

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

Kajian Aspek Ekonomi Dan Kelembagaan Dalam Keberlanjutan IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo Kota Semarang

Ayatulloh Repa Dipanegara, Angelina Cahya Pramesti, Azka Dwi Yuniar, Louis Anasthasya Christyadi, Rinanda Putri Utami, Andhina Putri Heriyanti

Ilmu Lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang,
Kota Semarang

Email korespondensi: ayatullohrd@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Jumlah penduduk di Kota Semarang dari tahun ke tahun terus bertambah, bertambahnya jumlah penduduk tersebut akan berbanding lurus dengan kebutuhan air dan juga limbah cair dihasilkan. Jika tidak dikelola dengan baik melalui sistem pengolahan air limbah yang efektif, limbah cair dapat menjadi sumber pencemaran yang serius bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Beberapa permukiman yang ada di Kota Semarang terdapat fasilitas pelayanan Sistem Pengolahan Air Limbah (SPAL) komunal sejak tahun 2005. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat keberlanjutan IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo dengan mengkaji aspek ekonomi dan kelembagaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi, wawancara dengan masyarakat dan tokoh penanggung jawab daerah serta tinjauan pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberlanjutan IPAL Komunal bergantung pada partisipasi masyarakat setempat dalam mengoperasikan IPAL. Adanya IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo memiliki banyak manfaat yang memudahkan masyarakat dalam mengelola limbah. Namun terkadang sering terjadi penyumbatan karena IPAL tersebut jarang dilakukan pengurasan. Hal ini dapat mempengaruhi keberlanjutan IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo.

Kata kunci: IPAL; Keberlanjutan; Komunal; Masyarakat.

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk di Kota Semarang terus bertambah setiap tahunnya, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatatkan jumlah penduduk di Kota Semarang di tahun 2013 mencapai 781.176 jiwa dan meningkat pada tahun 2023 yang hingga 1.694.743 jiwa. Peningkatan populasi akan secara langsung berhubungan dengan kebutuhan akan air dan juga limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair adalah air bekas dari berbagai proses penggunaan yang mengandung pengotor atau kontaminasi sebagai senyawa organik dan anorganik. (Martini et al., 2020). Limbah cair dari kegiatan sehari-hari seperti mencuci, memasak, dan menggunakan kamar mandi juga dapat mengandung patogen dan bahan kimia berbahaya yang dapat menyebabkan penyakit dan merusak ekosistem air. Limbah cair yang langsung dibuang ke sungai, danau, atau laut tanpa adanya pengolahan yang memadai dapat mencemari sumber air dan merusak ekosistem perairan. Jika tidak dilakukan pengawasan seperti yang diharapkan melalui sistem pengolahan air limbah yang baik, limbah cair dapat menjadi sumber pencemaran yang serius bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Sistem pengolahan air limbah merupakan salah satu upaya menghindari dampak negatif dari pembuangan air limbah domestik. Sistem pengolahan air limbah yang mampu mengurangi tingkat pencemaran lingkungan dengan mengolah limbah yang masuk sebelum dikembalikan ke lingkungan dinamakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL komunal menjadi solusi untuk daerah yang padat penduduk dan lahan yang sempit dengan dibangun di bawah tanah dan dilakukan secara terpusat yang akan diproses pada bak tampungan IPAL. WHO dan UNICEF mencatat bahwa sekitar 60% masyarakat di kawasan perdesaan Indonesia tidak menggunakan IPAL dikarenakan masih kurang populernya IPAL di lingkungan masyarakat yang diperkuat dengan lemahnya kesadaran masyarakat akan sistem pengolahan air limbah domestik. Asingnya IPAL berdampak pada pencemaran yang semakin besar. Oleh karena itu, kegunaan IPAL perlu untuk diketahui masyarakat luas karena IPAL komunal merupakan sebuah sistem pengolahan air limbah yang mudah dipahami dan tidak memerlukan biaya yang cukup besar (Marhayuni & Faizi, 2022).

