

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DALAM MENGOLAH LIMBAH CAIR DOMESTIK

Syamsu Alam^{1*}, Mokoginta Jusran², Jasman³, Anselmus Kabuhung⁴,

Joy V. I. Sambuaga⁵, Rahman Suleman⁶, Sherly Wahyuni⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Manado, Indonesia

syamsyualam@poltekkes-manado.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku, setiap kegiatan atau usaha yang menghasilkan limbah (padat atau cair), wajib melakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah domestik mengandung lemak, deterjen, dan padatan tersuspensi yang apabila dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan, dapat mempengaruhi kualitas lingkungan serta dapat menimbulkan penyakit bagi manusia. (1) Masalah; IPAL di Poltekkes Manado telah didesain serta dibuat sesuai standar, tetapi tidak beroperasi secara optimal; (2) Tujuan pengabdian; untuk mengevaluasi kinerja IPAL yang ada di Poltekkes Manado; (3) Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah observasi langsung ke lapangan guna meninjau dan mengevaluasi kinerja IPAL tersebut. Mitra dalam kegiatan ini adalah Perguruan tinggi yaitu Poltekkes Kemenkes Manado, melibatkan Direktur, dan pengelola sarana pra sarana di Direktorat Poltekkes Kemenkes Manado. Evaluasi dalam bentuk simulasi pengolahan limbah cair menggunakan IPAL yang ada, untuk mengidentifikasi komponen IPAL yang berfungsi ataupun tidak; dan (4) Hasil yang telah dicapai pasca observasi lapangan, ditemukan bahwa beberapa komponen IPAL sudah rusak/tidak berfungsi seperti bak penampungan yang sudah tidak kokoh, kran untuk injeksi kimia telah berkarat, sekat antar bagian IPAL sudah jebol, dan debit air limbah yang terlalu sedikit sehingga pengolahan tidak maksimal.

Kata Kunci: Limbah Cair; Limbah Domestik; IPAL.

Abstract: In accordance with applicable laws and regulations, every activity or business that produces waste (solid or liquid) is required to process the waste before it is disposed of into the environment. Domestic waste contains fats, detergents and suspended solids which, if disposed of directly into the environment without processing, can affect environmental quality and can cause disease in humans. (1) Problem; The IPAL at the Manado Health Polytechnic has been designed and built according to standards, but is not operating optimally; (2) Purpose of service; to evaluate the performance of the IPAL at the Manado Health Polytechnic; (3) The method used in this activity is direct observation in the field to review and evaluate the performance of the IPAL. Partners in this activity are universities, namely the Poltekkes Kemenkes Manado, involving the Director and managers of pre-advice facilities at the Directorate of Poltekkes Kemenkes Manado. Evaluation in the form of a liquid waste processing simulation using existing IPAL, to identify IPAL components that are functional or not; dan (4) Results that have been achieved after field observations, it was found that several components of the WWTP were damaged/not functioning, such as storage tanks that were no longer sturdy, taps for chemical injection were rusty, partitions between parts of the WWTP were broken, and wastewater discharge was too little. so processing is not optimal.

Keywords: Liquid Waste; Domestic Waste; WWTP.



Article History:

Received: 09-12-2024

Revised : 03-01-2025

Accepted: 06-01-2025

Online : 08-02-2025



This is an open access article under the
[CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Permasalahan limbah cair sampai saat ini masih menjadi perhatian baik di Indonesia maupun di negara lainnya. Selain Indonesia, fokus terhadap pengolahan limbah cair juga dilakukan oleh beberapa Negara di Asia diantaranya Singapura (Yew, 2019), Malaysia (Ariffin & Sulaiman, 2015), (Chokewinyoo & Khanayai, 2013), Vietnam (Dang et al., 2022), bahkan di benua Eropa dan Amerika pun masih fokus berinovasi terkait pengolahan limbah cair (Pistocchi et al., 2019; Warren-Vega et al., 2023).

Limbah cair dapat berbahaya bagi lingkungan (Enrico, 2019; Puspitasari, 2012; Wulandari & Nasution, 2017), dan kesehatan manusia (Muslim et al., 2020; Puspitasari, 2012), apabila dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan. Berbagai macam teknik pengolahan limbah cair pun sudah dibuat oleh beberapa pihak, yang bertujuan untuk menghilangkan zat polutan dan bakteri patogen dalam limbah cair, sehingga ketika dibuang ke lingkungan limbah cair tersebut tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat, baik limbah industri (Gameissa et al., 2012; Martini et al., 2020), limbah cair fasyankes (Erlanda, 2019), serta limbah cair lainnya (Herlambang & Martono, 2018; Irianto, 2016; Sholichin, 2021).

