Observasi: Jurnal Publikasi Ilmu Psikologi
Vol. 2 No. 4 November 2024
e-ISSN: 3031-0156, p-ISSN: 3031-0164, Hal 167-178
DOI: https://doi.org/10.61132/observasi.v2i4.669
Available online at: https://journal.arikesi.or.id/index.php/Obsesrvasi

Studi Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Desa Butuh, Kecamatan Butuh, Kabupaten Purworejo

Anggie Herlambang Ainul Yaqien Machsuni Hadi [1], Budi Utomo [2], Koosdaryani Soeryodarundio [3]
[1,2,3,] Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Indonesia

Jln. Ir. Sutami No. 36 A, Kentingan Surakarta . Telp (0271) 647069, Fax 662118
Korespondensi Penulis : anggieherlambang123@student.uns.ac.id

Abstract *Butuh Village is one of the villages in Butuh District, Purworejo Regency, Central Jawa Province. The villages's need for awareness of adequate sanitation is still quite low. This can be proven by the fact that there are still many houses that do not have adequate domestik waste processing infrastructure. AS we know, if we dispose of domestik waste in the form of grey water and black water directly into the environment without a good waste processing system, it will pollute the environmen. The aim of this design is to determine the domestik wastewater treatment bulding in Butuh village using the hierarchical method.The final calculation using the hierarchical method resulted in thr selected domestic wastewater treatment being the Anaerbic Buffled Reactor (ABR) using 4 parameters in the form of maintenance operatinal cost, land area used, construction costs and removal efficiency. The Anaerobic Buffled Reactor (ABR) is planned to have 5 compartments with a BOD removal efficiency of 84%, construction cost of Rp. 67.899.607, the land area required is 45 m^2, and operational costs are Rp. 2.605.281 and maintenance is relatively easy.*

Keyword *: Anaerobic Buffled Reactor (ABR), Hierarchical Method, Domestic Wastewater.*

Abstrak Desa Butuh adalah salah satu desa yang berada di Kecamatan Butuh, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. Desa Butuh dalam kesadaran akan sanitasi yang memadai masihlah cukup rendah. Hal ini dapat dibuktikan dengna masih banyaknya rumah yang tidak mempunya prasaranan pengolahan limbah domestik yang memadai. Seperti yang kita tahu jika kita membuang limbah domestik berupa *grey water* dan *black water* langsung ke lingkungan tanpa adanya sistem pengolahan limbah yang baik maka akan mencemari lingkungan. Tujuan dari perancangan ini yaitu menentukan bangunan pengolahan air limbah domestik di desa Butuh dengan menggunakan metode hierarki. Perhitungan akhir menggunakan metode hierarki di dadapatkan pengolahan air limbah domestik yang terpilih adalah *Anaerobik Buffled Reactor* (ABR) dengan menggunakan 4 parameter berupa biaya operasional perawatan, luas lahan yang dugunakan, biaya pembangunan, dan efisiensi removal. *Anaerobik Buffled Reactor* (ABR) yang direncanakan memiliki 5 kompartmen dengan efisiensi removal BOD sebesar 84%, biaya pembangunan sebesar Rp. 67.899.607, luas lahan yang dibutuhkan sebesar 45 m^2, dan biaya operasional sebesar Rp.2.605.281 serta perawatan yang relatif mudah.

Kata Kunci : *Anaerobik Buffled Reactor* (ABR), Metode Hierarki, Limbah Domestik

1. LATAR BELAKANG

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Dalam kehidupan sehari hari manusia memanfaatkan air untuk berbagai aktivitas seperti mandi, cuci, memasak, kakus dan lainnya. Penggunaan air yang terus terjadi mengakibatkan menurunnya kualitas air sehingga muncullah permasalahan yaitu berupa air limbah. Salah satu sumber air limbah yang jumlahnya besar berasal dari air limbah rumah tangga yang diakibatkan karena masih banyaknya air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu di bangunan

Received Juli 02, 2024; Received Juli 26, 2024; Accepted Agustus 13, 2024; Online Available Agustus 15, 2024

pengolahan limbah yang akan berpotensi menjadi sumber pencemaran air dan tanah yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan.