Sistem ini dilakukan untuk penanganan limbah domestik pada area yang kurang memungkinkan untuk layanan sistem terpusat atau secara individual. Penanganan ini dilakukan di sebagian wilayah kota, yang mana setiap rumah yang memiliki MCK pribadi menghubungkan pipa pembuangan ke dalam sistem perpipaan air limbah yang nantinya dialirkan menuju IPAL. Sistem kecil dapat menampung limbah dari 2-5 rumah, sedangkan sistem IPAL komunal dapat menampung limbah dari 10-100 rumah bahkan lebih yang hasil akhirnya dapat langsung dikembalikan ke sungai. Sistem komunal dari awal dibangun dengan tujuan melayani kelompok rumah tangga di perkampungan yang tidak memungkinkan bagi warga untuk membangun *septic tank* pribadi di rumahnya masing-masing (Astuti & Kusumawardani, 2017). Dengan demikian, penerapan sistem IPAL komunal tidak hanya mengatasi kebutuhan sanitasi di daerah padat penduduk, tetapi juga berkontribusi terhadap keberlanjutan keseluruhan pengelolaan air limbah dengan meminimalkan dampak lingkungan dari tangki septik individu.

Keberlanjutan dapat diartikan sebagai *continuing without lessening* yang artinya melanjutkan tanpa mengurangi. Maka keberlanjutan IPAL haruslah tetap melanjutkan aktivitas pengolahannya tanpa mengurangi suatu hal apapun. Keberlanjutan IPAL dapat dilihat dari beberapa aspek seperti keberlanjutan ekonomi. Keberlanjutan ekonomi yang artinya strategi dalam memaksimalkan sumberdaya yang mampu menghasilkan jasa secara kontinu untuk pemeliharaan dan pengoperasian yang terfokus untuk kesejahteraan masyarakat melalui distribusi dan alokasi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Romadhon, 2017).

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

Beberapa permukiman yang ada di Kota Semarang terdapat fasilitas pelayanan Sistem Pengolahan Air Limbah (SPAL) komunal, sejak tahun 2005. Sistem Pengolahan Air Limbah (SPAL) komunal yang telah didirikan di kota Semarang sebanyak 197 unit (Portal Satu Data Indonesia Tingkat Kota Semarang, 2022). Sarana yang telah dibangun harus mendapat pengelolaan yang baik dari segi pengoperasian dan pemeliharaannya agar kinerjanya dapat optimal dalam mengolah limbah domestik masyarakat (Astika et al., 2017). IPAL Komunal yang terdapat di Kota Semarang salah satunya yaitu IPAL Komunal KSM Manunggal. Dari latar belakang diatas peneliti ingin mengkaji keberlanjutan dari IPAL Komunal KSM Manunggal di Kota Semarang dari aspek kelembagaan dan aspek ekonomi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Kelurahan Jatirejo, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah. Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data primer yang dikumpulkan melalui observasi langsung di lapangan dan wawancara. Observasi dilakukan untuk mengamati kondisi fisik IPAL komunal Jatirejo, termasuk foto IPAL, saluran inlet, saluran outlet, dan foto saat diskusi. Wawancara dilakukan dengan para pemangku kepentingan IPAL komunal Jatirejo, seperti ketua IPAL dan masyarakat pengguna IPAL. Pertanyaan wawancara terkait dengan aspek ekonomi dan kelembagaan IPAL komunal Jatirejo. Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari tinjauan pustaka. Data sekunder ini digunakan untuk memperkuat opini penulis dan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang permasalahan yang diteliti.

Observasi dilakukan dengan cara mengamati langsung kondisi fisik IPAL komunal Jatirejo. Observasi dilakukan pada beberapa titik, termasuk IPAL komunal Jatirejo secara keseluruhan, saluran inlet IPAL komunal Jatirejo, saluran outlet IPAL komunal Jatirejo, kegiatan diskusi dengan para pemangku kepentingan dan pengguna IPAL komunal Jatirejo, serta hasil observasi didokumentasikan dalam bentuk foto dan catatan lapangan.