Berbagai upaya telah dilakukan demi mengendalikan pencemaran lingkungan di Indonesia, namun masih mengalami beberapa hambatan. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Tahun 2019, kasus pencemaran lingkungan mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Misalnya pada 2015, DLHK mencatat 5.000 kasus pencemaran lingkungan terjadi, kemudian pada tahun 2016 sebanyak 2.000 kasus, pada tahun 2017 dan 2018 terdapat 9.000 kasus, hingga pada tahun 2019 tercatat 4.000 kasus pencemaran lingkungan terjadi. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan salah satu solusi dalam mengolah air limbah, sehingga ketika dibuang ke lingkungan tidak menyebabkan pencemaran. Oleh karena itu, IPAL haruslah berfungsi dengan baik, tidak boleh terdapat kerusakan pada setiap komponennya, sehingga dapat menghilangkan polutan pada limbah cair (Aprita, 2019; Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019; Goni et al., 2021).

Poltekkes Kemenkes Manado sebagai salah satu Pendidikan Vokasi yang dalam pelaksanaan kegiatannya tidak lepas dari limbah cair, telah berupaya untuk melakukan pengolahan terhadap limbah tersebut melalui penyediaan IPAL di Kampus A. Tetapi pada kenyataannya, IPAL tersebut tidak berfungsi sebagaimana mestinya, sehingga masalah ini perlu diidentifikasi penyebabnya, serta ditemukan solusi yang tepat untuk penyelesaian masalah tersebut.

Sehingga pada tahap awal di tahun 2024 ini, tim Pengabmas melakukan identifikasi terhadap permasalahan yang menyebabkan IPAL tersebut tidak berfungsi secara normal. Setelah tahap identifikasi ini, tim pengabmas selanjutnya merumuskan solusi terhadap permasalahan yang

ditemukan, dan menindaklanjuti hasil tersebut pada tahun 2025. Berdasarkan permasalahan yang ditemukan dari hasil identifikasi tersebut, maka tujuan kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah untuk mengevaluasi kinerja IPAL, serta memberikan solusi terkait permasalahan yang ditemukan.

B. METODE PELAKSANAAN

Politeknik Kesehatan Kemenkes Manado adalah sebagai lembaga penyelenggara pendidikan profesional tenaga kesehatan yang dibentuk berdasarkan keputusan Menteri kesehatan dan Kesejahteraan Sosial nomor 298/Menkes.Kesos/SK/IV/2001 tanggal 16 April 2001 yang awalnya terdiri dari beberapa Akademi yaitu Akademi Keperawatan, Akademi Kebidanan, Akademi Gizi, Akademi Kesehatan Lingkungan. Pada saat ini Politeknik Kesehatan Kemenkes Manado memiliki Pendidikan Profesi Ners, 4 Program Studi Sarjana Terapan, yaitu Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Sarjana Terapan Kebidanan, Sarjana Terapan Gizi dan Sarjana Terapan Promosi Kesehatan serta memiliki 7 Program Studi Diploma III, yaitu Diploma Tiga Keperawatan, Diploma Tiga Kebidanan, Diploma Tiga Gizi, Diploma Tiga Sanitasi, Diploma Tiga Farmasi dan Diploma Tiga Kesehatan Gigi dan Diploma Tiga Teknologi Laboratorium Medis.