Desa Butuh merupakan salah satu desa dari total 41 desa yang ada di Kecamatan Butuh. Letaknya sendiri berada kurang lebih 20 km dari Kota Kabupaten Purworejo. Desa ini bukanlah desa yang terlalu ramai ataupun padat penduduknya, akan tetapi yang menjadi salah satu permasalahan yang ingin dibahas yaitu masih minimnya kesadaran dan faktor kemiskinan yang membuat wilayah ini menjadi wilayah yang masih buruk sanitasi dan sistem pengolahan limbahnya. Pengolahan air limbah di Kabupaten Purworejo sendiri belum berjalan optimal. Masih banyak rumah tangga yang membuang limbah begitu saja menjadi permasalahan yang harus diatasi

2. KAJIAN TEORITIS

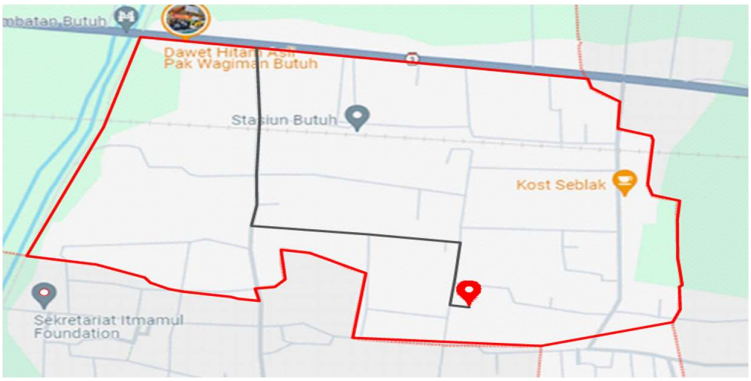
Berdasar kondisi di lapangan sesuai dengan hasil pengamatan dan survei yang telah dilakukan oleh penulis, kondisi dari sistem drainase dan pengolahan limbah yang ada masihlah sangat sederhana dan masih belum bisa dikatakan sebagai sistem pengolahan limbah baik. Kondisi ini didukung oleh masih banyaknya warga yang menyalurkan air buangan sisa cuci, mandi, dan air kamar mandi (*grey water*) secara langsung ke dalam saluran irigasi ataupun ke dalam lubang galian tanah yang dibuat sendiri tanpa adanya sistem pengolahan air limbah yang baik. Didapati pula hal yang hampir sama pada fasilitas pembuangan air besar di masing masing rumah warga yang mengarahkan hasil pembuangan ke dalam *septic tank* yang masih sederhana karena tidak adanya pengolahan limbah yang ada di dalamnya yang berpotensi mencemarkan air tanah yang ada bahkan ada juga beberapa orang yang tidak memiliki *septic tank* yang membuang air besar langsung di sungai. Apabila jumlah air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) yang dibuang berlebihan, melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya, maka akan terjadi kerusakan lingkungan (Puji, 2014).

Melihat kondisi dari instalasi saluran pengolahan limbah yang ada, maka diperlukan teknologi pengolahan limbah domestic yang sesuai untuk Desa Butuh. Secara umum terdapat beberapa teknologi sanitasi air limbah domestik yang sebelumnya sudah sering diterapkan di Indonesia antara lain menggunakan teknologi tangki septik dengan sistem resapan dan *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) (Enrico., et al, 2009). Seiring dengan perkembangan zaman, terdapat teknologi lain yang dapat digunakan sebagai pengolah air

limbah domestik seperti anaerobik biofilter dan aerobik filter. Melihat cukup banyaknya teknologi untuk pengolahan air limbah domestik yang dapat dipilih, maka terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan teknologi sanitasi antara lain adalah faktor teknis, lingkungan, institusional, dan masyarakat (Brikke dan Bredero, 2003).

3. METODE PENELITIAN

Studi perancangan ini dilakukan di Desa Butuh, Kecamatan Butuh, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah yang memiliki luas sebesar 2,76 km^2 yang terdiri dari 8 rukun warga (rw) dan 21 rukun tetangga (rt) serta 4 dusun yaitu Dusun Adinegaran, Dusun Abean, Dusun Krajan, dan Dusun Ketundan.