Wawancara dilakukan dengan para pemangku kepentingan IPAL komunal Jatirejo yaitu ketua IPAL komunal Jatirejo dan masyarakat pengguna IPAL komunal Jatirejo. Wawancara dilakukan dengan menggunakan pedoman wawancara yang telah disusun sebelumnya. Pedoman wawancara memuat pertanyaan-pertanyaan yang terkait dengan aspek ekonomi dan kelembagaan IPAL komunal Jatirejo. Hasil wawancara dicatat secara manual dan direkam menggunakan perekam suara.

Tinjauan pustaka dilakukan dengan cara mencari dan mengkaji literatur-literatur yang berkaitan dengan masalah yang diteliti. Literatur yang dicari dan dikaji termasuk jurnal-jurnal ilmiah tentang IPAL komunal, laporan-laporan penelitian tentang IPAL komunal, website resmi pemerintah dan organisasi terkait dengan IPAL komunal, hasil tinjauan pustaka digunakan untuk memperkuat opini penulis dan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai permasalahan yang diteliti.

Data hasil observasi, wawancara, dan tinjauan pustaka dianalisis dengan menggunakan teknik analisis data kualitatif. Metode kualitatif menekankan pada pencarian makna, merupakan sarana utama peneliti dalam merespon perubahan situasi, pemilihan topik dilakukan dengan sengaja bukan secara acak, jumlah topik biasanya sedikit, dan orang peneliti menghabiskan banyak waktu dan lingkungannya sangat terbatas alami. Data yang dihasilkan akan lebih

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

lengkap namun penelitian ini mempunyai kelemahan yaitu terlalu menekankan subjektivitas peneliti Interpretasi data mempengaruhi sudut pandang pribadi peneliti. Metode kualitatif menekankan peneliti sebagai instrumen, makna, dan penafsir data rinci tentang fenomena dan peristiwa sosial (Waruwu, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Fisik

IPAL komunal di Kelurahan Jatirejo, Kecamatan Gunungpati didirikan pada tahun 2013 dengan kapasitas untuk 60 KK. IPAL ini termasuk dalam keadaan baik bahkan mendapatkan penghargaan Nasional pada acara ProKlim tahun 2023. Program Kampung Iklim (Proklim) adalah program yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan berlingkup nasional dalam upaya meningkatkan keterlibatan masyarakat untuk melakukan penguatan adaptasi terhadap dampak perubahan iklim, dan penurunan emisi gas rumah kaca. IPAL ini terdiri dari sembilan bak pengolahan dengan kedalaman tiap bak 4 meter yang diberi dua warna berbeda, yaitu merah dan biru. Selain itu, lokasi sekitar IPAL ditanami dengan tanaman obat sehingga terlihat rapi dan asri. Hal ini sangat mendukung keberlanjutan operasional IPAL Komunal kedepannya.



Gambar 1. Lokasi IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo

2. Operasional dan Pemantauan

IPAL komunal yang beroperasi setiap hari ini menggunakan sistem yang dikenal dengan istilah *offsite* atau terpusat. Terpusat artinya air limbah disalurkan melalui jaringan perpipaan menuju IPAL dan diolah sebelum dialiri ke badan lingkungan. Proses kerjanya cukup memakan

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

waktu karena harus melewati bak kontrol terlebih dahulu melalui pipa penyaluran kemudian diolah lebih lanjut melewati beberapa bak filter (Hidayatullah & Priambodo, 2023).



Gambar 2. Bak Kontrol dan Saluran *Outlet* IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo

Seluruh air limbah dari kegiatan domestik yang dihasilkan akan diolah dalam unit IPAL ini, mulai dari air limbah kamar mandi, air limbah wastafel, air limbah dari kegiatan mencuci, hingga *septic tank*. Sebelum masuk ke bak pengolahan, air limbah dari rumah warga ditampung dalam bak kontrol yang ada di tiap rumah, lalu masuk ke dalam bak pengolah limbah. Bak kontrol berfungsi sebagai bak perangkap yang menerima air kotor dari saluran buangan masyarakat seperti kamar mandi dan meneruskannya ke saluran pipa utama. Bak ini mempermudah pengelola IPAL untuk mengontrol dan membersihkan saluran pipa apabila terjadi endapan kotoran atau penyumbatan (Candra *et al.*, 2023).

