

Rehabilitasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Ngudi Saras di Dusun Jetak, Kabupaten Sleman untuk Mengurangi Amonia Total

Rehabilitation of The Ngudi Saras Communal Wastewater Treatment Plant (IPAL) in Jetak Hamlet, Sleman Regency, aimed to Reduce Total Ammonia

Daffa Robbani Geraldino Wahid*, Ayu Utami
Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. Padjadjaran (Jl. SWK 104) Condongcatur, Depok, Sleman 55283, Indonesia

*Email korespondensi : daffargwahid@gmail.com

ABSTRAK

Penurunan kinerja IPAL komunal di Kabupaten Sleman terjadi di beberapa lokasi, salah satunya di IPAL komunal Ngudi Saras. Air hasil pengolahan dari IPAL komunal ini menurut data uji kualitas air Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman memiliki beberapa parameter yang tidak sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yaitu: BOD, COD, dan amonia total. Tujuan penelitian ini adalah membuat perancangan unit filtrasi sebagai rehabilitasi yang dilakukan berdasarkan data efektivitas kinerja IPAL komunal Ngudi Saras. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan melakukan perhitungan evaluasi standar effluent terhadap hasil uji kualitas air limbah pada parameter BOD, COD, dan amonia total. Penelitian ini menggunakan dua macam data, yaitu data primer dan sekunder untuk bahan pada penelitian ini. Sampel air diambil di 4 titik pada IPAL komunal dan 3 titik pada sungai. Didapatkan hasil bahwa parameter amonia total pada perhitungan evaluasi standar effluent masih perlu dilakukan reduksi sebesar 67.4742%. Dengan amonia total yang masih perlu dilakukan reduksi, maka perlu dilakukan pengelolaan berupa rehabilitasi IPAL komunal Ngudi Saras dengan penambahan unit filtrasi. Sehingga jika parameter amonia total telah tereduksi maka air buangan dari IPAL komunal Ngudi Saras tidak akan mencemari lingkungan.

Kata kunci: amonia total, BOD, COD, filtrasi, IPAL komunal, rehabilitasi

ABSTRACT

The decline in the performance of communal wastewater treatment plants (IPAL) in Sleman Regency is occurring at several locations, including the Ngudi Saras communal IPAL. According to water quality test data from the Sleman Regency Environmental Agency, the treated water from this communal IPAL does not meet the standards set by the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Regulation Number 68 of 2016 regarding Domestic Wastewater Quality Standards, specifically for BOD, COD, and total ammonia parameters. The objective of this study is to design a filtration unit as part of the rehabilitation based on the performance data of the Ngudi Saras communal IPAL. The research method used is quantitative method by conducting standard effluent evaluation calculations for the test results of wastewater quality on parameters such as BOD, COD, and total ammonia. This study utilizes two types of data, namely primary and secondary data, as the basis for the research. Water samples were collected from four points within the communal IPAL and three points along the river. The water test results were then used to calculate the standard effluent evaluation. The findings indicate that the total ammonia parameter in the standard effluent evaluation calculation still requires a reduction of 67.4742%. Given the need for a reduction in total ammonia, it is necessary to manage the rehabilitation of the Ngudi Saras communal IPAL through the addition of a filtration unit. This way, once the total ammonia parameter has been reduced, the effluent from the Ngudi Saras communal IPAL will not pollute the environment.

Keywords: total ammonia, BOD, COD, filtration, Communal WWTP, rehabilitation

PENDAHULUAN

IPAL komunal di Kabupaten Sleman terdapat 131 unit IPAL komunal, dengan yang paling baru dibangun pada tahun 2018 dan yang terlama pada tahun 2006 (Saputri dkk., 2021). Namun dengan adanya IPAL komunal dengan jumlah yang cukup banyak tersebut masih belum bisa mengatasi pencemaran air oleh air limbah domestik. Terdapat beberapa penyebab hal tersebut terjadi, diantaranya adalah: menurunnya kinerja IPAL komunal, kurang seimbang perbandingan antara volume air limbah domestik dengan IPAL komunal, dan kurangnya kepedulian masyarakat terhadap air limbah domestik yang mereka hasilkan.

