

Evaluasi Sistem Pengolahan IPAL Asrama Damkar Semper Barat

Dharma Taruna¹, Kristianti Utomo^{2✉}, Endah Yunari Nugraheni³

¹Mahasiswa Prodi S1 Teknik Lingkungan, STT Pekerjaan Umum Jakarta

^{2,3}Dosen Prodi S1 Teknik Lingkungan, STT Pekerjaan Umum Jakarta

Email: kristianti.utomo@gmail.com

Abstrak

Komplek Asrama DAMKAR merupakan kawasan wilayah ramai penduduk yang terletak di kelurahan Semper Barat, Kecamatan Cilincing, Jakarta Utara, DKI Jakarta. Komplek ini memiliki penduduk sejumlah 148 KK dan luas wilayah $\pm 3,07$ Hektar. Adanya pertumbuhan penduduk di komplek ini maka permasalahan pun akan bermunculan, terutama masalah kesehatan lingkungan (Sanitasi). Oleh sebab itu didirikan IPAL yang di sebut IPAL Asrama DAMKAR dengan tujuan dapat mencegah masalah sanitasi di wilayah Komplek Asrama DAMKAR. IPAL Asrama DAMKAR memiliki kapasitas sebesar 80m³/hari dengan menggunakan sistem biofilter anaerobik – aerobik. Air hasil olahan IPAL ini akan diuji dan di bandingkan dengan PERMEN LHK NO.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengevaluasi kinerja baik dari unit-unit yang ada pada IPAL Asrama DAMKAR maupun sistem yang di terapkan di IPAL ini. Hasil dari penelitian ini adalah kuantitas air limbah yang masuk ke sistem pengolahan air limbah masih kurang dari kapasitas IPAL yang di rencanakan, dan juga evaluasi terkait penambahan bakteri cair pada unit sedimentasi pertama yang kurang efisien dimana proses sedimentasi pertama adalah proses pengendapan dengan gravitasi yang mana penambahan bakteri dan pengadukan secara manual tidak tepat bila dilakukan pada proses ini. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang belum memenuhi baku mutu yang di tetapkan, yaitu parameter Ammonia yang masih belum memenuhi baku mutu di beberapa sampel pengujian. Sedangkan untuk hasil perbandingan dimensi unit IPAL Asrama DAMKAR terdapat beberapa unit yang belum memenuhi standar kriteria desain, yaitu unit Sedimentasi 1, Aerasi 1, dan Aerasi 2.

Kata kunci : IPAL Asrama DAMKAR, Biofilter, Baku Mutu, Anaerobik – aerobik

Abstract

The DAMKAR Dormitory is a busy area located in Semper Barat, Cilincing, North Jakarta, DKI Jakarta. This complex has a population of 148 families and an area of ± 3.07 hectares. With population growth in this complex, problems will emerge, especially environmental health problems (sanitation). Therefore, an IPAL was established called the DAMKAR Dormitory IPAL with the aim of preventing sanitation problems in the DAMKAR Dormitory Complex area. The DAMKAR Dormitory IPAL has a capacity of 80m³/day using an anaerobic – aerobic biofilter system. The water produced from this IPAL will be tested and compared with PERMEN LHK NO. 68 of 2016 concerning domestic waste water quality standards. This research was carried out with the aim of evaluating the performance of both the units in the DAMKAR Dormitory IPAL and the system implemented in this IPAL. The results of this research are that the quantity of wastewater entering the wastewater treatment system is still less than the planned capacity of the WWTP, and also an evaluation related to the addition of liquid bacteria to the first sedimentation unit which is less efficient where the first sedimentation process is a gravity settling process which adds bacteria and manual stirring is not appropriate when used in this process. The results of this research show that there are several parameters that do not meet the specified quality standards, namely the Ammonia parameter which still does not meet the quality standards in several test samples. Meanwhile, for the comparison results of the dimensions of the DAMKAR Dormitory IPAL units, there are several units that do not meet the standard design criteria, namely Sedimentation 1, Aeration 1, and Aeration 2 units.

Keywords: DAMKAR Dormitory IPAL, Biofilter, Quality Standards, Anaerobic - aerobic

PENDAHULUAN

Air limbah merupakan air bekas pemakaian, baik bekas pemakaian rumah tangga (domestik) ataupun bekas pemakaian kegiatan operasi industri. Air limbah domestik adalah air bekas pemakaian yang berasal dari aktivitas pemukiman yang kontaminannya di dominasi oleh bahan organik. Tingginya kepadatan penduduk kota administrasi Jakarta Utara sangat berpengaruh pada kualitas hidup masyarakat. Beragam masalah kependudukan pun bisa muncul di kemudian hari. Salah satunya soal kesehatan lingkungan (sanitasi).

Pembuangan air limbah baik secara langsung maupun tidak langsung dapat berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan khususnya kualitas badan air sungai. Dengan menurunnya kualitas badan air sungai maka diperlukan pengolahan air limbah agar aman dibuang ke sungai atau badan air sesuai baku mutu yang sudah ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Suku Dinas Air Kota Administrasi Jakarta Utara (SUDIN SDA) merupakan instansi Pemerintah Daerah (PEMDA) yang bergerak dalam jasa pengelolaan sarana pengendali banjir, air bersih, dan air limbah di Kota Administrasi Jakarta Utara. SUDIN SDA melayani penyaluran serta pengolahan air limbah domestik yang berasal dari kegiatan mandi, cuci, WC. Air limbah tersebut dialirkan melalui sistem perpipaan menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dalam hal ini adalah IPAL Asrama DAMKAR Semper Barat.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas air hasil olahan dan kinerja sistem pengolahan IPAL Asrama DAMKAR apakah sudah memenuhi persyaratan yang berlaku, yaitu Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah kualitas air hasil olahan IPAL Asrama DAMKAR sudah memenuhi persyaratan kualitas air limbah yang layak dibuang sesuai dengan Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik?
2. Apakah sistem pengolahan air limbah IPAL Asrama DAMKAR sudah efisien mengolah limbah?