Penggabungan beberapa Akademi di Lingkungan Departemen Kesehatan menjadi Politeknik Kesehatan merupakan salah satu upaya pengembangan sumber daya tenaga kesehatan yang harus pula disesuaikan dengan adanya perubahan kebijakan dan perangkat ketentuan penyelenggaraan pendidikan Tenaga Kesehatan. Berdasarkan Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 399/KMK.05/2019 Tanggal 13 Mei 2019, Politeknik Kesehatan Kemenkes Manado berubah menjadi salah satu satuan kerja pada Kementerian Kesehatan yang menerapkan pengelolaan keuangan Badan Layanan Umum dan menggunakan Pola tarif sesuai PMK 55/PMK.05/2021 Pada saat ini Politeknik Kesehatan Kemenkes Manado memiliki 5 Program Studi Diploma IV, yaitu D-IV Kesehatan Lingkungan (Minat Epidemiologi Lingkungan & PAPLC), D-IV Gizi (Minat Gizi Klinik & Gizi Masyarakat), D-IV Kebidanan (Minat Bidan Pendidik), D-IV Keperawatan (Minat Gawat Darurat), dan D-IV Promosi Kesehatan, serta memiliki 6 Program Studi Diploma III, yaitu D-III Keperawatan, D-III Kebidanan, D-III Gizi, D-III Kesehatan Lingkungan, D-III Farmasi dan D-III Kesehatan Gigi serta 1 Program Studi Profesi yaitu Profesi Ners.

Metode pelaksanaan yang dilakukan pada kegiatan ini yaitu terdiri dari beberapa tahapan, yaitu tahap pra kegiatan, tahap pelaksanaan kegiatan, tahap evaluasi, dan tahap Penyusunan laporan dan Tindak lanjut. Bentuk kegiatan yaitu berupa survey langsung ke lapangan untuk meninjau dan mengevaluasi kinerja IPAL, serta hambatan atau masalah yang terdapat pada operasional IPAL tersebut. Tim Pengabmas terlebih dahulu berdiskusi

bersama Direktur dan pengelola sarana pra sarana di Direktorat Poltekkes Kemenkes Manado.

Kegiatan ini merupakan bentuk pelaksanaan tridarma Perguruan Tinggi oleh dosen Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Manado dalam bidang Pengabdian kepada Masyarakat. Masalah yang dikaji berdasarkan informasi yang diperoleh dari masyarakat yang tinggal di sekitar Kampus A Poltekkes Kemenkes Manado, dimana mereka mengeluhkan tentang bau yang kurang sedap yang diduga berasal dari limbah cair Poltekkes Manado. Sehingga dengan gerak cepat, pimpinan Poltekkes Manado segera menginstruksikan kepada dosen-dosen Jurusan Kesehatan Lingkungan untuk meninjau kinerja IPAL yang ada di Kampus A. Mitra yang terlibat dalam kegiatan ini adalah Direktorat Poltekkes Kemenkes Manado dan Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Manado. Lama pelaksanaan kegiatan ini adalah 2 bulan, dimulai dari bulan September hingga November 2024. Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam kegiatan ini adalah:

1. Pra Kegiatan (Koordinasi)

Tahap ini dilakukan pada bulan September 2024, dimana tim berkoordinasi dengan Direktur Poltekkes Kemenkes Manado terkait garis besar kegiatan. Setelah berkoordinasi dengan Direktur, dosen-dosen Jurusan Kesehatan Lingkungan berkoordinasi secara internal terkait teknis pelaksanaan pemantauan dan evaluasi kinerja IPAL. Pada tahapan ini, Tim Pengabmas berdiskusi dengan Direktur terkait teknis kegiatan, serta solusi yang dapat diberikan. Hasil dari diskusi ini mencakup uji coba IPAL, identifikasi komponen-komponen IPAL yang bermasalah atau perlu dilakukan penggantian. Pada kegiatan ini juga, dibahas mengenai anggaran yang dibutuhkan dalam pelaksanaan kegiatan ini. Direktur Poltekkes Kemenkes Manado bersedia memfasilitasi segala kebutuhan yang diperlukan demi terlaksananya kegiatan ini.

2. Pelaksanaan Kegiatan (Observasi)

Pada tahap ini, tim pengabmas berkomunikasi dengan bagian umum Potlekkes Kemenkes Manado terkait pemeliharaan IPAL. Tim pengabmas juga meminta *blue print* dari IPAL tersebut untuk mengetahui konstruksi pastinya. Observasi dilakukan dengan mengamati alur limbah cair yang mengalir ke IPAL, serta kesesuaian dengan kapasitas IPAL. Pada kegiatan ini juga, Tim Pengabmas memeriksa setiap komponen-komponen IPAL, mulai dari badan IPAL, penambahan bahan kimia dan bakteriologi, penambahan oksigen, hingga *output* yang dihasilkan.