Gambar 1. Peta Wilayah Desa Butuh

(Sumber: google map, 2024)

Dalam studi perancangan ini diperlukan persiapan berupa peralatan yang digunakan untuk pengerjaan kedepannya berupa microsoft excel, microsoft word, dan kamera. Selanjutnya ada prosedur perencanaan yang memuat studi pustaka, pengumpulan data primer (data debit air bersih dan kondisi eksisting) dan data sekunder (data penduduk, pengujian sampel air limbah, dan peta wilayah studi). Langkah berikutnya yaitu penentuan opsi ipal terpilih yang terdiri dari *Anaerobic Buffle Reactor* (ABR), *Anaerobic Biofilter, Aerobic Biofilter*, dan Kolam Fakultatif. Selanjutnya perhitungan kriteria opsi ipal yang terdiri dari efisien removal, biaya pembangunan, operasional pemeliharaan, dan kebutuhan lahan. Langkah terakhir yang harus dilakukan yaitu menentukan opsi ipal terpilih dengan menggunakan metode *Analitycal Hyrarci Process* (AHP). Metode AHP sendiri yaitu pemberian pembobotan pada masing - masing opsi ipal terpilih dan kriteria terpilih dengan membandingkan satu dengan yang lainnya.

Tahap akhir dari metode ini yaitu perkalian matrik antara nilai rata rata normalisasi setiap kriteria dengan nilai rata rata normalisasi setiap alternatif ipal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Debit Air Limbah

Sebelum masuk kedalam perhitungan opsi ipal terpilih dan opsi kriteria ipal terpilih langkah awal yang harus diambil adalah menenukan berapa jumlah penduduk yang akan dilayani ipal,berapa besar debit air limbah yang dihasilkan dalam satu hari kalender, dan hasil lab kadar BOD dan COD dalam sampel air limbah. Untuk menemtukan jumlah penduduk yang akan dilayani ipal penulis menggunakan metode geometri dengan alasan untuk pengambilan data jumlah penduduk lebih mudah karena tidak perlu diakukan setiap hari. Cara perhitungan jumlah penduduk dengan metode geometri adalah sebagai berikut

Penduduk 2042 = Penduduk $2022(1+r)^{20}$

Penduduk 2042 = $3093(1+0{,}072)^{20}$

Penduduk 2042 = 3570 Jiwa

Perhitungan debit air limbah sendiri diperoleh dengan cara mengasumsikan debit air limbah yang dihasilkan sebesar 80% dari penggunaan air bersih harian (SK-SNI Air Minum,2000). Menurut pedoman konstruksi dan bangunan, Dep. Pu Desa Butuh termasuk jenis kota kecil dengan jumlah pemakaian air bersih harian di kisaran 60 – 10 liter/orang/hari, dari sini kita ambil titik tengan untuk jumlah pemakaian air bersih harian sebesar 80l/rang/hari. Maka perhitungan debit air limbah sendiri sebagai berikut:

Qair limbah = (80% x 80l/orang/hari)jumlah penduduk

Qair limbah = 64l/orang/hari x 3570 jiwa

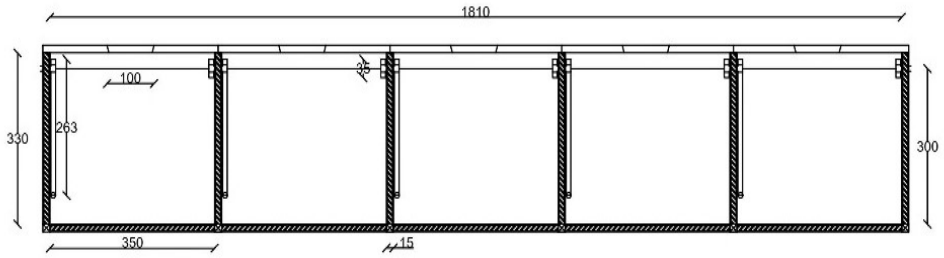
Qair limbah = 228,48 m^3/hari

Data kadar BOD dan COD dari sampel air limbah didapat hasil berupa kadar BOD sebesar 68,66 mg/ldan kadar COD sebesar 189,6 mg/l.