Penelitian tentang evaluasi kualitas air di IPAL komunal pernah dilakukan oleh Susanthi dkk. (2018) yang terletak di Kota Bogor. Pada penelitian tersebut, dilakukan pengambilan lokasi 3 IPAL komunal yang berbeda di Kota Bogor. Dilakukan perbandingan kualitas air buangan pada ketiga IPAL komunal tersebut dengan baku mutu dan hasil yang didapatkan adalah belum memenuhi baku mutu sehingga perlu dilakukan pengelolaan lebih lanjut. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Penambunan dkk. (2017) yang berletak di Manado menunjukkan hasil yang serupa. Hasil tersebut adalah air buangan yang belum sesuai dengan baku mutu yang disebabkan oleh IPAL komunal yang tidak berfungsi dengan optimal. Hal serupa juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Quraini dkk. (2022), IPAL komunal yang terletak di Kota Samarinda memiliki kinerja pengolahan air limbah yang belum optimal. Parameter yang belum memenuhi baku mutu ialah BOD, amonia, dan TSS. Tidak sesuai parameter tersebut dengan baku mutu disebabkan oleh belum terdapatnya pengurus dan belum sesuai pemeliharaan dengan prosedur. Penurunan kinerja IPAL komunal terjadi di beberapa lokasi, salah satunya di IPAL komunal Ngudi Saras. Pada lokasi ini terdapat beberapa permasalahan yang menyebabkan kinerjanya tidak optimal, seperti: kurangnya perawatan oleh pengelola, dan kepengurusan yang kurang aktif. Selain itu air hasil pengolahan dari IPAL komunal ini

menurut data uji kualitas air Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman tahun 2021 memiliki beberapa parameter yang tidak sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yaitu: BOD dengan nilai 31.57 mg.L⁻¹; COD dengan nilai 112.38 mg.L⁻¹; dan amonia total dengan nilai 27.3 mg.L⁻¹. Dengan hal tersebut maka air hasil pengolahan dari IPAL komunal Ngudi Saras masih berpotensi untuk menyebabkan pencemaran di badan air. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan rehabilitasi mengenai unit-unit yang ada pada IPAL komunal tersebut agar air buangan yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi efektivitas kinerja IPAL komunal Ngudi Saras serta membuat perencanaan rehabilitasi sebagai arahan pengelolaan untuk menurunkan amonia total.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan melakukan perhitungan evaluasi standar effluent terhadap hasil uji kualitas air limbah pada parameter BOD, COD, dan amonia total. Selain itu penelitian ini menggunakan dua macam data, yaitu data primer dan data sekunder untuk bahan yang utama bagi penelitian ini. Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yaitu melakukan studi literatur, survei lapangan, pengujian kualitas air, analisis data dan melakukan perhitungan evaluasi standar effluent, dan perencanaan rehabilitasi. Sampel air diambil di 4 titik pada IPAL komunal yaitu pada bak ekualisasi, 2 bak sedimentasi, dan *anaerobic baffled reactor*. Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel air di 3 titik pada cabang Sungai Sembung di Dusun Jetak, Desa Sendangtirto, Kapanewon Berbah, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2023. Tiga titik tersebut terletak pada sebelum outlet, pada outlet, dan setelah outlet IPAL komunal Ngudi Saras. Pengujian kualitas air sampel dilakukan di laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Penyakit

Yogyakarta dengan metode uji yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Uji Laboratorium Kualitas Air

Parameter	Satuan	Metode Uji
BOD	mg.L ⁻¹	SNI 6989 72-2009
COD	mg.L ⁻¹	SNI 6989 2-2019
Amonia Total	mg.L ⁻¹	SNI 06-6989 30-2005

(Sumber: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit, 2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Limbah dan Sungai

Kualitas air limbah dan air sungai cabang Sungai Sembung yang terdapat di lokasi penelitian diperoleh berdasarkan hasil uji laboratorium dengan beberapa parameter yang diuji yang tertera pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Parameter-parameter tersebut ialah BOD, COD, dan amonia total. Sampel air yang memuat ketiga parameter tersebut diambil dalam waktu yang sama dan dilakukan uji laboratorium pada lokasi yang sama. Hal ini dilakukan supaya hasil dari uji laboratorium yang didapatkan bisa valid dan mencerminkan keadaan sebenarnya.