3. Evaluasi

Pada tahap ini, tim pengabmas melakukan evaluasi terkait fungsi komponen-komponen IPAL melalui proses simulasi untuk melihat komponen yang tidak berfungsi. Tim Pengabmas mengambil air bersih sebagai bahan simulasi, dan mengalirkannya ke dalam bak penampungan IPAL sampai penuh. Setelah itu, air tersebut dialirkan ke bak-bak yang ada di dalam IPAL. Penambahan bahan kimia seperti PAC dan bakteriologis pun dilakukan untuk melihat apakah komponen-komponen tersebut berfungsi dengan baik. Tahap evaluasi ini dilakukan hingga air tersebut keluar pada saluran *outlet* IPAL.

4. Penyusunan Laporan dan Tindak Lanjut

Pada tahap ini, tim pengabmas melakukan penyusunan laporan yang berisi temuan terkait kinerja IPAL, serta memberikan solusi terhadap temuan tersebut.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pemantauan kinerja IPAL dalam bentuk pengabmas dilakukan sebagai wujud pelaksanaan tridarma Perguruan Tinggi oleh dosen di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Manado, serta solusi terhadap permasalahan yang dihadapi oleh Poltekkes Kemenkes Manado terkait pengolahan limbah cair domestik yang dihasilkan. Mitra dari kegiatan ini adalah Poltekkes Kemenkes Manado, Kampus A yang berlokasi di Jl. Wolter Monginsidi, Malalayang Dua, Kec. Malalayang, Kota Manado.

1. Pra Kegiatan (Koordinasi)

Tim Pengabmas berkoordinasi dengan Direktur Poltekkes Kemenkes Manado, dan Pusat Penelitian dan Pengamas (PPM) terkait pelaksanaan kegiatan PKM. Saran yang diberikan oleh Direktur adalah melakukan identifikasi apakah IPAL tersebut masih layak berfungsi atau tidak. Selanjutnya Direktur juga menginstruksikan untuk menyusun kebutuhan anggaran apabila ditemukan komponen-komponen IPAL yang perlu penggantian atau perawatan. Selanjutnya Tim Pengabmas melakukan observasi mengenai operasional IPAL yang ada di Kampus A, Poltekkes Kemenkes Manado. Tim Pengabmas juga melakukan pemetaan tiap-tiap komponen IPAL sesuai dengan spesifikasi dan peruntukannya



Gambar 1. Observasi awal tim pengabmas bersama bagian pemeliharaan Poltekkes Kemenkes Manado

Dapat dilihat pada Gambar 1 di atas, Tim Pengabmas didampingi oleh bagian sarana pra sarana Poltekkes Kemenkes Manado melakukan observasi atau survey awal pada IPAL yang ada di Kampus A.

2. Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan dilaksanakan berdasarkan pada hasil diskusi dengan Direktur Poltekkes Kemenkes Manado. Tim pengabmas melakukan identifikasi sumber limbah cair yang ada di Kampus A, Poltekkes Kemenkes Manado, yaitu: (a) Bangunan gedung jurusan yang ada di Kampus A (toilet dan *pantry*); (b) Laboratorium; dan (c) Kantin. Setelah melakukan identifikasi, tim pengabmas meninjau keadaan di sekitar IPAL untuk melihat ada tidaknya terdapat kebocoran limbah cair. Kemudian tim melanjutkan pada pemeriksaan komponen IPAL. Adapun temuan pada tahapan pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pada saat pelaksanaan kegiatan, ditemukan bahwa IPAL sudah tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya.
- b. Limbah cair yang masuk ke dalam bak penampungan ipal <1000 liter/hari.
- c. Sistem *timer* untuk mengatur aliran limbah pada IPAL sudah tidak berfungsi.



Gambar 2. Peninjauan sistem kelistrikan IPAL



Gambar 3. Tim pengabmas melakukan simulasi IPAL

Pada Gambar 3 di atas, Tim Pengabmas melakukan simulasi pengolahan limbah cair menggunakan air bersih sebagai bahan simulasi. IPAL diisi dengan air bersih hingga kapasitasnya penuh, kemudian air bersih tersebut diproses pada unit IPAL hingga mencapai *outlet*. Segala bentuk temuan yang ada pada kegiatan ini, kemudian dicatat dan dilaporkan kepada Direktur.