Perhitungan IPAL *Anaerobi Buffled Reactor* (ABR)

Teknologi pengolahan air limbah ABR memiliki fungsi untuk menampung kotoran dan air penggelontor (*black water*) dan juga menampung air bekas mandi, cuci, dan air limbah non kakus (*grey water*). Secara kasat mata ABR merupakan *septic tank* sederhana berbentuk persegi yang dimodifikasi dengan menambahkan beberapa

kompartemen. Pengolahan air limbah domestik dengan ABR akan menghasilkan gas dan endapan lumpur di dasar yang harus dibuang setiap 2-3 tahun sekali menggunakan truk tinja (Teguh Wibowo, et al., 2010).



Gambar 2. IPAL ABR

Perhitungasn luas lahan yang dibutuhkan untuk ipal ABR adalah :

Luas lahan = p x l x jumlah kompartmen

Luas lahan = 2 x 4,5 x 2,5 x 5

Luas lahan = 45m^2

Menurut Sasse (1998) perhitungan COD dan BOD pada ipal ABR dapat dilakukan dengan memperhatikan konsentrasi COD, temperatur air limbah, HRT, jumlah kompartmen, dan rasio BOD terhadap COD. Adapaun rumus yang digunakan sebagai berikut:

Penyisihan COD = Fstrength x Ftemp x FHRT x Fkompartmen

= 0,82 x 1,048 x 0,846 x 1,02

= 0,746

= 75%

Penyisihan BOD = penyisihan COD x faktor penyisihan

= 75% x 1,125

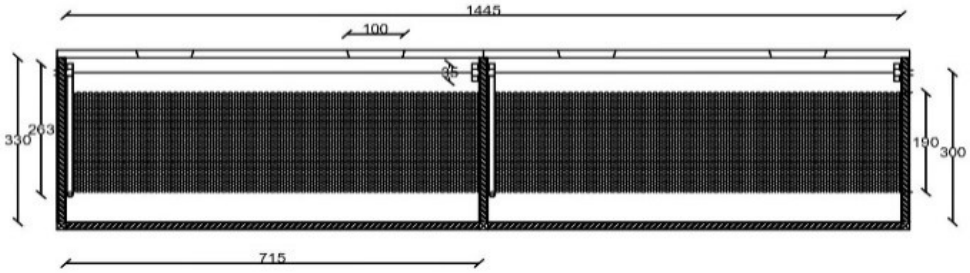
= 84 %

Adapaun hasil perhitungan kriteria biaya pembangunan sebesar Rp.67.899.607,00 dan biaya operasional perawatan sebesar Rp.2.605.281,00 dengan pengoperasional serta perawatan relatif mudah.

Perhitungan IPAL *Anaerobic Biofilter*

Teknologi pengolahan air limbah dengan metode filter anaerobik (biofilter) yaitu dengan memanfaatkan *septic tank* yang bentuknya sekilas sama dengan *septic tank* metode ABR akan tetapi di dalamnya berbeda karena menggunakan satu atau lebih

kompartemen yang disapasang filter. Filter yang digunakan biasanya terbuat dari bahan alam berupa kerikil, sisa arang, bambu, plastik yang dibuat khusus ataupun batok kelapa. Pada pengolahan ini dibutuhkan bakteri aktif yang berperan. Bakteri aktif bisa didapat dari lumpur tinja septik yang disemprotkan ke media filter, namun dalam prosesnya dibutuhkan waktu untuk bakteri dapat stabil di media filter yaitu selama kurang lebih 6-9 bulan. Filter anaerobic pada penggunaannya diperlukan pemeliharaan yang khusus dan berkala karena semakin berjalannya waktu padatan dan biomasa yang ada akan semakin menebal yang berpotensi akan menyumbat pori-pori filter, sehingga akan menurunkan efisiensi removalnya (Teguh Wibowo., et al, 2010).



