

EFISIENSI PENGGUNAAN AIR BERSIH DENGAN MEMANFAATKAN KEMBALI AIR LIMBAH MEMGGUNAKAN TEKNOLOGI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) AEROB - ANAEROB BIOFILTER

Clean Water Use Efficiency By Returning Waste Water Using Aerob Anaerob Biofilter Wastewater Treatment Installation Technology

Wayan Hari Premananda¹, Dewa Jati Primajana²

^{1,2}Universitas Udayana

¹Email: wayanhari@unud.ac.id

²Email: dewajati@unud.ac.id

Abstract

The existence of health facilities in the form of hospitals can improve the health standard of the people of Denpasar, as evidenced by the high life expectancy in 2022 equal to 75.3 years. By increasing the level of public health, other sectors will receive a positive influence, especially the economic sector. The high need for health facilities in the city of Denpasar has caused many investors to start pursuing the health business, especially hospitals. Businesses in the Health sector provide considerable profits with a relatively high Initial Rate of Return (IRR) or investment return rate of 50.44% (Arwati, 2016). In addition to providing benefits to the community and businesses, the health business, in the form of hospitals, also has a significant negative impact on the environment. The characteristics of the waste generated by hospital operations are in the form of domestic waste and B3 waste (hazardous toxic materials) such as leftover syringes, leftover laboratory washing water and leftover reagents. The management of the resulting liquid B3 waste can be carried out with the operation of an WWTP (wastewater treatment installation). It is necessary to carry out calculations related to the performance efficiency of the WWTP so as to ensure that the processed water is suitable for reuse and to calculate the clean water savings that can be achieved in order to apply the concept of a sustainable economy. Based on the research results, the level of treatment efficiency which is quite high, which is more than 90%, will produce processed water that can be reused to support operational activities. The use of ground water for operational activities can be reduced by 60% or around 48 m³/day.

Keywords: Waste Treatment, Hospitals, Hazardous Waste

Abstrak

Keberadaan fasilitas Kesehatan berupa rumah sakit, dapat meningkatkan taraf kesehatan masyarakat Kota Denpasar, dibuktikan dengan tingginya angka harapan hidup pada Tahun 2022 sebesar 75,3 tahun. Dengan meningkatnya taraf kesehatan masyarakat, maka sektor-sektor lain akan menerima pengaruh positif khususnya sektor perekonomian. Tingginya kebutuhan akan fasilitas Kesehatan di Kota Denpasar menyebabkan banyak Investor yang mulai menekuni bisnis Kesehatan khususnya rumah sakit. Bisnis pada sektor Kesehatan memberikan keuntungan yang cukup besar dengan Inisial Rate of Return (IRR) atau tingkat pengembalian investasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 50,44% (Arwati, 2016). Selain memberikan keuntungan bagi masyarakat dan pelaku usaha, bisnis Kesehatan berupa rumah sakit, juga memberikan dampak negatif yang cukup besar bagi lingkungan. Karakteristik limbah yang dihasilkan oleh kegiatan

operasional rumah sakit berupa limbah domestik dan limbah B3 (bahan berbahaya beracun) seperti sisa jarum suntik, air sisa pencucian laboratorium dan sisa reagen. Pengelolaan limbah B3 cair yang dihasilkan dapat dilakukan dengan operasional IPAL (instalasi pengolahan air limbah). Perlu dilakukan perhitungan terkait efisiensi kinerja IPAL sehingga untuk memastikan air hasil olahan layak digunakan kembali serta menghitung penghematan air bersih yang dapat dicapai guna menerapkan konsep ekonomi berkelanjutan. Berdasarkan hasil penelitian, tingkat efisiensi pengolahan yang cukup tinggi sekitar yaitu lebih dari 90%, akan menghasilkan air hasil olahan yang dapat digunakan kembali untuk mendukung kegiatan operasional. Penggunaan air tanah untuk kegiatan operasional mampu dikurangi sebesar 60 % atau sekitar 48 m³/hari.

Kata Kunci: *Pengolahan Limbah, Rumah Sakit, Limbah B3*

PENDAHULUAN

Kota Denpasar memiliki jumlah penduduk 726.800 jiwa (Denpasar Dalam Angka, 2022) dengan kepadatan 5.687 jiwa/km². Pertumbuhan penduduk Kota Denpasar sebesar 0,043 %. Kota Denpasar merupakan ibu kota provinsi Bali, oleh karena kota Denpasar juga merupakan pusat pemerintahan, pendidikan, bisnis dan kegiatan lainnya, pertumbuhan kota Denpasar tidak hanya dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk secara alami tetapi, juga dipengaruhi oleh arus migrasi yang besar..