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengolahan air limbah IPAL Asrama DAMKAR berdasarkan data primer dan data sekunder yang terkait dengan proses dan kualitas hasil olahan air limbah domestik. Serta membandingkan kualitas efluen pengolahan air limbah domestik IPAL Asrama DAMKAR dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Penelitian ini diharapkan dapat sebagai bahan evaluasi dalam hal pengolahan air limbah domestik. Ruang lingkup penelitian ini adalah evaluasi dibatasi hanya pada wilayah IPAL Asrama DAMKAR Semper Barat.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Permen LHK No 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah Air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Karakteristik air limbah umumnya terbagi ke dalam tiga kategori, yaitu fisika, kimia, dan biologi (Metcalf dan Eddy, 2003). Sifat fisika, kimia, dan biologi air limbah tergantung pada sumber kegiatan penghasil air limbah tersebut.

Menurut Kushwah, et al., (2011), karakteristik air limbah domestik meliputi DO, BOD, COD, konduktivitas, pH dan suhu. Cheerawit, et al., (2012) juga menjelaskan bahwa karakteristik air limbah domestik terdiri dari BOD, COD, turbiditas, lemak, detergen dan agen-agen lain. Cheerawit, et al., (2012) juga menjelaskan bahwa air limbah domestik yang mengandung berbagai macam parameter pencemar perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang. Air Limbah domestik dibagi menjadi dua yaitu:

- a. *Black water*, adalah air limbah buangan yang berasal dari toilet yang terdiri dari tinja, air kencing, serta bilasan. Rata-rata setiap orang menghasilkan kotoran tinja sebesar 1,2 Liter per-hari
- b. *Grey water*, adalah limbah buangan non toilet yang terdiri dari air cucian, air limbah dapur, wastafel, dan lainnya.

Menurut Tjokrokusumo (1999) air limbah yang bersumber dari rumah tangga (domestik waste water) yaitu air limbah yang berasal dari permukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekstreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik.

Dampak dari pencemaran air limbah domestik yaitu baik yang berbentuk cair maupun berbentuk padat dapat mencemari tanah, merusak ekosistem air, berpengaruh pada sumber air minum masyarakat, yang menyebabkan bibit penyakit, merusak sanitasi, menimbulkan bau, serta mengurangi nilai estetika lingkungan.

Menurut RSI A. YANI (2018), sistem biofilter adalah sistem yang cara kerjanya menggunakan proses gabungan antara proses anaerob dan aerob, yang memanfaatkan bakteri untuk menguraikan polutan dalam air limbah, media sebagai tempat melekatnya bakteri untuk tumbuh dan berkembang biak. Media yang dipilih juga harus sesuai, media yg dipilih harus anti rusak, anti buntu, ringan dan mempunyai *surface area* besar. Untuk kesempurnaan pertumbuhan bakteri/biomassa pengurai diperlukan juga oksigen untuk proses aerob, kebutuhan oksigen biomassa disuplai oleh air supplier atau aerator dan blower sedangkan pada proses anaerob maka kondisi unit harus dalam keadaan septik/kepad udara.

Menurut Buku Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) BUKU B, biofilter anaerobik merupakan reaktor biologis dengan pertumbuhan terlekat atau *fixed - bed*. Air limbah domestik dalam reaktor ini mengalir melewati filter sehingga partikel terjebak dan bahan organik didegradasi oleh mikroorganisme yang melekat pada permukaan media.

Tahapan Pengolahan pada IPAL terdiri atas:

Pengolahan pendahuluan (Primer)

Pengolahan tahap pertama bertujuan menghilangkan unsur-unsur yang terdapat dalam air limbah yang dapat menimbulkan beberapa masalah, baik dalam pengoperasian maupun proses dan pemeliharaan IPAL. Pada tahap ini melibatkan proses pengolahan fisik.

a. Unit Sumur Pengumpul (Bak Sump Pit)

Unit sumur pengumpul merupakan bangunan pengolahan pertama, yang bertujuan sebagai penampung air limbah domestik dari jaringan pengumpulan air limbah domestik yang memiliki elevasi lebih rendah dari IPALD. Sumur pengumpul dapat dilengkapi dengan pompa dan bak penangkap lemak. Perencanaan sumur pengumpul berdasarkan kriteria desain yaitu waktu detensi air limbah domestik dalam sumur pengumpul tidak lebih dari 10 menit.

b. Unit Saringan Sampah (Bar Screen)

Bar Screen berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda-benda yang berukuran besar (plastik, kertas, atau daun dll) kedalam unit pengolahan air limbah domestik yang dapat mengakibatkan gangguan pengolahan, terutama pada unit pompa. *Bar Screen* berupa kawat jaring atau plat berlubang. Bar screen biasanya dipasang secara vertikal dengan kemiringan 30 – 60°. Jarak antara jeruji yang kasar di pasang dibagian depan 1,5 – 2,5 cm.

c. Unit Ekualisasi

Unit ekualisasi berfungsi untuk menyeragamkan debit air limbah domestik yang berfluktuasi pada kondisi puncak dan minimum. Pertimbangan menggunakan bak ekualisasi dalam sistem ini ialah untuk meningkatkan kinerja pengolahan biologi karena akan mengurangi potensi efek *shock loading* serta dapat menstabilkan pH.

Waktu detensi di bak ekualisasi maksimum 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah domestik (Metcalf & Eddy, 1991). Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak ekualisasi, debit air limbah domestik yang berfluktuasi akan menjadi debit rata-rata.

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak ekualisasi. Adapun komponen-komponen tersebut yakni:

1. Rumah Pompa. Untuk mengatur debit air limbah domestik, maka penggunaan pompa dapat diatur dengan debit sesuai penghitungan debit ekualisasi.
2. Mixer/Aerator. Komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait kualitas selama berada di dalam bak ekualisasi. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi pengendapan material padatan ke dasar bak.

d. Bak Sedimentasi 1

Bak Pengendapan 1 (Pertama) berfungsi untuk mengurangi kandungan *suspended solid* dalam air limbah domestik. Bak pengendap didesain pada waktu tinggal tertentu untuk memberikan kesempatan sebagian partikel mengendap pada kecepatan pengendapan (v_s) tertentu. Secara teori, efisiensi penyisihan padatan di dalam bak pengendap dapat dihitung berdasarkan kecepatan pengendapan dan kecepatan permukaan atau *Overflow Rate* (OR atau v_o). OR juga disebut sebagai *Hydraulic Surface Loading* atau *Surface Loading* dengan satuan $m^3 / hari.m^2$.