Kualitas air limbah IPAL komunal Ngudi Saras diketahui dari pengambilan 4 sampel air limbah. Dari keempat sampel tersebut diuji parameter BOD, COD, dan amonia totalnya serta dibandingkan dengan baku mutu air Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016. Hasil uji menunjukkan bahwa parameter amonia total belum memenuhi baku mutu pada keempat sampel yang diambil pada keempat lokasi.

Kualitas air sungai cabang Sungai Sembung diketahui dari pengambilan 3

sampel air sungai. Dari ketiga sampel tersebut diuji parameter BOD, COD, dan amonia totalnya serta dibandingkan dengan baku mutu air kelas I pada Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021. Hasil uji menunjukkan bahwa sampel air sungai BOD dan COD yang diambil di bawah outlet belum memenuhi baku mutu. Selain itu, parameter amonia pada sampel setelah outlet juga memiliki nilai yang melebihi baku mutu.

Evaluasi Standar Effluent

Data hasil pengujian air digunakan untuk menghitung efektivitas kinerja IPAL komunal Ngudi Saras. Menurut Utami dkk. (2019), efektivitas kinerja IPAL komunal salah satunya didapatkan dari perhitungan evaluasi standar effluen. Evaluasi standar effluen dilakukan untuk mengetahui seberapa efisien IPAL komunal dalam mengolah air limbah pada parameter BOD, COD, dan amonia total tanpa mempertimbangkan faktor badan air yang menjadi penerima hasil pengolahan IPAL dalam bentuk nilai persentase reduksi evaluasi.

$$\eta = \frac{C_{ab} - C_{ef}}{C_{ab}} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

C_{ef} = Konsentrasi Baku Mutu (mg.L⁻¹)

C_{ab} = Konsentrasi Air Buangan (mg.L⁻¹)

η = Efisiensi Pengolahan (%)

Nilai persentase reduksi evaluasi pada parameter BOD dan COD berupa nilai yang negatif, sehingga tidak perlu dilakukan pengolahan kembali agar sesuai dengan baku mutu. Sedangkan nilai persentase reduksi evaluasi pada parameter amonia total adalah 67.4742%, sehingga perlu dilakukan peningkatan dalam mereduksi amonia total pada air buangan.

Tabel 2. Nilai standar effluen

Parameter	C_{ef} (mg.L ⁻¹)	C_{ab} (mg.L ⁻¹)	% Reduksi
BOD	30	7	-
COD	100	12.9	-
Amonia Total	10	30.7448	67.4742

Penentuan Rehabilitasi

Rehabilitasi pada penelitian ini ditentukan dari kualitas air limbah yang sudah dibahas sebelumnya. Uji laboratorium dan perhitungan evaluasi standar effluent memunculkan hasil bahwa air buangan IPAL komunal Ngudi Saras masih belum sesuai dengan baku mutu air Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik pada satu parameter yaitu amonia total. Arahkan pengelolaan yang dilakukan adalah dengan menambahkan unit filtrasi.

Perencanaan Rehabilitasi

Unit filtrasi merupakan salah satu metode untuk mengolah air limbah dengan menyaring suatu padatan atau zat lainnya menggunakan media. Unit filtrasi berfungsi untuk menurunkan nilai amonia total yang berlebih pada air buangan IPAL komunal Ngudi Saras. Media yang digunakan pada filtrasi ini adalah zeolit, karbon aktif, busa filter, dan pasir silika (Pratama dkk., 2021). Pemilihan karbon aktif dan pasir silika juga disebabkan karena merupakan media yang bersifat ekonomis. Media tersebut dapat digunakan secara berulang dan dapat dengan mudah dibersihkan sehingga dapat menghemat biaya (Rochma & Titah, 2017). Media filter akan diletakkan pada bak terakhir di IPAL komunal Ngudi Saras. Menurut Pratama dkk. (2021), dengan dilakukannya filtrasi menggunakan media tersebut akan mengurangi kandungan amonia total dengan nilai efisiensi sebesar 81,39%.