Penduduk sebagai subyek pembangunan, akan dapat dicapai jika penduduknya memiliki kualitas kesehatan yang baik. Peningkatan pembangunan kualitas kesehatan melalui pendidikan, perubahan perilaku hidup sehat dan bersih, pembangunan pelayanan dan infrastruktur kesehatan yang didukung oleh sumber daya manusia di bidang kesehatan yang memadai. Fasilitas kesehatan utama di Kota Denpasar terdiri dari 13 rumah sakit umum, 3 rumah sakit ibu dan anak, 2 rumah sakit khusus, 11 puskesmas kota dan 25 pusat kesehatan cabang (PUSTU). Fasilitas kesehatan lainnya yang ada, berupa klinik, praktik dokter, apotek, posyandu, laboratorium kesehatan. Tahun 2022, Kota Denpasar memiliki 8.362 tenaga kerja kesehatan, yang terdiri atas: 3.511 dokter mencakup dokter umum, dokter spesialis, dokter gigi 242, perawat 3.850, bidan 866, farmasi 151. Berdasarkan hasil survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) Tahun 2020, Pelayanan kesehatan penduduk kota Denpasar sebagian besar berada di dokter/klinik/bidan (64,28%), diikuti rumah sakit dan puskesmas/pustu.

Keberadaan fasilitas Kesehatan berupa rumah sakit, dapat meningkatkan taraf kesehatan masyarakat Kota Denpasar, dibuktikan dengan tingginya angka harapan hidup pada Tahun 2022 sebesar 75,3 tahun. Sektor Kesehatan sudah menjadi sektor primer yang harus dipenuhi oleh masyarakat modern utamanya masyarakat perkotaan. Dengan meningkatnya taraf kesehatana masyarakat, maka sektor-sektor lain akan menerima pengaruh positif khususnya sektor perekonomian. Tingginya kebutuhan akan fasilitas Kesehatan di Kota Denpasar menyebabkan banyak Investor yang mulai menekuni bisnis Kesehatan khususnya rumah sakit. Bisnis pada sektor Kesehatan memberikan keuntungan yang cukup besar dengan Inistial Rate of Return (IRR) atau tingkat pengembalian investasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 50,44% (Arwati, 2016)

Selain memberikan keuntungan bagi masyarakat dan pelaku usaha, bisnis Kesehatan berupa rumah sakit, juga memberikan dampak negatif yang cukup besar bagi lingkungan. Karakteristik limbah yang dihasilkan oleh kegiatan operasional rumah sakit berupa limbah domestik dan limbah B3 (bahan berbahaya

beracun) seperti sisa jarum suntik, air sisa pencucian laboratorium dan sisa reagen. Berdasarkan Undang-undang No 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, menegaskan bahwa setiap perusahaan yang menimbulkan limbah B3 harus terlebih dahulu mendapatkan izin lingkungan dan/atau izin Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH). Karena sifat limbah B3 yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan, maka pemanfaatan limbah B3 harus mengikuti prinsip kehati-hatian dan menerapkan instrumen perizinan mulai dari penyimpanan, pengumpulan, dan pengangkutan. penggunaan, pengelolaan dan penyimpanannya harus diatur

Pengelolaan limbah B3 cair yang dihasilkan dapat dilakukan dengan operasional IPAL (instalasi pengolahan air limbah). Air limbah yang dihasilkan akan dilakukan pengolahan dengan IPAL untuk mengurangi kadar pencemaran lingkungannya sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan. Air hasil pengolahan IPAL dapat dibuang ke lingkungan atau dapat digunakan Kembali untuk mendukung kegiatan operasional sehingga dapat mengurangi penggunaan air bersih. Beberapa pemanfaatan air hasil pengolahan IPAL yang dapat dilakukan adalah penyiraman tanaman, pencucian dan penyiraman toilet.