Jika kecepatan pengendapan (v_s) memiliki nilai yang sama dengan *overflow rate* (v_o) maka 100% partikel akan mengendap di dasar bak pengendapan. Namun jika kecepatan pengendapan lebih kecil dari *overflow rate* maka partikel akan lolos, tidak terendapkan, kecuali posisi partikel tersebut berada pada setengah kedalaman bak pengendapan di inlet maka 50% akan terendapkan. Oleh karena itu, dalam perencanaan bak pengendapan, penentuan kecepatan pengendapan menjadi sangat penting yang berpengaruh langsung terhadap efisiensi penyisihan material padatan.

Pengolahan Kedua (Pengolahan Sekunder)

Pengolahan tahap kedua merupakan pengolahan yang ditujukan untuk menyisihkan kandungan organik karbon yang terkandung di dalam air limbah domestik. Pada tahap ini, pengolahan dilakukan dengan menggunakan metode pengolahan biologi. Pengolahan air limbah domestik secara biologi merupakan pengolahan yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah sehingga menjadi senyawa kimia sederhana dan mineral yang siap dan aman dibuang ke lingkungan. Pengolahan biologi melibatkan pertumbuhan mikroorganisme aktif yang kontak dengan air limbah domestik sehingga mikroorganisme tersebut bisa mengkonsumsi organik karbon sebagai makanan.

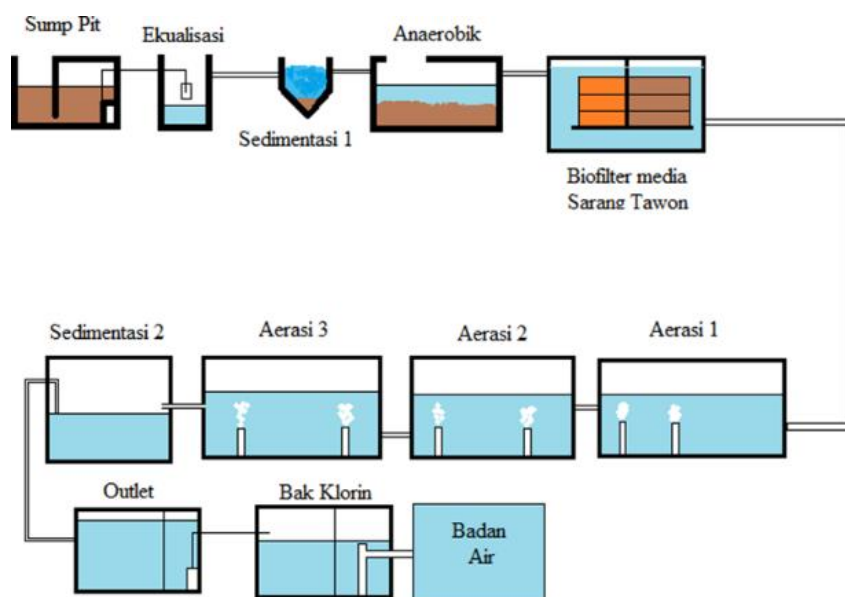
Berdasarkan kebutuhan oksigennya, pengolahan biologi dapat dikategorikan menjadi beberapa kelompok yakni anaerob, aerob, dan kombinasi anaerob-aerob. Dalam pengolahan tahap kedua terdapat unit pengolahan pengendapan kedua (*secondary sedimentation*) yang berfungsi untuk mengendapkan padatan atau bioflok yang terbentuk khususnya jika menggunakan metode pengolahan biologi secara aerob. Keberadaan unit pengolahan pendendapan kedua sangat tergantung pada jenis teknologi yang dipilih pada pengolahan secara biologi. Selain itu, berdasarkan media pertumbuhan mikroorganisme, sistem pengolahan biologi dapat dikategorikan menjadi dua yakni sistem terlekat (*attached growth microbe*) dan sistem tersuspensi (*suspended growth microbe*). Sistem berikutnya yakni sistem tersuspensi yang dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang tumbuh di dalam air limbah domestik (tersuspensi).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Asrama DAMKAR Semper Barat Jakarta Utara yang terletak di kompleks Asrama DAMKAR Semper Barat. Asrama DAMKAR terdiri dari 6 RT dengan 146 Sambungan Rumah, serta luas wilayah $\pm 3,07$ ha. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2023 sampai dengan bulan Agustus 2023.