Perhitungan desain dari unit filtrasi berdasar pada Pratama dkk., (2021) dan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air yang kemudian didapatkan hasil:

1. Debit Inlet : 0.1108 L.s⁻¹
2. Panjang Bak : 2.4 m
3. Lebar Bak : 1.6 m
4. Kedalaman Bak : 2 m
5. Luas Bak : 3.84 m²
6. Diameter Pipa : 10 cm
7. Freeboard : 0.3 m
8. Kedalaman Media : 78 cm
9. Headloss : 1.6197 m

10. Media Filter : Busa filter, pasir silika, karbon aktif, zeolit

- a. Busa Filter
 - Tebal Total : 23 cm
 - Jumlah Lapisan : 5
- b. Pasir Silika
 - Tebal Total : 25 cm
 - Jumlah Lapisan : 2
 - Ukuran butir : 0.3 – 0.7 mm
 - Volume : 0.96 m³
- c. Karbon Aktif
 - Tebal Total : 15 cm
 - Jumlah Lapisan : 1
 - Ukuran Butir : 1.2 – 1.8 mm
 - Volume : 0.576 m³
- d. Zeolit
 - Tebal Total : 15 cm
 - Jumlah Lapisan : 1
 - Ukuran Butir : 1.2 – 1.8 mm
 - Volume : 0.576 m³

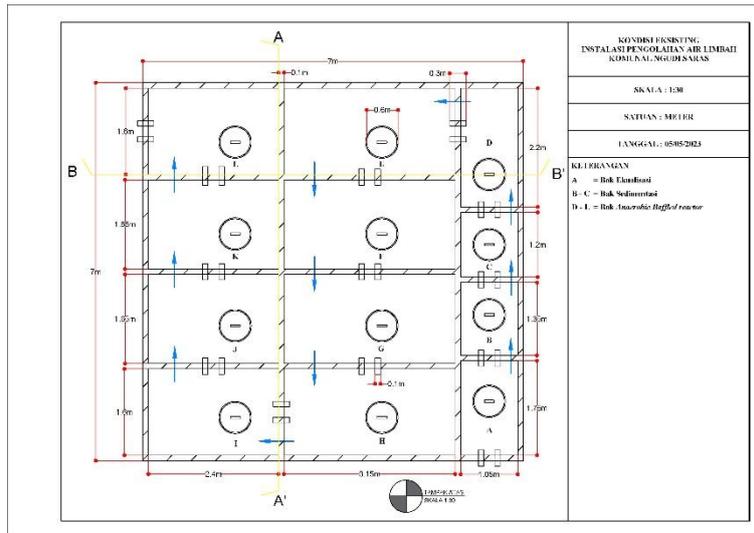
11. Volume Media Filter : 2.112 m³

Air limbah yang sudah dilakukan pengolahan oleh beberapa bak sebelumnya akan diproses di unit filtrasi. Unit filtrasi berada pada bak terakhir di IPAL komunal Ngudi Saras. Bak ini berukuran panjang 2.4 m dan lebar 1.6 m serta kedalaman 2 m. Ketebalan berbagai media filter mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Pratama dkk., 2021). Sedangkan untuk kriteria dari masing-masing media berdasarkan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Menurut Nurlela & Husnah (2019), media filter zeolit pada unit filtrasi ini sebagai media yang didalamnya terjadi proses pertukaran ion. Menurut Las & Zamroni (2002), ion amonium dalam larutan akan bereaksi dengan ion-ion yang terdapat dalam zeolit, terutama dengan ion-ion logam seperti natrium (Na⁺) atau kalium (K⁺), yang umumnya hadir dalam struktur zeolit. Ion amonium memiliki muatan positif, sementara ion logam yang ada dalam zeolit bisa memiliki muatan positif atau netral. Menurut Anggoro (2017), proses ini melibatkan pertukaran ion, di mana ion amonium akan memasuki struktur zeolit dengan menggantikan ion-ion logam yang sedang berada di sana. Reaksi pertukaran ion antara zeolit dan ion amonium terjadi secara bersamaan dengan proses adsorpsi dan difusi. Ion amonium memiliki ukuran yang lebih kecil