Rumah Sakit Umum X akan melakukan pengolahan terhadap air limbah yang dihasilkan dengan menggunakan IPAL. Air hasil olahan IPAL akan dimanfaatkan kembali sebagai media penyiraman tanaman serta penyiraman toilet. Perlu dilakukan perhitungan terkait efisiensi kinerja IPAL sehingga untuk memastikan air hasil olahan layak digunakan kembali serta menghitung penghematan air bersih yang dapat dicapai guna menerapkan konsep ekonomi berkelanjutan.

METODE

A. Sumber data

Data yang digunakan pada penelitian ini kualitatif dan kuantitatif. Data kuantitatif merupakan data yang diukur dalam skala numerik, sedangkan data kualitatif merupakan data yang tidak diukur dalam skala numerik (Sugiyono, 2018).

Data kuantitatif yang digunakan yaitu:

1. Debit air limbah yang dihasilkan
2. Karakteristik air limbah yang dihasilkan
3. Teknologi pengolahan air limbah yang digunakan
4. Kapasitas IPAL
5. Jumlah pengunjung
6. Jumlah tenaga kerja

Data kualitatif yang digunakan pada penelitian ini adalah gambaran umum kegiatan operasional Rumah Sakit.

B. Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara serta pengamatan langsung. Wawancara dilakukan pada manajemen RSUD X. Pengamatan dilakukan pada proses pengolahan air limbah serta proses pemanfaatan air limbah.

C. Metode Analisis Data

Total penggunaan air = penggunaan air ABT + penggunaan air PDAM
Timbulan air limbah = 80% x total penggunaan air
Efisiensi removal IPAL = Baku mutu air pada inlet – baku mutu air pada

outlet

Out put IPAL = Timbulan air limbah – evaporasi

Kebutuhan air flushing kloset = Total kloset x penggunaan/hari x kebutuhan air/flushing

Kebutuhan air penyiraman = debit air x durasi penyiraman

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Instalasi Pengolahan Air limbah

Kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah yang dimiliki RS. X yaitu:

Kapasitas pengolahan eksisting	: 150 m ³ /hari
• Sand Filter	: 8,2 m ³
• Grease Trap	: 8,2 m ³
• Equalizing	: 30 m ³
• Anaerob	: 15 m ³
• Aerob	: 15 m ³
• Aerasi	: 30 m ³
• Oksidasi	: 15 m ³
• Desinfeksi	: 15 m ³
• Effluent	: 15 m ³

Kondisi eksisting RS X telah beroperasi dengan kapasitas ruang rawat inap sebanyak 60 kamar. Sistem pengolahan limbah cair telah menggunakan IPAL dengan kapasitas 150 m³. Dengan kapasitas Rumah Sakit eksisting menghasilkan air limbah maksimum per hari sebanyak 27 m³ yang dirinci dalam Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Volume timbulan limbah cair eksisting

No	Jenis Kegiatan	Debit air limbah yang dihasilkan (m ³ /hari)	Debit air limbah maks (m ³ /hari) +10%
1	Kegiatan Utama		
	Instalasi rawat inap	6,21	6,831
	Instalasi rawat jalan	3,2	3,52
	Instalasi IGD	0,02	0,022
	Bedah sentral	1,7	1,87
	Kebidanan	0,2	0,22
	Instalasi ICU	0,41	0,451
2	Kegiatan penunjang		0
	Administrasi dan kesekretariatan	9,31	10,241
	Sterilisasi pusat	1,05	1,155
	Farmasi	1,56	1,716
	Radiologi	0,12	0,132
	Instalasi laboratorium	1,03	1,133
	Ruang jenazah rumah sakit	0,01	0,011
Total		24,82	27,302

Berdasarkan jumlah hasil air limbah maksimum kondisi eksisting yaitu sebanyak 27,3 m³ maka, kapasitas IPAL sebesar 150 m³ telah memenuhi. Selanjutnya pada tahun 2022, RSUD X berencana melakukan penambahan kapasitas usaha yang mampu menampung 102 pasien rawat inap. Dengan adanya penambahan kapasitas usaha, maka proyeksi besaran air limbah maksimum meningkat menjadi 67,62 m³ yang dirinci dalam Tabel 2.