3. Evaluasi

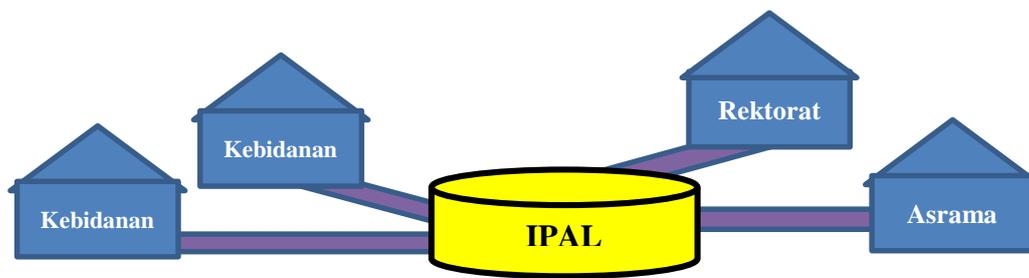
Pada tahap ini, bentuk evaluasi yang dilakukan oleh adalah proses simulasi pengolahan air limbah menggunakan air bersih. Hal ini dilakukan untuk melihat aliran limbah dari tahap bak penampungan hingga pada saat keluar di *outlet* menjadi air bersih. Setelah dilakukan evaluasi, diperoleh temuan sebagai berikut:

- a. *Body* IPAL sudah lapuk sehingga tidak bias menampung air limbah dalam jumlah besar.
- b. Reaktor bahan kimia dan bakteriologis tidak berjalan dengan lancar karena kran pada reaktor tersebut sudah berkarat.
- c. Sekat antara bak pengolahan satu dengan lainnya sudah jebol diakibatkan sekat tersebut sudah lapuk
- d. Aliran limbah dari beberapa bangunan yang ada di Kampus A, Poltekkes Kemenkes Manado tidak mengalir lancar ke IPAL, sehingga menyebabkan debit air limbah pada IPAL berkurang dan tidak dapat diolah dengan baik.

4. Penyusunan Laporan dan Tindak Lanjut

Setelah melakukan tahapan kegiatan 1 sampai 3, tim pengabmas selanjutnya menyusun laporan hasil temuan tersebut untuk diserahkan ke Direktur Poltekkes Kemenkes Manado agar dapat ditindak lanjuti. Adapun bentuk tindak lanjut yang diberikan yaitu meremajakan kembali body IPAL agar dapat menampung debit air limbah dalam jumlah yang besar. Kemudian Memasang flow meter pada IPAL sehingga debit air limbah dapat dipantau. Serta membuat system pengolahan air limbah yang tersentralisasi, sehingga debit air limbah yang masuk, sesuai dengan kapasitas penamoungan yang ada (1000 liter/hari).

Tim Pengabmas kemudian menyusun kembali RAB yang diperlukan, sehingga dapat tergambar dengan jelas besaran dana yang diperlukan beserta justifikasinya. Kapasitas bak penampungan akhir juga menjadi catatan karena terlalu kecil, sehingga perlu dilakukan perluasan. Di dalam rumah IPAL juga perlu dibuatkan tempat khusus penyimpanan limbah B3. Disarankan juga untuk seluruh bangunan/gedung di Kampus A yang diidentifikasi sebagai sumber limbah, harus dilengkapi dengan bak. Adapun skema pengolahan limbah cair yang diusulkan tim Pengabmas adalah seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Sumber Pengolahan Limbah Cair