Gambar 1. Lokasi IPAL Asrama DAMKAR

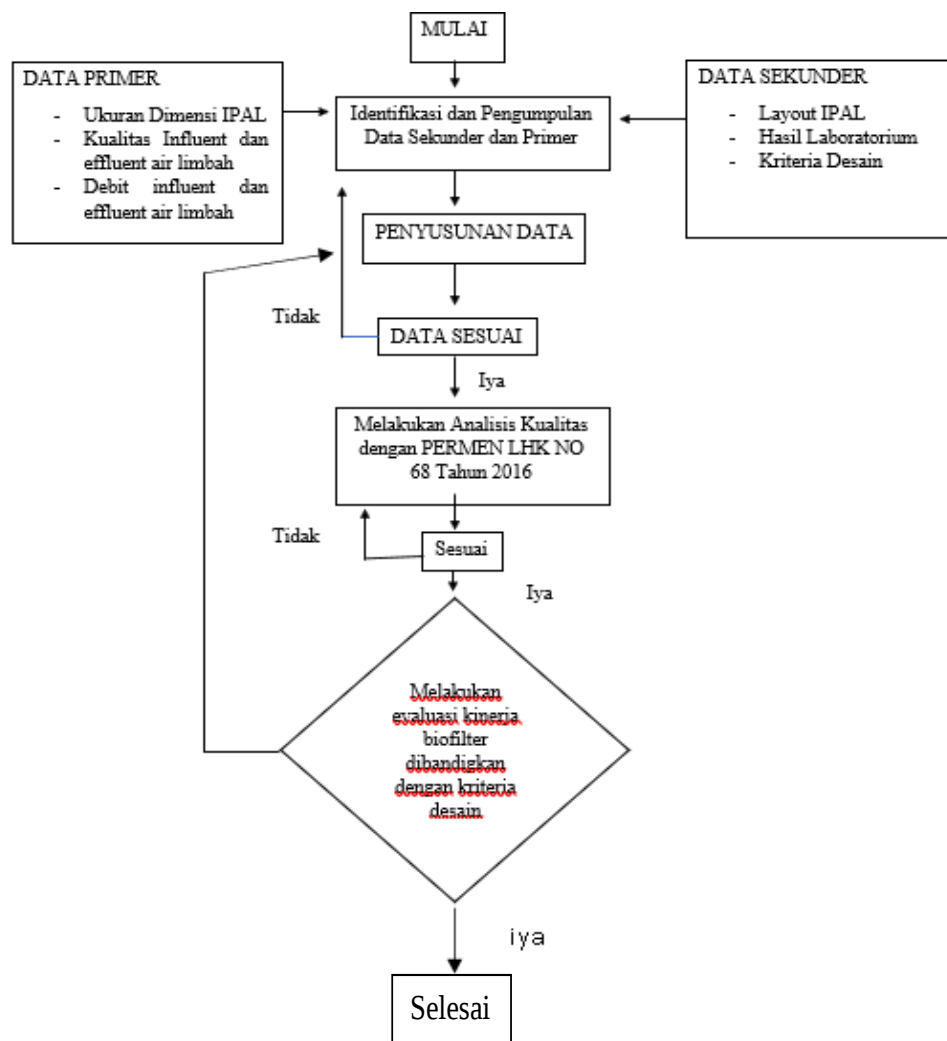


Gambar 2. Layout IPAL Asrama DAMKAR

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dan kuantitatif. Metode yang dilakukan secara kualitatif yaitu, membandingkan kualitas effluen dari IPAL Asrama DAMKAR dengan PERMEN LHK NO. 68 Tahun 2016 dan evaluasi sistem pengolahan IPAL Asrama DAMKAR dalam mengolah air limbah domestik. Metode yang dilakukan secara kuantitatif yaitu menghitung debit air limbah yang masuk ke dalam sistem pengolahan IPAL Asrama DAMKAR.

Pengumpulan data primer dilakukan dengan wawancara langsung kepada operator dan koordinator lapangan. Pengambilan data secara langsung terkait spesifikasi, pengukuran dimensi dan pengambilan sampel effluen dari IPAL Asrama DAMKAR. Sedangkan data sekunder bersumber dari Suku Dinas Sumber Daya Air Jakarta Utara berupa layout IPAL dan data kualitas air limbah yang masuk ke IPAL dan kualitas hasil olahan IPAL.

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Metodologi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

IPAL Asrama DAMKAR merupakan salah satu instalasi pengolahan air limbah yang mengolah air limbah rumah tangga (Domestik). IPAL Asrama DAMKAR berada di bawah pengawasan Suku Dinas Sumber Daya Air Jakarta Utara (SUDIN SDA JAKUT). IPAL Asrama DAMKAR beroperasi selama 24 jam dengan 3 shift kerja dan operator berjumlah 6 orang. Jumlah Sambungan Rumah (SR) yang dilayani IPAL Asrama DAMKAR sebanyak ± 148 SR dengan 6 Rukun Tetangga (RT). Luas pelayanan $\pm 3,07$ Ha dan memiliki kapasitas sebesar 80 m³.

Sumber air limbah yang masuk ke IPAL mempunyai debit berkisar antara 50 – 80 m³ yang berasal dari rumah warga, masjid Daarul Maghfiro, RPTRA Satria Biru, Pos DAMKAR dengan jumlah ± 148 SR (Sambungan Rumah) yang berada di Komplek Asrama DAMKAR Semper Barat. Air yang masuk ke dalam IPAL merupakan air limbah domestik yang berasal dari kegiatan WC (Black Water) dan kegiatan mandi cuci (Grey Water).

IPAL Asrama DAMKAR melakukan pengolahan air limbah secara biologis dengan menggunakan sistem pengolahan Anaerobik – Aerobik. Terdapat 2 tahapan pengolahan pada IPAL Asrama DAMKAR yaitu pengolahan pertama (Primary Treatment) dan pengolahan kedua (Secondary Treatment).

Pengolahan Pertama (Primary Treatment)**a. Unit Sumur Pengumpul (Sump Pit) dan Pompa**

Berfungsi untuk menampung sementara air limbah domestik dan mengalirkan air limbah menuju bak ekualisasi menggunakan bantuan pompa. Terdapat 2 pompa bertipe *submersible non clogging* yang bekerja selama 12 jam terus menerus secara bersamaan. Pada unit ini pembersihan menggunakan saringan manual setiap 1 jam pada pagi dan sore hari dan 1,5 jam pada siang dan malam hari untuk menjaga kinerja pompa.



Gambar 4. Unit Sumur Pengumpul



Gambar 5. Pompa Unit Sumur Pengumpul

b. Unit Ekualisasi dan Bar Screen

Unit ekualisasi merupakan unit penampung dan pengendapan air limbah yang disalurkan dari sumur pengumpul sebelum di alirkan menuju pengolahan. Berfungsi untuk

menyeragamkan debit air limbah domestik yang berfluktuasi pada kondisi puncak dan minimum (pagi dan sore adalah kondisi maksimum serta siang dan malam adalah kondisi minimum). Pertimbangan menggunakan bak ekualisasi dalam sistem ini adalah untuk meningkatkan kinerja pengolahan biologi karena akan mengurangi potensi efek *shock loading* serta dapat menstabilkan pH.

Waktu detensi di unit ekualisasi maksimum 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah domestik. Pada unit ekualisasi ini terdapat unit bar screen untuk menyaring sampah dan kotoran berukuran besar (plastik, daun, dan sampah) agar tidak masuk kedalam pengolahan, sehingga pengolahan selanjutnya tidak terganggu dan air limbah dapat diproses dengan baik.



Gambar 6. Unit Ekualisasi dan Bar Screen

c. Unit Sedimentasi Pertama

Unit sedimentasi pertama berfungsi untuk mengurangi kandungan *suspended solid* dalam air limbah domestik. Unit sedimentasi didesain pada waktu tinggal tertentu untuk memberikan kesempatan sebagian partikel mengendap pada kecepatan pengendapan (V_s) tertentu. Pada unit ini ditambahkan bakteri cair (bakteri anaerob) sebanyak 5 liter sekali dalam satu bulan. Tipe unit sedimentasi ini menggunakan tipe *horizontal flow* (aliran horizontal). Penurunan zat organik akan terjadi melalui proses pengendapan (untuk zat organik yang berbentuk padatan tersuspensi) dan proses biofiltrasi oleh masa mikroba anaerobik aktif dalam bentuk lapisan lumpur.

Terdapat beberapa perbedaan antara teori di perkuliahan dengan praktik dilapangan, dimana pada teori perkuliahan terkait unit sedimentasi yaitu sebagai unit pengendapan partikel-partikel tanpa adanya pengadukan dengan tujuan agar partikel-partikel dapat mengendap di permukaan unit sedimentasi, sedangkan pada praktik dilapangan penambahan bakteri cair dan pengadukan secara manual dilakukan dengan tujuan agar bakteri tercampur dalam bak.