Tabel 2. Proyeksi volume timbulan air limbah (setelah penambahan kamar)

No	Jenis Kegiatan	Debit air limbah yang dihasilkan (m ³ /hari)	Debit air limbah maks (m ³ /hari) +10%
1	Kegiatan Utama		
	Instalasi rawat inap	13.39	14.72
	Instalasi rawat jalan	4.89	5.38
	Instalasi IGD	0.09	0.1
	Bedah sentral	2.58	2.84
	Kebidanan	0.35	0.39
	Instalasi ICU	0.79	0.87
2	Kegiatan penunjang		
	Instalasi gizi/dapur	3.97	4.37
	Administrasi dan kesekretariatan	26.42	29.06
	Sterilisasi pusat	2.15	2.36
	Farmasi	2.64	2.91
	Radiologi	0.40	0.44
	Instalasi laboratorium	1.07	1.18
	Instalasi pencucian/linen	2.68	2.95
	Instalasi pemulasaraan jenazah rumah sakit	0.05	0.06
Total		61.48	67.62

Berdasarkan proyeksi jumlah hasil air limbah maksimum sebanyak 67.62 m³ maka, dengan kapasitas eksisting IPAL 150 m³ masih mencukupi

kebutuhan pengolahan air limbah.

Tabel 3. Swapantau Kondisi Air Limbah pada Titik Penataan Inlet dan Outlet (eksisting)

Hari ke-	Inlet			Outlet		
	Debit (m ³)	pH	Suhu (C)	Debit (m ³)	pH	Suhu (C)
1	21,91	8,6	27	17,52	7,5	27
2	24,55	7,9	27	19,63	7,6	27
3	26,93	7,9	27	21,54	7,9	27
4	22,77	8,5	27	18,21	7,5	27
5	17,46	7,9	27	13,97	7,6	27
6	27,32	7,6	27	21,85	7,6	27
7	17,50	7,9	27	13,99	7,9	27
Rata-rata	22,63	8,05	27,00	18,11	7,67	27,00

Debit air limbah pada inlet IPAL berdasarkan pengukuran yang dilakukan selama 7 hari, diperoleh debit rata-rata air limbah yang masuk kedalam IPAL adalah 22,63 m³/hari, pH 8 dan suhu 27 C. Setelah dilakukan pengolahan air limbah, diperoleh hasil pengukuran limbah yang keluar pada outlet adalah sebanyak 18,11 m³/hari dengan pH 7,6 dan suhu 27 C. Pengurangan volume limbah tersebut diakibatkan oleh proses filtrasi dan evaporasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Marita (2018) pada IPLT Keputih Surabaya diperoleh bahwa proses filtrasi dan evaporasi akan mengurangi volume limbah sekitar 20% - 25 %. Proses filtrasi akan mengurangi jumlah padatan, kemudian evaporasi atau penguapan dipengaruhi oleh suhu dan intensitas cahaya.

Tabel 4. Swapantau Kondisi Air Limbah pada Titik Penaatan Inlet dan Outlet (perencanaan)

Hari ke-	Inlet			Outlet		
	Debit (m ³)	pH	Suhu (C)	Debit (m ³)	pH	Suhu (C)
1	65,37	8,6	27	52,29	7,5	27
2	62,64	7,9	27	50,14	7,6	27
3	60,12	7,9	27	48,09	7,9	27
4	55,46	8,5	27	44,36	7,5	27
5	60,08	7,9	27	48,06	7,6	27
6	63,90	7,6	27	51,12	7,6	27
7	57,03	7,9	27	45,62	7,9	27
Rata-rata	60,66	8,05	27,00	48,53	7,67	27,00

Kondisi eksisting debit air limbah rata-rata pada inlet IPAL diestimasi sebesar 60 m³/hari dengan pH 8 dan suhu 27 C. Setelah dilakukan pengolahan air limbah, diperoleh hasil pengukuran limbah yang keluar pada outlet yang kemudian akan ditampung untuk penyiraman dan flushing toilet adalah sebanyak 48,53 m³/hari dengan pH 7,6 dan suhu 27 C.

Tabel 5. Efisiensi removal instalasi pengolahan air limbah RSU X

Parameter	Inlet (mg/L)	GT	Equ	An. Ae	Ae	Oks. UV	MF	Outlet (uji lab)	Baku mutu*
BOD	200	-	20%	80%	60%	-	80%	6,04	30
COD	250	-	22%	80%	60%	-	80%	20,4	80
TSS	260	-	22%	80%	60%	-	80%	3	30
Minyak & Lemak	70	90%	-	-	-	-	80%	<0,1	5
Amoniak	100	-	-	-	90%	-	80%	0,35	10
Total Coliform	24.000	-	-	-	-	90%	-	2.400	3.000

Keterangan :