Gambar 3. IPAL Anaerobik Biofilter

Perhitungasn luas lahan yang dibutuhkan untuk ipal Anaerobik Biofilter adalah:

Luas lahan = (Qal x HRT x kompartmen)/tinggi reaktor

Luas lahan = (9,52 m^3/jam x 9 jam x 2)/3

Luas lahan = 57,36 m^2

Menurut Sasse (1998) perhitungan COD dan BOD pada ipal ABR dapat dilakukan dengan memperhatikan konsentrasi COD, temperatur air limbah, HRT, jumlah kompartmen, spesifikasi media filterdan rasio BOD terhadap COD. Adapaun rumus yang digunakan sebagai berikut:

Penyisihan COD = Fstrength x Ftemp x FHRT x Fkompartmen x Fsurface

= 0,89 x 1,048 x 0,62 x 0,94 x 1,06

= 0,50

= 50%

Penyisihan BOD = penyisihan COD x faktor penyisihan

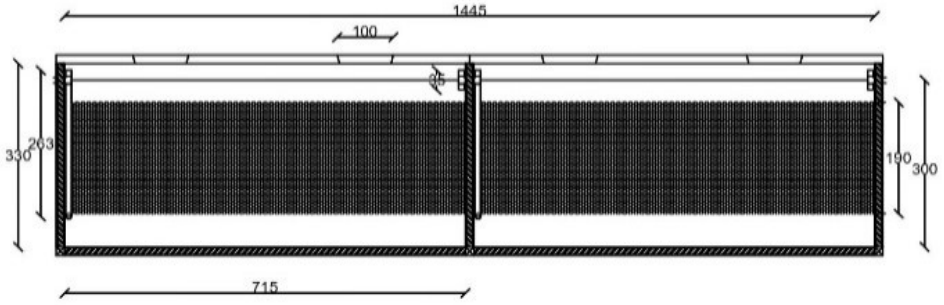
= 50% x 1,06

= 53 %

Adapaun hasil perhitungan kriteria biaya pembangunan sebesar Rp.126.863.626,00 dan biaya operasional perawatan sebesar Rp.2.605.281,00 dengan pengoperasional serta perawatan relatif cukup sulit.

Perhitungan IPAL Aerobic Biofilter

Pengolahan dengan cara aerobik biofilter yaitu merupakan salah satu jenis pengolahan secara biologi. Unit ini biasanya terdiri dari media tumbuh mikroorganisme yang terpasang tenggelam dan dialiri dengan sistem aerasi. Teknologi ini didasarkan pada pemakaian biofilter dengan media granural yang ditenggelamkan untuk memicu perubahan komponen biologi bahan organik berupa biomasa yang menempel pada media. Konfigurasi aliran yang digunakan dalam Aerobik Biofilter ada 2 macam yaitu aliran *upflow* dan aliran *downflow*. Aliran *upflow* yakni aliran air limbah yang mengalir dari bagian bawah reaktor, sedangkan aliran *downflow* air limbah dialirkan melalui atas reator.



Gambar 4. IPAL Aerobik Biofilter

Perhitungasn luas lahan yang dibutuhkan untuk ipal Aerobik Biofilter adalah :

Luas lahan = (Qal x HRT x kompartmen)/tinggi reaktor

Luas lahan = (9,52 m^3/jam x 9 jam x 2)/3

Luas lahan = 57,36 m^2

Menurut Sasse (1998) perhitungan COD dan BOD pada ipal ABR dapat dilakukan dengan memperhatikan konsentrasi COD, temperatur air limbah, HRT, jumlah kompartmen, spesifikasi media filterdan rasio BOD terhadap COD. Adapaun rumus yang digunakan sebagai berikut:

Penyisihan COD = Fstrength x Ftemp x FHRT x Fkompartmen x Fsurface

= 0,89 x 1,048 x 0,62 x 0,94 x 1,06

= 0,50

= 50%

Penyisihan BOD = penyisihan COD x faktor penyisihan

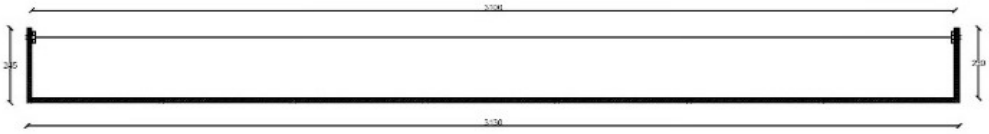
= 50% x 1,06

= 53 %

Adapaun hasil perhitungan kriteria biaya pembangunan sebesar Rp.128.063.626,00 dan biaya operasional perawatan sebesar Rp.2.870.281,00 dengan pengoperasional serta perawatan relatif sulit.