Gambar 7. Unit Sedimentasi Pertama



Gambar 8. Bakteri Cair (Anaerob)

Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

a. Unit Anaerobik

Unit anaerobik dirancang agar kedap udara sehingga dalam kondisi septik dan terjadi proses reduksi kandungan organik dari air limbah secara anaerobik. Unit anaerobik dapat mereduksi kandungan BOD, COD, Fosfor, dan TSS. Pada unit anaerobik terdapat penutup yang dapat dibuka dan ditutup.



Gambar 9. Unit Anaerobik

b. Unit *Anaerobik Fix Bed Biofilm Reactor* (Anaerobik Biofilter)

Biofilter anaerobik merupakan reaktor biologis dengan pertumbuhan terlekat atau *fixed-bed*. Air limbah domestik dalam reaktor ini mengalir melewati filter sehingga partikel terjebak dan bahan organik didegradasi oleh mikroorganisme yang melekat pada permukaan media. Media filter yang digunakan pada unit ini adalah media sarang tawon (*honey comb*). Prinsip kerja media ini adalah media dilewati oleh limbah yang masuk. Melalui media sarang tawon, akan terjadi penguraian oleh mikroorganisme yang melekat pada media sarang tawon tersebut. Luas permukaan media adalah $152 \text{ m}^2/\text{m}^3$.



Gambar 10. Unit Biofilter Anaerobik

c. Unit Kolam Aerobik (Kolam Aerasi 1, 2 dan 3)

Kolam aerasi adalah kolam yang dilengkapi dengan aerator yang merupakan reaktor biologis dengan pertumbuhan tersuspensi tanpa resirkulasi lumpur. Pada umumnya digunakan aerator mekanik untuk mencampur dan memberikan kebutuhan oksigen. Berbeda dengan proses anaerob, beban pengolahan yang terdapat pada proses aerob lebih rendah, sehingga proses aerob ditempatkan setelah anaerob. Pada unit aerasi terdapat penambahan bakteri aerob yang berfungsi untuk mengeluarkan enzyme yang dapat melarutkan bahan organik agar mudah di degradasi.



Gambar 11. Kolam Aerasi dan Blower

d. Unit Sedimentasi Kedua

Unit sedimentasi kedua mempunyai fungsi yang penting dalam meningkatkan pengolahan air buangan yaitu berfungsi untuk memisahkan *mixed liquor suspended solid* dengan bantuan gaya gravitasi.



Gambar 12. Unit Sedimentasi Kedua

e. Unit Outlet

Unit outlet adalah salah satu bagian dari IPAL yang berfungsi sebagai tempat keluarnya air limbah yang sudah diolah oleh IPAL. Dan juga outlet berfungsi sebagai tempat terakhir sebelum di alirkan ke badan air menggunakan pompa tipe *submersible non clogging*.



Gambar 13. Unit Outlet

f. Unit Bio Indikator

Unit bio indikator berfungsi sebagai tempat pengambilan monitoring dari hasil pengolahan IPAL Asrama DAMKAR Semper Barat agar memudahkan petugas dan penguji laboratorium dalam monitoring air hasil pengolahan.



Gambar 14. Unit Bio Indikator

g. Unit Desinfeksi

Efluen yang dihasilkan IPAL Asrama DAMKAR Sempur Barat masih membutuhkan proses pengolahan lanjutan. Hal ini dapat dilihat pada unit bio indikator, air masih terlihat keruh dan terdapat bau yang tidak sedap. Desinfektan menggunakan klorin karena murah dan ramah lingkungan. Klorin akan larut dalam air untuk mensterilkan air dari berbagai macam mikroorganisme. Setelah melalui bak desinfeksi, air akan di alirkan menuju ke badan air.



Gambar 15. Unit Desinfeksi

Kualitas Inlet IPAL Asrama DAMKAR Sempur Barat

Berikut data hasil uji laboratorium IPAL Asrama DAMKAR dari bulan Januari 2023 sampai Mei 2023.

Tabel 1. Data Hasil Uji IPAL Asrama DAMKAR

NO	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Kualitas				
				Januari	Februari	Maret	April	Mei
1	TSS	Mg/Lt	30	54	26		32	38
2	Ammonia	Mg/Lt	10	19	27		21	21
3	pH	N/A	6-9	7,53	7,29		7,24	7,51
4	Minyak dan Lemak	Mg/Lt	5	2.0	1,8		1,9	1,8
5	COD	Mg/Lt. O ₂	100	230	71		97	80
6	BOD	Mg/Lt. O ₂	30	61	21		28	23
7	Total Coliform	MPN/100 ML	3000	660	240		<3	1320

Sumber: Data Inlet hasil laboratorium pihak IPAL (Data Sekunder)

Berdasarkan tabel diatas, data merupakan data sekunder karena penulis memperoleh data dari operator dan petugas lapangan IPAL. Untuk bulan Maret 2023, tidak ada data disebabkan

karena pihak IPAL tidak melakukan pengujian. Berdasarkan tabel diatas, parameter TSS, ammonia, COD, dan BOD inlet beberapa masih belum memenuhi baku mutu.

Analisis Kuantitas Air Limbah

Perhitungan debit yang masuk IPAL dapat dilihat pada penjelasan dibawah.

- Jumlah Penduduk = 148 KK x 4 orang = 592 Orang
- Jumlah SR/Rumah yang masuk ke IPAL = *47 SR x 4 orang = 188 orang (*Hasil observasi bersama operator dan pengawas lapangan)
- Kebutuhan air total jumlah penduduk = 592 orang x 180 lt/org/hari = 106.560 lt/hari = 106,56 m³/hari.
- Kebutuhan air sesuai jumlah SR = 188 x 180 lt/org/hari = 33.840 lt/hari = 33,84 m³/hari

Perhitungan debit air limbah dilakukan dengan mengambil nilai asumsi sebesar 80% berdasarkan jumlah konsumsi air setiap hari. (Direktorat Pengembangan Air Minum Ditjen Cipta Karya Departemen PU Tahun 2006)

- Debit (80%) = 80% x 106,56 m³ = 85,248 m³ (Jumlah penduduk)
- Debit (80%) = 80% x 33,84 m³ = 27,027m³ (Jumlah SR masuk ke IPAL)

