enterik akibat *Salmonella* masih ditemukan pada fasilitas kesehatan tersebut. Rumah sakit tipe C dipilih sebagai lokasi penelitian karena berperan sebagai fasilitas rujukan tingkat lanjutan yang menangani kasus penyakit umum, termasuk pasien dengan gejala gastrointestinal seperti diare, demam, muntah, dan dehidrasi sebelum dirujuk ke rumah sakit dengan fasilitas yang lebih tinggi apabila terjadi komplikasi. Kondisi tersebut meningkatkan potensi masuknya bakteri enterik patogen ke dalam sistem pembuangan limbah rumah sakit, sehingga air limbah yang dihasilkan berisiko mengandung *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.*

Apabila kondisi ini terjadi secara terus-menerus, maka air limbah rumah sakit dapat berperan sebagai media penyebaran penyakit infeksius dan kontaminasi lingkungan. Sebagian besar penelitian sebelumnya di Indonesia masih berfokus pada identifikasi *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* pada makanan, minuman, atau kasus klinis pasien, sementara penelitian mengenai keberadaan kedua bakteri tersebut pada air limbah rumah sakit, khususnya perbandingan antara air limbah pre-IPAL dan post-IPAL, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk

mengevaluasi keberadaan *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* pada sistem IPAL rumah sakit sebagai indikator efektivitas pengolahan limbah dan potensi risiko transmisi ke lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat bakteri *Salmonella sp.* pada sampel air limbah *pre* dan *post* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit berdasar isolasi media *Salmonella Shigella Agar*?
2. Apakah terdapat bakteri *Shigella sp.* pada sampel air limbah *pre* dan *post* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit berdasar isolasi media *Salmonella Shigella Agar*?
3. Bagaimana Efektivitas IPAL dalam menurunkan jumlah bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.*?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menilai efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit dalam menurunkan keberadaan bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* pada air limbah rumah sakit.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui adanya bakteri *Salmonella sp.* pada sampel air limbah *pre* dan *post* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit berdasar isolasi media *Salmonella Shigella Agar*.
2. Mengetahui adanya bakteri *Shigella sp.* pada sampel air limbah *pre* dan *post* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit berdasar isolasi media *Salmonella Shigella Agar*.

3. Mengetahui Efektivitas IPAL dalam menurunkan jumlah bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.*

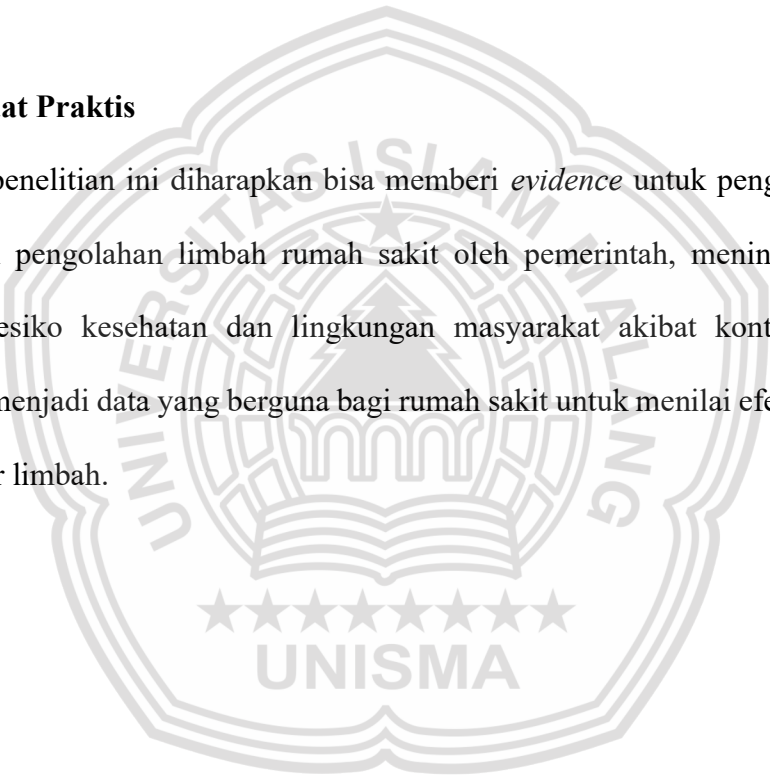
1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi kontribusi ilmiah mengenai keberadaan pada air limbah rumah sakit, efektivitas proses pengolahan air limbah dalam mengurangi kontaminasi mikrobiologis, serta referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.4.2 Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan bisa memberi *evidence* untuk pengawasan dan kebijakan pengolahan limbah rumah sakit oleh pemerintah, meningkatkan pencegahan resiko kesehatan dan lingkungan masyarakat akibat kontaminasi limbah, serta menjadi data yang berguna bagi rumah sakit untuk menilai efektivitas pengolahan air limbah.



BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah saya lakukan menunjukkan bahwa hasil isolasi pada media *Salmonella Shigella Agar* (SSA) menunjukkan bahwa sampel air limbah rumah sakit pre dan post Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) mengandung bakteri *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, dan *Escherichia coli*. Uji konfirmasi spesifik telah dilaksanakan melalui pewarnaan Gram, uji oksidase, uji IMVIC, dan uji *Triple Sugar Iron* (TSI) mengarah pada bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* Rerata jumlah *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* pada saluran menunjukkan perbedaan signifikan antara pre dan post-IPAL. Berdasarkan penilaian efektivitas, dapat disimpulkan bahwa IPAL efektif dalam mengeliminasi *Salmonella sp.*, namun kurang efektif dalam mengeliminasi *Shigella sp.*

7.2 Saran

Beberapa keterbatasan dalam penelitian ini yaitu identifikasi bakteri masih menggunakan metode konvensional sehingga akurasi spesies terbatas, terutama pada isolat *Shigella sp.* yang menunjukkan hasil biokimia tidak sepenuhnya sesuai karakteristik standar. Penelitian ini juga belum menganalisis faktor operasional IPAL seperti kadar residu klorin, waktu kontak desinfeksi, dan debit limbah yang dapat memengaruhi efektivitas eliminasi bakteri, serta jumlah sampel dan periode pengambilan yang masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode molekuler seperti PCR untuk identifikasi spesifik bakteri, serta menambahkan parameter operasional IPAL meliputi HRT, SRT, rasio F/M, kadar TSS, residu klorin bebas, nilai *CT* klorinasi, dan memperluas jumlah dan waktu pengambilan sampel agar hasil lebih representatif.

Bagi pihak rumah sakit, perlu dilakukan evaluasi rutin terhadap kinerja IPAL, khususnya pada dosis klorin, waktu kontak disinfeksi, pemeliharaan sistem, serta monitoring mikrobiologis secara berkala untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah dan menurunkan risiko *waterborne disease*.



DAFTAR PUSTAKA

- Ajala, O., Tijani, J., Salau, R., Abdulkareem, A., & Aremu, O. (2022). A review of emerging micro-pollutants in hospital wastewater: Environmental fate and remediation options. *Results in Engineering*, 16, 100671. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100671>
- Ajmera A, Shabbir N. Salmonella. [Updated 2023 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555892/>
- Alkahtani, M. Q., Morabet, R. E., Khan, R. A., & Khan, A. R. (2024). Pharmaceuticals removal from hospital wastewater by fluidized aerobic bioreactor in combination with tubesettler. *Scientific Reports*, 14(1), 24052. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73494-6>
- Aslam A, Hashmi MF, Okafor CN. Shigellosis. [Updated 2024 Feb 26]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482337/>
- Baker, S., & Chung, H. (2018). Recent insights into Shigella: a major contributor to the global diarrhoeal disease burden. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 31(5), 449–454. <https://doi.org/10.1097/qco.0000000000000475>
- Bhandari, G., Chaudhary, P., Gangola, S., Gupta, S., Gupta, A., Rafatullah, M., & Chen, S. (2023). A review on hospital wastewater treatment technologies: Current management practices and future prospects. *Journal of Water Process Engineering*, 56, 104516. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104516>
- Cappuccino, J.G., & Welsh, C. (2019). *Microbiology : a laboratory manual*. Pearson Education South Asia Ptd Ltd.
- Dawan, J., & Ahn, J. (2022). Bacterial stress responses as potential targets in overcoming antibiotic resistance. *Microorganisms*, 10(7), 1385. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071385>