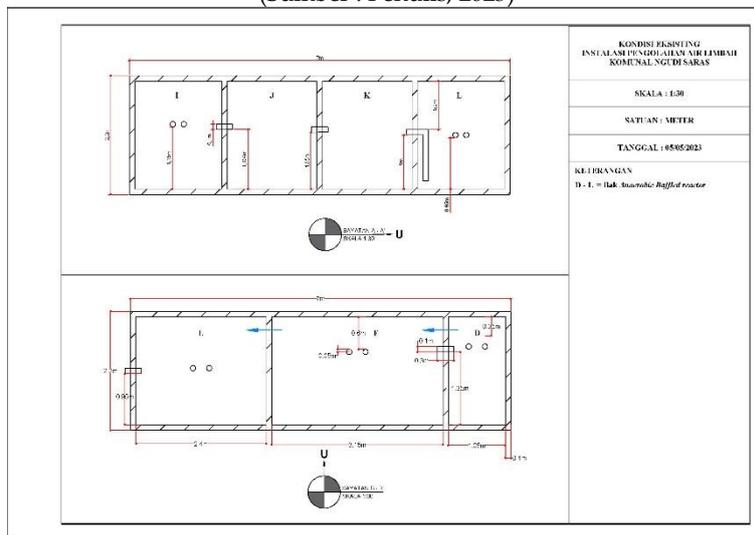
dibandingkan dengan ion logam dalam zeolit, sehingga lebih mudah untuk masuk ke dalam pori-pori zeolit dan berinteraksi dengan ion-ion yang ada di dalamnya. Dengan proses tersebut maka nilai parameter amonia total pada air akan menurun. Sedangkan pada media filter lain yaitu pasir silika dan karbon aktif terjadi proses absorpsi dan adsorpsi. Menurut Lempang (2014), karbon aktif memiliki kemampuan untuk menyerap dengan baik terhadap kation, anion, serta molekul dalam bentuk senyawa organik serta anorganik. Sedangkan Artiyani & Nano (2016), Pasir kuarsa memiliki fungsi untuk menghilangkan sifat fisik dari air, diantaranya adalah bau pada air serta air berlumpur/kekeruhan. Proses absorpsi akan mengikat dan menyerap partikel amonia total ke permukaan serta ke dalam partikel media filter. Sedangkan proses adsorpsi hanya akan mengikat partikel amonia total di permukaan partikel media filter. Selain mengurangi kandungan amonia, proses absorpsi dan adsorpsi ini dapat mengurangi bau tak sedap dan menurunkan TSS yang terdapat pada air yang diolah (Artiyani & Nano, 2016). Berdasarkan media filter dan ukuran butir yang digunakan, filter ini merupakan kombinasi antara filter cepat dan lambat. Sebagai pembatas antar beberapa media filter yang disebutkan sebelumnya maka digunakan busa filter. Busa filter ini berupa busa yang memiliki rongga dan terbuat dari *bio foam*.