Debit maksimum dan minimum bisa di dapatkan dengan 2 data, yaitu data flowmeter harian IPAL, dan juga dapat di perhitungkan sebagai berikut:

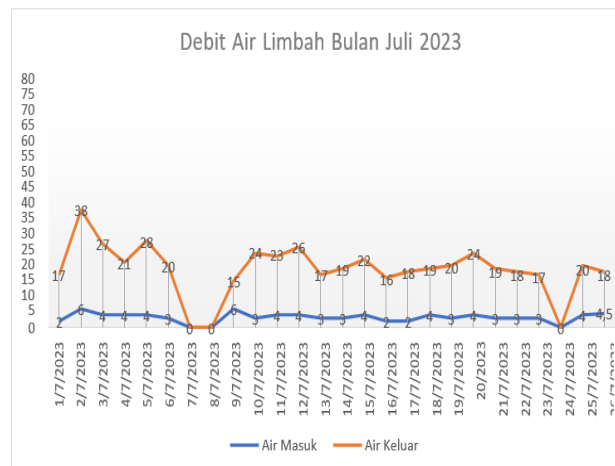
- Debit maksimum (Total Jumlah Penduduk) = 85,248 x 1,30 = 110,82
- Debit maksimum (Jumlah SR masuk ke IPAL) = 27,027 x 1,30 = 35,193
- Debit minimum (Jumlah Penduduk) = $\frac{1}{5} \times \left(\frac{1486}{1000}\right)^{0,2} \times 85,248 \text{ m}^3/\text{hari} = 18,46$
m³/hari
- Debit minimum (Jumlah SR masuk ke IPAL) = $\frac{1}{5} \times \left(\frac{1486}{1000}\right)^{0,2} \times 27,027 \text{ m}^3/\text{hari}$
= 5,9 m³/hari

Tabel 2. Perbandingan Debit Flowmeter dengan Perhitungan Pemakaian Air Bersih

NO	Debit	Satuan	*Debit air limbah Juni	*Debit air limbah Juli	Perhitungan pemakaian air bersih (Total Jumlah Penduduk)	**Perhitungan pemakaian air bersih (Jumlah SR masuk Ke IPAL)
1	Maksimum	m ³ /hari	11	6	110,82	35,193
2	Minimum	m ³ /hari	1	2	18,46	5,9



Gambar 16. Data Debit Bulan Juni 2023
Sumber: Flowmeter IPAL Asrama DAMKAR



Gambar 17. Data Debit Bulan Juli 2023
Sumber: Flowmeter IPAL Asrama DAMKAR

Pada tabel dan grafik debit air limbah diatas menunjukan perbandingan antara debit air limbah bulan Juni dan Juli 2023 yang di dapat dari flowmeter IPAL asrama DAMKAR dan perhitungan langsung menggunakan perhitungan pemakaian air bersih. Hasil yang didapat menunjukan perbedaan yang signifikan. Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa debit yang masuk berdasarkan data sekunder masih kurang dari kapasitas eksisting, yaitu 80 m³.

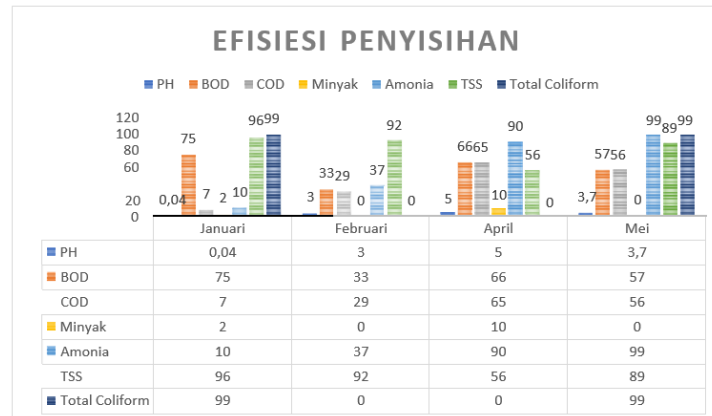
Kualitas Outlet IPAL Asrama DAMKAR Semper Barat

Tabel 3. Hasil Pengujian Outlet IPAL Asrama DAMKAR

NO	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Kualitas				
				Januari	Februari	Maret	April	Mei
1	TSS	Mg/Lt	30	<2	2,0	4,0	14	4,0
2	Ammoniak	Mg/Lt	10	17	17	0,32	2,1	<0,4
3	pH	N/A	6-9	7,83	7,51	7,24	7,67	7,23
4	Minyak dan Lemak	Mg/Lt	5	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
5	COD	Mg/Lt. O2	100	52	50	30	33	35
6	BOD	Mg/Lt. O2	30	15	14	8,5	9,5	9,8
7	Total Coliform	MPN/100ML	3000	<3	<3	<3	380	<3

Sumber: Data Hasil Laboratorium Outlet Pihak IPAL(Data Sekunder)

Berdasarkan data tabel di atas, hasil air olahan IPAL Asrama DAMKAR yang di lakukan pada bulan Januari hingga Mei 2023 dapat disimpulkan bahwa beberapa parameter sudah sesuai dengan baku mutu PERMEN LHK NO.68 tahun 2016. Namun untuk parameter Ammonia yang terdapat pada bulan Januari dan Februari masih belum memenuhi standar baku mutu.



Gambar 18. Efisiensi Penyisihan Zat Pencemar Periode Januari-Mei 2023

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan IPAL Asrama DAMKAR dari bulan Januari hingga Mei 2023 sudah efisien dalam mengolah air limbah. Terdapat beberapa parameter yang mengalami 0 efisiensi penyisihan hal ini disebabkan karena air limbah yang masuk sudah memenuhi baku mutu maka efisiensi pada beberapa parameter tersebut tidak mengalami pengolahan secara signifikan.

Analisis Unit Ekualisasi

Air Limbah yang berasal dari unit pengumpul di pompa dan dialirkan menuju bak ekualisasi. Dibawah ini menunjukkan hasil uji kualitas efluen unit ekualisasi.

Tabel 4. Hasil Uji Kualitas Efluen Unit Ekualisasi

No	Parameter	Satuan	*Hasil	Baku Mutu
1	TSS	Mg/L	1140,0	30
2	Ammonia	Mg/L	102,75	10

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium. 2023

Pada tabel diatas dapat dilihat hasil dari TSS dan Ammonia pada Unit Ekualisasi yang diambil tanggal 21 Agustus 2023 masih diatas baku mutu yang telah di tetapkan.