- Elouali, A., Ouerradi, N., Ayad, G., Babakhouya, A., & Rkain, M. (2023). Salmonella meningitis in a young Infant: a case report. *Cureus*, 15(8), e44147. <https://doi.org/10.7759/cureus.44147>
- Gu, B. (2024). Diarrheagenic shigella. In *Elsevier eBooks* (pp. 1045–1051). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818619-0.00114-3>
- Hale, TL, & Keusch, GT (2020). *Shigella*. Nih.gov; Cabang Medis Universitas Texas di Galveston. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK8038/>
- Harum, K. J. (2022). Manajemen Pengelolaan Air Limbah Di Rumah Sakit.
- Heredia, N., & García, S. (2018). Animals as sources of food-borne pathogens: A review. *Animal Nutrition*, 4(3), 250–255. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.006>
- Ismael, S. S., Abdullah, B. H., & Abdullah, B. I. From Farm to Fork: The Zoonotic Transmission of Salmonella spp. and the Rise of Antimicrobial Resistance. (2025). *Holistic Health and Antimicrobial Resistance: A Zoonotic Perspective*. <https://doi.org/10.47278/book.hh/2025.284>
- Jupri, A., Putri, N. H., Supardiono, S., Ahyadi, H., & Hidayati, L. (2025). Instalasi pengolahan air limbah Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 11(1), 149–157. <https://doi.org/10.29303/jstl.v11i1.860>
- Karkman, A., Do, T. T., Walsh, F., & Virta, M. P. J. (2018). Antibiotic-Resistance Genes in Waste Water. *Trends in microbiology*, 26(3), 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.09.005>
- Kumari, A., Maurya, N. S., & Tiwari, B. (2020). Hospital wastewater treatment scenario around the globe. In *Elsevier eBooks* (pp. 549–570). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819722-6.00015-8>
- Lan, L., Wang, Y., Chen, Y., Wang, T., Zhang, J., & Tan, B. (2025). A Review on the Prevalence and Treatment of Antibiotic Resistance Genes in Hospital Wastewater. *Toxics*, 13(4), 263. <https://doi.org/10.3390/toxics13040263>