Unit IPAL ini terdiri dari sembilan bak pengolah limbah yang diberi warna merah dan biru. Namun, warna ini hanya berfungsi sebagai estetika. Jenis IPAL yang umum dibangun dalam Program SPBM adalah *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) (Bhakti & Herumukti, 2016). ABR memiliki konstruksi sederhana, berupa bak kedap dengan cerobong untuk mengeluarkan gas hasil peruraian air limbah oleh mikroba. Di dalam bak dipasang sekat-sekat untuk mengatur aliran air limbah. Sistem ini mudah dioperasikan dan murah biayanya, tetapi membutuhkan lahan yang luas karena waktu tinggal air limbah cukup lama (Djarwanti, 2015).

Proses pemantauan unit IPAL dilakukan sebanyak empat hingga lima bulan sekali yang dilakukan langsung oleh Tenaga Fasilitator Lapangan (TFL). Pemantauan unit IPAL ini dilakukan untuk mengetahui keefektifan performa unit IPAL dan output yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Soetedjo dan Hendrianti (2022) yang menyatakan bahwa pemeliharaan dan pemantauan secara periodik perlu dilakukan untuk memastikan hasil akhir dari IPAL sudah memenuhi standar atau baku mutu, sehingga layak dibuang ke badan lingkungan. Berdasarkan hasil wawancara, hanya terjadi masalah kecil dan tidak ditemukan masalah yang serius seperti bocornya perpipaan atau luapan air limbah pada unit IPAL. Namun, perlu dilakukan peningkatan kualitas agar tidak terjadi masalah di kemudian hari yang bisa menghambat keberlanjutan IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo.

Pada bak pengolah limbah, beberapa kali terjadi penyumbatan akibat jarang nya waktu pengurasan, sehingga terdapat sedimen yang menyumbat pipa dan terjadi pendangkalan. Pengurasan bak pada unit IPAL perlu dilakukan secara rutin untuk menguras lumpur yang tidak bisa diurai secara biologis. Proses pengurasan biasanya dilakukan 6 bulan sekali atau sesuai kebutuhan (Lumunon *et al.*, 2021).

Jarangnya waktu pengurasan bisa diakibatkan oleh penutup bak yang sulit dibuka karena dikunci dengan baut yang terkadang macet. Untuk membuka penutup bak, biasanya

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

pengelola memakai bantuan alat berupa linggis. Namun, penutup bak seringkali retak dan pecah akibat sulit dibuka. Selain itu, penutup bak kontrol sering terlindas kendaraan karena letaknya yang berada di permukaan aspal. Hal itu berarti masyarakat di sekitar lokasi IPAL masih belum sepenuhnya sadar untuk memelihara dan merawat IPAL. Untuk mengantisipasi hal tersebut, pengelola IPAL sudah menyiapkan beberapa penutup bak kontrol sebagai pengganti jika terjadi kerusakan. Proses pengurusan yang lebih sering dan kesadaran penuh dari masyarakat akan meningkatkan keberlanjutan IPAL Komunal dengan lebih baik lagi.

3. Aspek Ekonomi

Dalam pemanfaatannya, unit IPAL harus ada biaya operasional agar dapat berjalan sebagaimana mestinya. Berdasarkan hasil wawancara, pengelola IPAL menetapkan biaya retribusi sebesar Rp10.000,00 tiap rumah bagi mereka yang memakai layanan IPAL Komunal. Dana Rp10.000 dikumpulkan setiap sebulan sekali yang dikumpulkan pada saat dilaksanakan rapat antara pengurus IPAL dan konsumen IPAL. Dana ini hanya diperuntukkan sebagai biaya pemeliharaan sarana prasarana IPAL, seperti antisipasi kerusakan pada sarana perpipaan, sambungan perpipaan, dan lain sebagainya. Pengelola IPAL tidak mendapatkan upah dari dana tersebut.