Perhitungan kapasitas unit ekualisasi dapat dilihat di bawah ini.

Dimensi unit ekualisasi

- Lebar Bak : 100 cm
- Panjang Bak : 70 cm
- Kedalaman air limbah: 20 cm
- Volume : 0,14m³

Dengan kriteria di atas maka didapatkan perhitungan waktu detensi air limbah pada unit ekualisasi sudah sesuai kriteria desain yaitu sebesar 30 menit untuk mencegah pengendapan

dan dekomposisi air limbah domestik (Metcalf&Eddy,1991). Sedangkan untuk kapasitas unit masih memiliki *idle capacity* sebesar 40 cm yang masih cukup jauh dari kedalaman air limbah untuk mencapai kapasitas maksimum.

Analisis Unit Sedimentasi Pertama

Air limbah yang mengalir dari unit ekualisasi dialirkan menuju unit sedimentasi pertama dengan tujuan untuk mengurangi kandungan *suspended solid* dalam air limbah domestik. Bak pengendap didesain pada waktu tinggal tertentu untuk memberikan kesempatan sebagian partikel mengendap pada kecepatan pengendapan (V_s) tertentu. Terdapat beberapa perbedaan praktik di lapangan dan teori terkait unit sedimentasi pertama IPAL Asrama DAMKAR. Yang mana pada sedimentasi awal IPAL Asrama DAMKAR ditambahkan bakteri anaerob dan dilakukan pengadukan dengan saringan secara manual setelah penambahan bakteri anaerob dimana hal tersebut dapat mengganggu proses sedimentasi secara gravitasi pada unit sedimentasi pertama.

Sedangkan untuk perhitungan kapasitas unit sedimentasi pertama dapat dilihat di bawah ini:

- Lebar : 2,20 m
- Volume : 28,6 m³
- Panjang : 2,1 m
- Kedalaman : 5 m

Berdasarkan dimensi dan kapasitas unit sedimentasi 1 di atas maka dapat di tentukan waktu detensi dari air limbah di unit terserbut adalah sebagai berikut:

$$\text{Waktu detensi air limbah } td = \frac{\text{Volume unit}}{Q_{rata}} = \frac{28,6}{4} = 7,15 \text{ hari}$$

Waktu detensi air limbah pada unit sedimentasi pertama sebesar 7,15 hari yang mana bila di dibandingkan dengan kriteria desain (Metcalf&Eddy,1991) yang hanya sebesar 1,5-2,5 jam maka terdapat perbedaan yang sangat signifikan. Hal ini disebabkan karena debit harian yang masuk ke IPAL Asrama DAMKAR terlalu kecil.

Analisis Unit Anaerobik

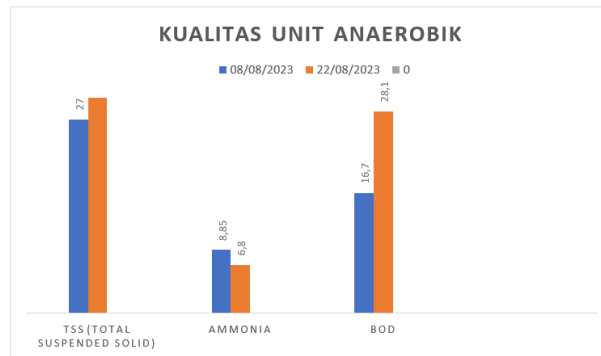
Unit anaerobik dirancang kedap udara sehingga dalam kondisi septik dan terjadi proses reduksi kandungan organik dari air limbah secara anaerobik. Unit anaerobik dapat mereduksi kandungan BOD, COD, Fosfor, dan TSS.

Dimensi unit anaerobik:

- Volume : 3,3m³
- Kedalaman : 2,5 m
- Panjang : 2,2 m
- Lebar : 0,6 m

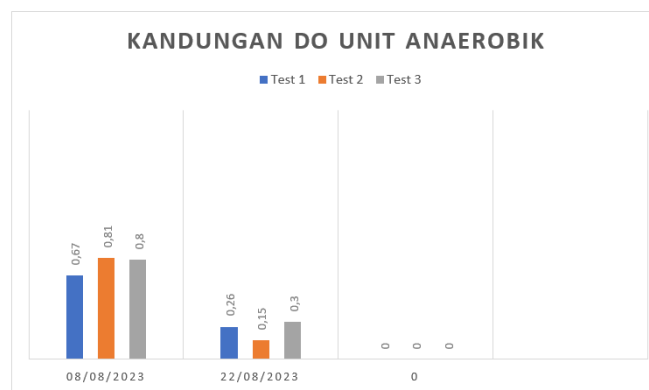
$$\text{Waktu detensi air limbah } td = \frac{\text{Volume Unit}}{Q_{rata-rata}} = \frac{3,3}{4} = 0,825 \text{ hari} / 49 \text{ menit}$$

Berdasarkan perhitungan waktu detensi air limbah di atas maka seharusnya jumlah volume beban BOD sebesar 306 g/m³.hari dengan efisiensi penyisihan sebesar 76% jika di dibandingkan dengan kriteria desain (Mara,2003). Sedangkan untuk Dimensi unit seperti kedalaman air dan rasio Panjang:Lebar sudah memenuhi kriteria desain menurut (Kara,2003) yaitu kedalaman air sebesar 2-5m (Kriteria desain).



Gambar 19. Kualitas Efluen Unit Anaerobik

Grafik diatas merupakan data hasil 1 minggu setelah penambahan bakteri anaerob (8 Agustus 2023) dan data setelah 3 minggu penambahan bakteri anaerob (22 Agustus 2023).



Gambar 20. Kandungan DO Unit Anaerobik

Berdasarkan grafik diatas menandakan bahwa unit anaerobik sudah sesuai dengan fungsi dan kriteria desainnya yaitu berada pada kondisi septik (tidak ada oksigen).

Analisis Unit Biofilter

Unit biofilter pada IPAL Asrama DAMKAR menggunakan media sarang tawon (*honey comb*) sehingga terjadi penguraian zat pencemar oleh mikroorganisme yang melekat pada media tersebut. Berikut di bawah ini merupakan data dari dimensi unit biofilter.