Sistem filtrasi yang digunakan pada unit ini adalah upflow filter. Sistem filtrasi ini adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan dengan mengalirkan air limbah melewati media filter secara vertikal dari

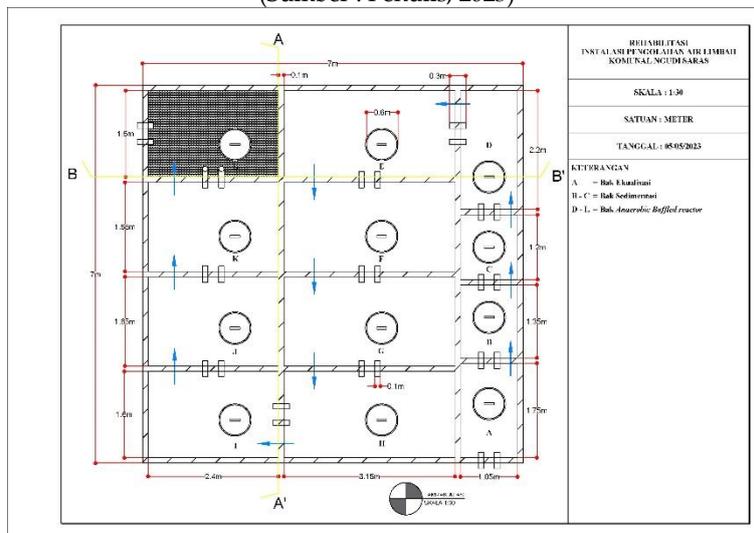
bawah ke atas menuju media filter dan kemudian air hasil penyaringan berada di atas media filter. Sistem filtrasi ini dipilih karena lebih mudah untuk dilakukan pencucian media filter dan tidak terlalu terpengaruh oleh tingkat kekeruhan air limbah baku (Artiyani & Nano, 2016). Selain itu alasan dipilihnya sistem filtrasi ini untuk mengurangi modifikasi yang dilakukan pada IPAL komunal Ngudi Saras. Dengan menggunakan sistem filtrasi upflow filter pipa inlet dan outlet harus berada di atas. Hal ini selaras dengan kondisi bak yang akan digunakan pada IPAL komunal Ngudi Saras. Namun tetap akan dilakukan sedikit modifikasi pada bak yang akan digunakan sebagai unit filtrasi. Modifikasi tersebut dilakukan pada pipa inlet bak dan ditambahkannya sekat berlubang. Pipa inlet akan diarahkan ke bawah secara vertikal sepanjang 85 cm dan mengubah bentuk menjadi pipa T. Mengubah arah pipa ke bawah sepanjang 85 cm berfungsi agar air limbah yang masuk di bak ini akan mengalir ke bawah media filter dan kemudian mengalami filtrasi. Sedangkan mengubah bentuk pipa inlet bak menjadi pipa T berfungsi untuk mengurangi tekanan pada pipa dan untuk mengantisipasi jika terjadi debit yang berlebih agar tidak terjadi aliran back water atau aliran balik menuju bak sebelumnya. Selain memodifikasi pipa inlet, dilakukan juga modifikasi dengan menambahkan sekat berlubang pada bak. Sekat ini akan diletakkan pada bagian bawah bak dengan jarak dengan dasar bak yaitu 15 cm. Sekat berlubang berfungsi untuk menahan berbagai media filter agar tidak turun ke dasar bak.



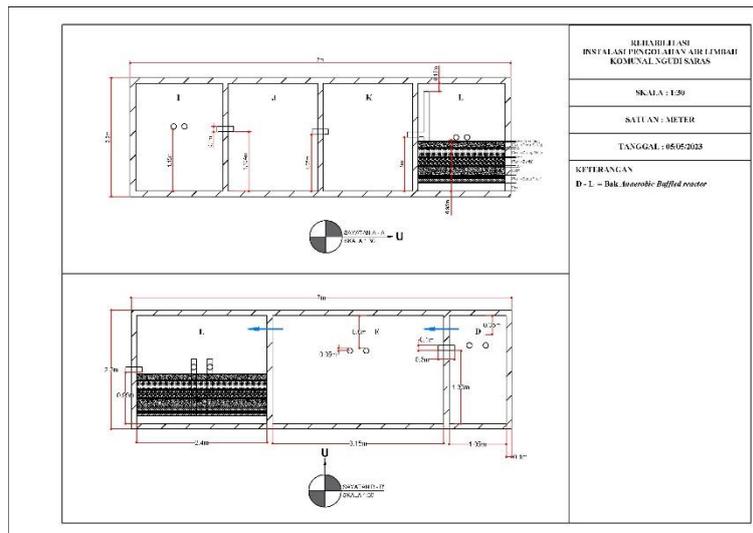
Gambar 1. Desain Kondisi Eksisting IPAL Komunal Ngudi Saras Tampak Atas (Sumber : Penulis, 2023)