4. Aspek Kelembagaan

Kelembagaan IPAL Komunal Berkaitan dengan struktur organisasinya. Organisasi pelaksana di tingkat masyarakat dalam pengelolaan IPAL adalah Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM). KSM merupakan pelaku utama dalam pelaksanaan pembangunan sarana sanitasi (Lubis *et al.*, 2022). IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo memiliki struktur organisasi yang terdiri dari satu orang ketua, satu orang bendahara, dan satu orang sekretaris. Pak Fauzan yang merupakan ketua organisasi periode ke-3, dimana satu periode terdiri dari tiga tahun. Pemilihan pemimpin organisasi hanya dilakukan berdasarkan sukarela bagi yang ingin menjadi ketua. Pak Fauzan sudah menjabat selama sekitar tiga tahun. Hal ini menimbulkan kekhawatiran terjadinya kejenuhan dari pengurusnya bahkan berpotensi mengalami tidak adanya regenerasi. Ini merupakan masalah serius yang dapat menjadi faktor penghambat keberlanjutan IPAL Komunal.



Gambar 3. Wawancara dengan Ketua IPAL Komunal di Kelurahan Jatirejo

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

Penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan, salah satunya adalah metode pengambilan data yang terbatas hanya pada wawancara mendalam. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut melalui metode wawancara terstruktur dengan melibatkan sampel berupa masyarakat sebagai responden. Selain itu aspek yang dikaji juga perlu dikembangkan seperti studi Rizkiyah & Heriyanti (2024) yang melibatkan aspek hukum dan partisipasi, serta aspek lingkungan seperti studi Purwadi et al (2023) dan Wandari et al (2023). Aspek partisipasi atau juga sosial memegang peranan yang cukup penting dalam keberlanjutan IPAL komunal. Langkah ini diperlukan agar keberlanjutan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dapat lebih terjamin dan terjaga dengan baik. Dengan melibatkan masyarakat, diharapkan data yang diperoleh akan lebih representatif dan memungkinkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang faktor-faktor yang mempengaruhi keberlanjutan IPAL komunal.

KESIMPULAN

Komunitas IPAL KSM 2 Jatirejo, Semarang merupakan tempat penampungan limbah rumah tangga dari sekitar 60 rumah. Fasilitas pengolahan limbah ini memiliki bak kontrol yang dipasang di sawah sedalam 4 meter, dan menggunakan pipa sepanjang kurang lebih 500 meter untuk mengairi sawah dan lahan pertanian di sekitarnya dengan limbah yang telah diolah. Instalasi pengolahan limbah ini telah beroperasi sejak tahun 2013. Pusat perawatan ini didanai oleh penggalangan dana pemerintah dan kontribusi bulanan dari warga. Awalnya ada permasalahan, namun pemerintah mampu menyelesaikannya melalui pemeriksaan rutin setiap lima bulan sekali. Namun, limbah yang dialirkan ke Badan Lingkungan Hidup masih belum layak karena mengandung buih dan berbau tidak sedap. Busa disebabkan oleh bahan pembersih yang sulit terurai oleh mikroorganisme yang mencemari lingkungan. Oleh karena itu, penanganan limbah rumah tangga harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah pencemaran dan melindungi lingkungan dan kesehatan manusia. Partisipasi aktif dan rasa memiliki masyarakat menjadi faktor penting dalam keberlanjutan IPAL komunal. Perlu dilakukan peningkatan frekuensi pengurasan bak dan regenerasi pengurus untuk memastikan keberlanjutan IPAL komunal di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Artiyani, A., & Firmansyah, N. H. (2016). Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Up Flow Dengan Media Pasir Zeolit Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Dan Deterjen Air Limbah Domestik. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 6(1), 8-15.
- Astika, A. U. W., Sudarno, & Zaman, B. (2017). Kajian Kinerja Bak Settler, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), dan Anaerobic Filter (AF) pada Tiga Tipe IPAL di Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1).
- Astuti, W., & Kusumawardani, Y. (2017). Penentuan zona prioritas pengelolaan air limbah domestik dengan metode skoring pembobotan di Kecamatan Mamasa. *Neo Teknika*, 3(1), 40-52.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun (Ribuan Jiwa), 2013-2023. Diakses tanggal 4 Mei 2024. URL: dari <https://semarangkota.bps.go.id/indicator/12/78/4/jumlah-penduduk-menurut-jenis-kelamin.html>.