Perhitungan IPAL Kolam Fakultatif

Kolam fakultatif merupakan salah satu jenis kolam stabilitas yang banyak digunakan. Kolam ini dapat melakukan pengolahan dengan cara biodegradasi secara aerobik yang terjadi pada permukaan air kolam sampai dengan ¾ kedalaman air kolam dan biodegradasi secara anaerobik yang terjadi pada lapisan lumpur yang terdapat pada dasar kolam sampai dengan ¼ ke dalam dari dasar kolam. Sebagai pengolahan aerobik pada bagian permukaan dari kolam diperlukan oksigen yang akan membantu dalam proses pengolahan, dalam hal ini oksigen dapat diperoleh melalui proses fotosintesis dari alga yang tumbuh di dalam kolam serta sebagian dari difusi udara atau oksigen dari atmosfer. Dalam kolam fakultatif terdapat zona perbatasan antara daerah anaerobik dan aerobik yang biasa dikenal dengan daerah fakultatif yang terjadi karena adanya fluktuasi oksigen.



Gambar 5. IPAL Kolam Fakultatif

Perhitungasn luas lahan yang dibutuhkan untuk ipal Kolam Fakultatif adalah :

$$\text{Luas lahan} = \frac{2Ql\,f}{2H - 0{,}001ef}$$

$$\text{Luas lahan} = \frac{2 \; x \; 228{,}48 \; x \; 4}{(2 \; x \; 2{,}3) - (0{,}001 \; x \; 5 \; x \; 4)}$$

Luas lahan = 399,1 m^2

Menurut Perum PUPR Nomor 04 tahun 2017 kriteria pengolahan limbah ipal kolam fakultatif dapat menurunkan kadar BOD sebesar 70 – 90 %, dari nilai efisiensi tersebut maka diambil nilai tengah dari data tersebut yaitu sebesar 80%. Adapaun hasil perhitungan kriteria biaya pembangunan sebesar Rp.213.023.168,00 dan biaya

operasional perawatan sebesar Rp.2.605.281,00 dengan pengoperasional serta perawatan relatif mudah.

Perhitungan Akhir *Analitycal Hyrarci Process* (AHP)

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan kriteria tiap opsi ipal terpilih dilakukanlah pembobotan nilai rata rata dari tiap kriteria dan nilai rata rata normalisasi setiap alternatif ipal seperti berikut:

Tabel 1. Nilai Rata Rata Normalisasi setiap Kriteria

Kriteria	Rata rata
Efisienai Removal	0,2
Biaya Pembangunan	0,2
Operasional dan Pemeliharaan	0,52
Kebutuhan Lahan	0,08

Tabel 2. Nilai Rata Rata Normalisasi Setiap Alternatif IPAL

Alternatif	Efisiensi Removal	Biaya Pembangnan	Kebutuhan Lahan	Operasional dan Perawatan
ABR	0,46	0,48	0,45	0,35
Anaerobik Biofilter	0,19	0,25	0,23	0,19
Aerobik Biofilter	0,11	0,18	0,23	0,11
Kolam Fakultatif	0,24	0,09	0,08	0,35

Langkah terakhir yaitu melakukan perkalian matriks antara nilai rata rata normalisasi setiap kriteria dengan nilai rata rata normalisasi setiap alternatif ipal dengan hasil akhir sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perkalian Matrik Nilai Rata Rata Normalisasi IPAL dengN Normalisasi Kriteria

Alternatif IPAL	Rata – Rata
ABR	0,45
Anaerobik Biofilter	0,22
Aerobik Biofilter	0,19
Kolam Fakultatif	0,14