Gambar 2. Desain Kondisi Eksisting IPAL Komunal Ngudi Saras Sayatan (Sumber : Penulis, 2023)



Gambar 3. Desain Rehabilitasi IPAL Komunal Ngudi Saras Tampak Atas (Sumber : Penulis, 2023)



Gambar 4. Desain Rehabilitasi IPAL Komunal Ngudi Saras Tampak Atas
(Sumber : Penulis, 2023)

Proses filtrasi pada filter perlu dilakukan pencucian secara berkala. Penentuan waktu pencucian dilihat dari kualitas hasil pemrosesan dari filtrasi. Jika telah terjadi penurunan kualitas maka perlu dilakukan proses pencucian media filter. Berdasarkan Joko (2010), pencucian filter dilakukan dalam setiap 1 hingga 3 bulan sekali. Namun pencucian tersebut juga tergantung pada kondisi filter yang digunakan dan juga kondisi air yang dilakukan filtrasi. Kemudian akan dilakukan penggantian filter setiap 3 tahun sekali (Wahyuningsih, 2018).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah ikut serta dalam membantu penelitian ini hingga tulisan penelitian ini dipublikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, D. D. (2017). *Buku Ajar Teori dan Aplikasi Rekayasa Zeolit*. Undip Press.
- Artiyani, A., & Nano, H. F. (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*, 6(1), 8-15.
- Joko, T. (2010). *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Surabaya: Graha Ilmu.
- Las, T., & Zamroni, H. (2002). Penggunaan Zeolit Dalam Bidang Industri dan Lingkungan. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 1(1), 27-34.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65-80.
- Nurlela, & Husnah. (2019). Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Penurunan Amoniak dalam Limbah Cair Industri Karet. *Jurnal Redoks*, 4(2), 32-36.
- Penambunan, T. N. P., Umboh, J. M. L., & Sumampouw, O. J. (2017). Efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Domestik berdasarkan Parameter Kimia dan Bakteri Total Coliform di Kelurahan Malendeng Kota Manado. *Media Kesehatan*, 9(3), 1-8.
- Pratama, Y., Juhana, S., & Yuliatmo, R. (2021). Metode Filtrasi Menggunakan Media Arang Aktif, Zeolit, dan Pasir Silika Untuk Menurunkan Amonia TOTAL (N-NH₃) dan Sulfida (S²⁻) pada Air Limbah Outlet Industri Penyamakan Kulit. *Majalah Kulit Politeknik ATK Yogyakarta*, 20(1), 39-52.
- Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat Kelurahan Masjid Samarinda Seberang. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1), 1-11.
- Rochma, N., & Titah, H. S. (2017). Penurunan Bod dan Cod Limbah Cair Industri

- Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara Batch. *Jurnal Teknik*, 6(2), F324–F329.
- Saputri, D., Marendra, F., Yuliansyah, A. T., & Prasetya, Ir. A. A. P. (2021). Evaluasi Aspek Teknis dan Lingkungan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kabupaten Sleman Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(1), 71. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.65833>
- Susanthi, D., Purwanto, M. Y. J., & Suprihatin. (2018). Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 229–238.
- Utami, A., Nugroho, N. E., Febriyanti, S. V., Anom, T. N., & Muhaimin, A. (2019). Jurnal Presipitasi Evaluasi Air Buangan Domestik Sebagai Dasar Perancangan Rehabilitasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Komunal Kampung Kandang, Desa Condongcatur, Yogyakarta. *Jurnal Presipitasi*, 16(3), 172–179.
- Wahyuningsih, I. (2018). *Pengurangan Risiko Kegagalan Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang Kecamatan Gubeng Kota Surabaya Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.