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

- Portal Satu Data Indonesia Tingkat Kota Semarang. (2022). Dinas Komunikasi, Informatika, Statistik Dan Persandian Kota Semarang. Diakses dari <https://data.semarangkota.go.id/>. Diakses tanggal 4 Mei 2024.
- Bhakti, A. H., & Herumurti, W. (2016). Evaluasi Kinerja Ipal–Ipal Komunal Program Sanitasi Perkotaan Berbasis Masyarakat–Urban Sanitation Rural Infrastructure (Spbm-usri) Tahun Pembangunan 2012–2014 Di Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), D204-D208.
- Candra, E., Permatasari, R., & Kurniati, L. (2023). Studi Kelayakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Kawasan Bendung Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil LATERAL*, 1(1), 26-36.
- Djarwanti, D. (2015). Aplikasi Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka Dengan Sistim Abr Dan Uaf. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 6(1), 29-34.
- Harudyawati, D. P. (2016). Pengelolaan Ipal Komunal yang Berkelanjutan di Dusun Sengkan, Sleman, Yogyakarta (Doctoral dissertation, UII, Yogyakarta).
- Hidayatullah, A. S., & Priambodo, B. (2023). Program Pengabdian Masyarakat Melalui Perawatan Terhadap Fungsi Bak Kontrol IPAL di Bapel Aparna Puspa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(18), 16-25.
- Lubis, L., Wahyudi, A., & Arieffiani, D. (2022). Analisis Keberlanjutan Kelembagaan Ipal Komunal. *Jurnal ilmiah Manajemen Publik dan Kebijakan Sosial*, 6(1), 9-23.
- Lumunon, E. I., Riogilang, H., & Supit, C. J. (2021). Evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah komunal Kiniar di Kota Tondano. *TEKNO*, 19(77).
- Marhayuni, Y., & Faizi, M. N. (2022). Pembuatan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Bersistem ABR (Aerobic Baffled Reactor) untuk Mengatasi Limbah Domestik sebagai Pengamalan QS Al A’Raf Ayat 56. *Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam dan Sains*, 4(1), 34-38.
- Martini, Sri, Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26-33.
- Purwadi, C. E., Shabrina, D., Gunawan, M., Trihadiana, M. R., Mustikawati, L. H., Jabbar, A., ... & Haris, A. (2023). Sustainability of Community-Based Management of Lerak Spring in Semarang City. *Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 127-134.
- Rizkiyah, N. P., & Heriyanti, A. P. (2024). Analysis of Waste Management in Kledung Village, Temanggung Regency. *Indonesian Journal of Earth and Human*, 1(1), 1-8.
- Romadhon, Y. A. (2017). Kebijakan pengelolaan air limbah dalam penanganan limbah batik di Kota Pekalongan. *Insignia: Journal of International Relations*, 4(02), 49-64.
- Soetedjo, A., & Hendriarianti, E. (2022). Implementasi Aplikasi Android Untuk Pemantauan IPAL Komunal Menggunakan Simulasi Data dari Piranti Elektronika Tertanam. *Community Reinforcement and Development Journal*, 1(2), 1-6.
- Wandari, M. P. A., Jati, E. G. D., Holeng, V. A., Ma’ruf, S. A. Q., Rahmawati, D., Jabbar, A., & Fariz, T. R. (2023). Keberlanjutan Sistem Penyediaan Air Bersih Berbasis Masyarakat di Kota Semarang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2), 408-416.
- Waruwu, M. (2023). Pendekatan penelitian pendidikan: metode penelitian kualitatif, metode penelitian kuantitatif dan metode penelitian kombinasi (Mixed Method). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 2896-2910.