D. SIMPULAN DAN SARAN

Setelah pelaksanaan kegiatan, dapat disimpulkan bahwa penyebab utama dari tidak optimalnya kinerja IPAL di Kampus A, Poltekkes Kemenkes Manado adalah disebabkan oleh belum terpusatnya aliran limbah cair dari seluruh bangunan/gedung di Kampus A, sehingga debit air limbah sangat sedikit untuk ditampung dan diolah pada IPAL. Selain itu, kurangnya proses pengawasan dan pemeliharaan juga adalah penyebab dari ketidak optimalnya kinerja IPAL. Berdasarkan kegiatan pemantauan kinerja IPAL yang sudah dilakukan, tim pengabmas memberikan saran Poltekkes Kemenkes Manado, khususnya dibagian pemeliharaan, agar senantiasa mengawasi komponen-komponen pada IPAL. Jika ditemukan ada komponen yang rusak/butuh perbaikan, maka diharapkan agar segera ditindaklanjuti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Pengabmas mengucapkan terima kasih banya kepada, seluruh pihak yang telah memeberikan sumbangsih berupa saran dan masukan yang sangat berarti, sehingga kegiatan ini dapat terlaksana. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada bagian umum dan pemeliharaan Poltekkes Kemenkes Manado yang sudah bersedia memberikan data dan berkonsultasi dengan tim pengabmas, serta mendampingi tim pengabmas dari tahap observasi hingga simulasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Ariffin, M., & Sulaiman, S. N. M. (2015). Regulating Sewage Pollution of Malaysian Rivers and its Challenges. *Procedia Environmental Sciences*, *30*, 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.030>
- Chokewinyoo, P., & Khanayai, P. (2013). Wastewater production, treatment, and use in Thailand. *5th Regional Workshop on Safe Use of Wastewater in Agriculture*, 1–4.
- Dang, B.-T., Trang, N. T. D., Thao, V. T. P., Dieu, N. T. N., Vo, T.-K.-Q., Nguyen, N.-K.-Q., Tran, C.-S., Nguyen, P.-D., Jegatheesan, V., & Bui, X.-T. (2022). *Wastewater Pollution in Urban Canals of Vietnam: Restoration Using Nature-Based Solutions* (Issue January). https://doi.org/10.1007/978-3-031-18412-3_6
- Enrico, E. (2019). Dampak Limbah Cair Industri Tekstil Terhadap Lingkungan Dan Aplikasi Tehnik Eco Printing Sebagai Usaha Mengurangi Limbah. *Moda*, *1*(1), 1–9. <https://doi.org/10.37715/moda.v1i1.706>
- Erlanda, F. (2019). Pelatihan Pengelolaan Limbah Medis. *Pelatihan Pengelolaan*

- Limbah Medis, December*, 3–8.
- Gameissa, M. W., Suprihatin, & Indrasti, N. S. (2012). Pengolahan Tersier Limbah Cair Industri Pangan Dengan Teknik Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Stainless Steel. *E-Journal Agroindustri Indonesia*, 1(1), 31–37. <http://tin.fateta.ipb.ac.id/journal/e-jaii>
- Herlambang, A., & Martono, D. H. (2018). Teknologi Pengolahan Sampah Dan Air Limbah. *Jurnal Air Indonesia*, 4(2), 146–160. <https://doi.org/10.29122/jai.v4i2.2422>
- Irianto, K. (2016). Penanganan Limbah Cair. *PT. Percetakan Bali Denpasar*, 1–113.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i2.3030>
- Muslim, B., Sejati, S., Gusti, A., & Sugriarta, E. (2020). Kajian Distribusi Spasial Dan Temporal Kadar BOD, TSS dan Oksigen Terlarut (DO) Air Sungai Batang Harau Kota Padang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 41–51. <https://doi.org/10.47718/jkl.v10i2.1161>
- Pistocchi, A., Dorati, C., Grizzetti, B., & Udias, A. (2019). *Water quality in Europe: effects of the Urban Wastewater Treatment Directive*. <https://doi.org/10.2760/303163>
- Puspitasari, D. E. (2012). Dampak Pencemaran Air terhadap Kesehatan Lingkungan dalam Perspektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta). *Mimbar Hukum - Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada*, 21(1), 23. <https://doi.org/10.22146/jmh.16254>
- Sholichin. (2021). Pengolahan Air limbah : Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknik Pengairan*, 2, 1–16.
- Warren-Vega, W. M., Campos-Rodríguez, A., Zárate-Guzmán, A. I., & Romero-Cano, L. A. (2023). A Current Review of Water Pollutants in American Continent: Trends and Perspectives in Detection, Health Risks, and Treatment Technologies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph20054499>
- Wulandari, W., & Nasution, R. D. (2017). Dampak Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Terhadap pencemaran Lingkungan Sosial Di Kabupaten Magetan (Studi Kasus di Desa Ringinagung Kecamatan Magetan Kabupaten Magetan). *Indonesian Journal of Government and Communication Studies*, 1(1).
- Yew, G. C. K. (2019). Environmental Pollution Control in Singapore: The Intersection of Torts, Statutes, Regulations and Community Norms. *Vietnamese Journal of Legal Sciences*, 1(1), 77–88. <https://doi.org/10.2478/vjls-2020-0005>