- Lin, K., Wu, N., Liu, S., Yao, J., You, H., Heng, S., Wang, X., Huang, J., Pullammanappallil, P., & Yang, S. (2026). Advanced Treatment and Disinfection of Hospital Wastewater: Progress, Monitoring Gaps, and Trends. *Water*, 18(5), 605. <https://doi.org/10.3390/w18050605>
- M'ikanatha, N. M., Goldblum, Z. S., Cesari, N., Nawrocki, E. M., Fu, Y., Kovac, J., & Dudley, E. G. (2024). Outbreak-associated *Salmonella* Baildon found in wastewater demonstrates how sewage monitoring can supplement traditional disease surveillance. *Journal of clinical microbiology*, 62(10), e0082524. <https://doi.org/10.1128/jcm.00825-24>
- Morse, S. A., Mietzner, T. A., Miller, S., & Riedel, S. (2019). *Jawetz Melnick & Adelbergs Medical Microbiology 28 e*. McGraw-Hill Education / Medical.
- Muzembo, B. A., Kitahara, K., Mitra, D., Ohno, A., Khatiwada, J., Dutta, S., & Miyoshi, S.-I. (2023). Shigellosis in Southeast Asia: A systematic review and meta-analysis. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 52, 102554. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2023.102554>
- Nissa, L. I. K., Rahayu, Y. P., Mambang, D. E. P., & Daulay, A. S. (2023). Prevalensi bakteri *Salmonella* sp. pada daging ayam potong di pasar tradisional, pasar modern, dan merek terkenal di kota Medan. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 1842-1853.
- Oktaria, V., Murni, I. K., Handley, A., Donato, C. M., Nuryastuti, T., Supriyati, E., McCarthy, D. T., Watts, E., Dinari, R., Sari, H. M., Thobari, J. A., Laksono, I. S., & Bines, J. E. (2025). Environmental surveillance for *Salmonella* Typhi to detect the typhoid burden in Yogyakarta, Indonesia. *International journal of hygiene and environmental health*, 266, 114572. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2025.114572>
- Olmedo-Reneaum, A., Molina-Jaimes, A., Conde-Vazquez, E., & Montero-Vazquez, S. (2020). Rosai-Dorfman disease and superinfection due to *Salmonella enterica* and *Mycobacterium avium* complex in a patient living with HIV. *IDCases*, 19, e00698. <https://doi.org/10.1016/j.idcr.2020.e00698>

- Pakbin, B., Brück, W. M., & Brück, T. B. (2023). Molecular Mechanisms of *Shigella* Pathogenesis; Recent Advances. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2448. <https://doi.org/10.3390/ijms24032448>
- Parida, V.K., Sikarwar, D., Majumder, A. and Gupta, A.K. (2022). An Assessment of Hospital Wastewater and Biomedical Waste generation, Existing legislations, Risk assessment, Treatment processes, and Scenario during COVID-19. *Journal of Environmental Management*, 308, p.114609. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114609>.
- Sukertiasih, N. K., Megawati, F., Meriyani, H., & Sanjaya, D. A. (2021). Studi retrospektif gambaran resistensi bakteri terhadap antibiotik. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 7(2), 108-111.
- Talukder, H., Roky, S.A., Debnath, K. *et al.* Prevalence and Antimicrobial Resistance Profile of *Salmonella* Isolated from Human, Animal and Environment Samples in South Asia: A 10-Year Meta-analysis. *J Epidemiol Glob Health* 13, 637–652 (2023). <https://doi.org/10.1007/s44197-023-00160-x>
- Taraz Samandari, & Okafor, C. N. (2025, December 13). *Shigellosis*. Nih.gov; StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482337/>
- Tilahun, M., Shibabaw, A., & Adane, M. (2025). Prevalence and multidrug resistance patterns of bacterial pathogens in wastewater and drinking water systems from hospital and non-hospital environments in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *BMC infectious diseases*, 25(1), 250. <https://doi.org/10.1186/s12879-025-10660-9>
- Tortora, G. J., Funke, B. R., Case, C. L., Bair, W., & Weber, D. (2018). *Microbiology: An Introduction*.
- Wahyuni, S., Erina, Ak, M. D., Fakhurrrazi, Jalaluddin, M., & Helmi, T. Z. (2022). ISOLASI *SALMONELLA SP.* DAN PREVALENSINYA PADA TEMBOLOK (INGLUVIENS) AYAM BURAS DAN AYAM RAS DI PASAR AYAM PEUNAYONG KOTA BANDA ACEH (Isolation of *Salmonella sp.* and Prevalence from Crops (Ingluviens) in Local Chicken

and Broiler in Poultry Market Peunayong Banda Aceh). *Jurnal Sain Veteriner*, 40(3), 314. <https://doi.org/10.22146/jsv.64584>

Yuan, T., & Pian, Y. (2023). Hospital wastewater as hotspots for pathogenic microorganisms spread into aquatic environment: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1091734>