- Volume unit : 17,64m³
- Panjang : 2,1m
- Lebar : 3m
- Kedalaman : 2,8 m

Berdasarkan dimensi diatas maka didapatkan perhitungan waktu detensi air limbah pada unit biofilter.

$$\text{Waktu detensi air limbah } td = \frac{\text{Volume Unit}}{\text{Q rata-rata}} = \frac{17.64}{4} = 4,41 \text{ hari}$$

Berdasarkan perhitungan waktu detensi diatas dapat disimpulkan bahwa waktu detensi unit biofilter IPAL Asrama DAMKAR sudah memenuhi syarat kriteria desain yaitu sebesar 0,5-4 hari.

Analisis Unit Aerob (Bak Aerasi)

Kolam aerasi adalah kolam yang dilengkapi dengan aerator yang merupakan reaktor dengan pertumbuhan tersuspensi tanpa resirkulasi lumpur. Pada umumnya digunakan aerator mekanik untuk mencampur dan memberikan kebutuhan oksigen. Pada proses aerob IPAL Asrama DAMKAR memiliki 3 bak aerasi dimana setiap bak memiliki dimensi masing-masing. Berikut merupakan dimensi unit masing-masing bak aerasi.

Dimensi bak aerasi 1

- Panjang : 1m
- Lebar : 2 m
- Kedalaman : 2,4 m
- Volume : 4,8 m³

$$\text{Waktu detensi air limbah Aerasi 1 } td = \frac{\text{Volume Unit}}{Q_{rata-rata}} = \frac{4,83}{4} = 1,2 \text{ hari}$$

Dimensi bak aerasi 2

- Panjang : 2,4 m
- Lebar : 2,3 m
- Kedalaman : 2,4 m
- Volume : 13,24 m³

$$\text{Waktu detensi air limbah Aerasi 2 } td = \frac{\text{Volume Unit}}{Q_{rata-rata}} = \frac{13,24}{4} = 3,312 \text{ hari}$$

Dimensi bak aerasi 3

- Panjang : 2 m
- Lebar : 1,5 m
- Kedalaman : 0,6 m
- Volume : 1,8 m³

$$\text{Waktu detensi air limbah Aerasi 3 } td = \frac{\text{Volume Unit}}{Q_{rata-rata}} = \frac{1,8}{4} = 0,48 \text{ hari/10,8jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa hanya bak aerasi 2 yang memenuhi kriteria desain, yaitu 3-6 hari.

Analisis Unit Sedimentasi 2

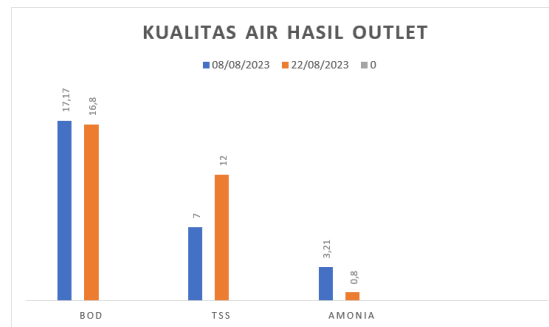
Dimensi unit sedimentasi 2

- Panjang : 2,7 m
- Lebar : 2,2 m
- Kedalaman : 1,9 m
- Volume : 11,28 m³

Berdasarkan data dimensi unit diatas maka dapat di tentukan waktu detensi air limbah pada unit sedimentasi 2 yaitu:

$$td = \frac{\text{Volume Unit}}{Q_{rata-rata}} = \frac{11,28}{4} = 2,82 \text{ hari}$$

Berdasarkan dimensi unit diatas, kedalaman dan lebar unit sedimentasi dua belum memenuhi kriteria desain, yaitu sebesar 3,5 – 5m (kedalaman) dan lebar sebesar 3 – 6m (Metcalf&Edddy,1991).



Gambar 21. Kualitas Air Olahan IPAL

Berdasarkan grafik kualitas air hasil olahan IPAL Asrama DAMKAR yang dilaksanakan pada tanggal 8 Agustus 2023 dan 22 Agustus 2023, dapat disimpulkan bahwa kualitas air olahan IPAL Asrama DAMKAR sudah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan data primer (tanggal 8 Agustus 2023 dan 22 Agustus 2023), parameter BOD, TSS, dan ammonia sudah sesuai dengan baku mutu PERMEN LHK NO.68 tahun 2016) Tentang Air Limbah Domestik.
2. Berdasarkan perhitungan dimensi unit IPAL Asrama DAMKAR terdapat beberapa unit yang sudah sesuai dengan kriteria desain, yaitu unit ekualisasi, unit anaerobik, unit biofilter anaerobik, unit aerasi 2, dan unit sedimentasi 2.
3. Blower/aerator pada IPAL Asrama DAMKAR masih belum optimal dalam mendifusikan oksigen pada bak unit aerasi 1-3. Hal tersebut dapat berdampak pada proses nitrifikasi dalam proses penguraian Ammonia.

SARAN

1. Penambahan bakteri anaerob seharusnya dilakukan pada unit anaerobik bukan pada unit sedimentasi awal dan harus disesuaikan dengan debit air limbah harian yang masuk ke IPAL, sehingga unit sedimentasi 1 dapat bekerja sebagaimana fungsinya yaitu mengendapkan partikel dengan gravitasi.
2. Penambahan dan pengoptimalan blower/aerator pada unit aerasi 1,2, dan 3 agar oksigen yang didifusikan dapat meningkat.
3. Penambahan Sambungan Rumah (SR) karena debit air limbah yang masuk ke sistem pengolahan masih jauh dibawah kapasitas maksimal IPAL Asrama DAMKAR.
4. Melakukan pemeliharaan dan monitoring terhadap unit – unit IPAL agar dapat berfungsi dengan optimal dalam mengolah air limbah.
5. Menyalakan pompa setiap 10 menit agar air limbah tidak menumpuk pada unit pengumpul dan bisa diolah secepatnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Mark J. Hammer, “Water and Waste Water Technology”, Jhon Wiley & Spns, Inc., 1975.
- Paul N. Cheremisinoff, “Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology”. Marcel Dekker, Inc., 1995.
- Henze. M. dkk. “Waste Treatment, Biological and Chemical Process”, Springer-Verlag, Lyngby (1995).
- Graff.A. dkk. “Anaerobic Oxidation of Ammonium is a Biologically Mediated Process” Journal of Applied and Environmental Microbiology (April 1995).

- Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", 5th Edition, 2014. Halaman 215-220.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Tchobanoglous, G., & Schroeder, E. D. (1985). "Water Quality". Dalam "Water Quality: Characteristics, Modeling, Modification". Halaman 150-155.
- Buku B SPALDT (2018) *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat*.