Dari tabel di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa IPAL *Anaeribic Buffled Reactro* (ABR) adalah yang paling cocok diterapkan karena memiliki nilai akhir yang paling tinggi sebesar 0,45.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Dari data kependudukan yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa limbah harian yang dihasilkan oleh warga desa butuh sebesar 228,48 m^3/hari dengan lahan yang tersedia untuk rencana pembangunan IPAL sebesar 460$m^{2.}$
2. Kriteria pemiliha opsi ipal yang yang diambil ada 4 yaitu efisiensi removal,, biaya pembangunan, luas lahan yang dibutuhkan, dan biaya operasional perawatan.
3. Berikut merupakan hasil perhitungan akhir IPAL terpilih ABR dengan efisiensi removal BOD sebesar 84%, biaya pembangunan sebesar Rp. 67.899.607, luas lahan yang dibutuhkan sebesar 45 m^2, dan biaya operasional sebesar Rp.2.605.281 serta perawatan yang relatif mudah.

Saran

Berdasrkan uraian di atas, diperlukan pengkajian lebih lanjut dengan kriteria lainnya seperti kriteria daya duga lebih dari ipal, faktor estetika, dan pandangan masyarakat terhadap alternatif ipal yang akan dibangun.

6. DAFTAR REFERENSI

Afifaturrohman, T. P. (2016). *Pengolahan limbah domestik di IPAL Semanggi Kota Surakarta* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Universitas Sebelas Maret). Universitas Sebelas Maret.

Asmadi, & Suharno. (2012). *Dasar-dasar teknologi pengolahan air limbah*. Gosyen Publishing.

Ayu Ismoyo Sofiana. (2017). *Evaluasi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) kawasan di Universitas Sebelas Maret Surakarta* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Universitas Sebelas Maret). Universitas Sebelas Maret.

Brikke, F., & Bredero, M. (2003). *Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation*. World Health Organization & IRC Water & Sanitation Centre.

Damayanti, H. (2016). *Perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Lingkungan, Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Djonoputro, E. R., et al. (2009). *Opsi sanitasi yang terjangkau untuk daerah spesifik*. Water and Sanitation Program.

Fitriyanti, R. (2020). Karakteristik limbah domestik di lingkungan mess karyawan pertambangan batubara. *Jurnal Redoks*.

Hendry Arya Pratama. (2022). *Perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) domestik Yayasan Pondok Pesantren Al-Jaly Kabupaten Bangkalan* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel). Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

Nahdlatul Ummah, F. (2018). *Evaluasi kinerja dan pengembangan pengolahan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Mojosongo* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Universitas Sebelas Maret). Universitas Sebelas Maret.

Nur, F. (2013). Fitoremediasi logam berat kadmium (Cd). *Jurnal Ilmiah Biologi*.

Pokja Sanitasi Kabupaten Purworejo. (2010). *Strategi sanitasi Kabupaten Purworejo*.

Praditya, R. K. (2016). *Perencanaan instalasi pengolahan air limbah komunal di Kampung Seni Nitipraya, Desa Ngestiharjo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Lingkungan, Program Sarjana, Universitas Islam Indonesia). Universitas Islam Indonesia.

Said, N. I. (2018). Paket teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang murah dan efisien. *Jurnal Air Indonesia*.

Sasse, L. (1998). *Decentralised wastewater treatment in developing countries (DEWATS)*. BORDA.

Setiawan, R. T. (2016). *Perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Lingkungan, Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sholichin, M. (2015). *Pengolahan air limbah: Teknologi pengolahan air limbah*. Jurnal Teknik Pengairan Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016. Baku Mutu Air Limbah Domestik. Pemerintahan Pusat.

Syafrudin, S., & Kurniawan, W. (2012). Studi pengaruh variasi debit terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD, dan TSS limbah cair domestik black water menggunakan reaktor UASB (Studi Kasus: Kelurahan Gabahan, Semarang). *Teknik Lingkungan, UNDIP*.

United States Environmental Protection Agency. (1983). *Water quality standards handbook*. New York.

Wibowo, T., et al. (2010). *Buku referensi opsi sistem dan teknologi sanitasi*. TTPS.

Wulandari, P. R. (2014). *Perencanaan pengolahan air limbah sistem terpusat (Studi kasus di perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju - Sumatera Selatan)*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Sriwijaya.