* Lampiran I PerMenLHK No. 68 Tahun 2016



GT	= Grease Trap
Equ	= Ekualisasi
An. Ae	= Anaerobic
Ae	= Aerobic
Oks. UV	= Ultraviolet
MF	= Multimedia Filter

Teknologi sistem pengolahan air limbah yang terdapat pada RSU X yakni dengan menggunakan sistem anaerobik-aerobik biofilter oksidasi. Pengolahan air limbah dengan sistem biofilter atau biofilm dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang diisi dengan media yang mempunyai luas permukaan yang besar dimana film mikrobiologis (biofilm) melekat di permukaan media tersebut. Air limbah di dalam reaktor dikontakkan dengan biofilm yang akan menguraikan polutan yang ada di dalam air limbah tersebut.

Di dalam reaktor sistem biofilter, mikroorganisme tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media. Pada saat operasi, air yang mengandung senyawa polutan mengalir melalui celah media dan kontak langsung dengan lapisan massa mikroba (biofilm). Mikroorganisme yang menempel pada permukaan media merupakan grup yang sama dengan organisme yang ada di dalam sistem lumpur aktif. Sebagian besar adalah organisme heterotropik dengan bakteri fakultatif sebagai organisme yang utama.

Biofilm yang terbentuk pada lapisan atas media dinamakan zoogleal film, yang terdiri dari bakteri, fungi, alga, protozoa (Biiton 1994). Fungi dan protozoa banyak terdapat pada permukaan media bagian dalam, sedangkan alga banyak terdapat pada permukaan media pada bagian atas trickling filter dimana bagian tersebut terkena sinar matahari. Metcalf dan Edy (1991) mengatakan bahwa sel bakterilah yang paling berperan dan banyak dipakai secara luas di dalam proses pengolahan air limbah, sehingga struktur sel mikroorganisme lainnya dapat dianggap sama dengan bakteri. Binatang – binatang kecil seperti rotifera, cacing, larva serang, serta siput kecil juga sering ditemukan pada sistem biakan melekat. Organisme penitrifikasi (*nitrifying organism*) dapat ditemukan dalam jumlah yang cukup banyak hanya bila air limbah mengandung konsentrasi organik yang rendah.

Proses yang terjadi pada pembentukan biofilm pada air limbah sama dengan yang terjadi di lingkungan alami. Mikroorganisme yang ada pada biofilm akan mendegradasi senyawa organik yang ada di dalam air. Lapisan biofilm yang semakin tebal akan mengakibatkan berkurangnya difusi oksigen ke lapisan biofilm yang di bawahnya hal ini mengakibatkan terciptanya lingkungan anaerob pada lapisan biofilm bagian atas (Metcalf and Eddy, 1991).

Pertumbuhan mikroorganisme akan terus berlangsung pada slime yang sudah terbentuk sehingga ketebalan slime bertambah. Difusi makanan dan O₂ akan berlangsung sampai ketebalan maksimum. Pada kondisi ini, makanan dan O₂ tidak mampu lagi mencapai permukaan padat atau bagian terjauh dari fase cair. Hal ini menyebabkan lapisan biomassa akan terbagi menjadi dua bagian, yaitu lapisan aerob dan lapisan anaerob. Jika lapisan biofilm bertambah tebal maka daya lekat mikroorganisme terhadap media penyangga tidak akan kuat menahan gaya berat lapisan biofilm dan akan terjadi pengelupasan lapisan biomassa. Koloni mikroorganisme yang baru sebagai proses pembentukan lapisan biofilm akan terbentuk pada bagian yang terkelupas ini. Pengelupasan dapat juga

terjadi karena pengikisan berlebihan cairan yang mengalir melalui biofilm. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, COD), amoniak, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Suplai oksigen pada lapisan biofilm dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya dengan cara kontak dengan udara luar dengan aliran balik udara, atau dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi (Viessman and Hamer, 1985; Hikami, 1992).

Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H₂S, dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar maka gas H₂S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO₄) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm. Selain itu pada zona aerobik nitrogen-amoniak akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Oleh karena di dalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan maka dengan sistem tersebut maka proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah.

Pada proses aerobik efisiensi akan menurun dengan bertambahnya ketebalan lapisan biofilm dan semakin tebalnya lapisan anaerob. Walaupun lapisan biomassa mempunyai ketebalan beberapa milimeter tetapi hanya lapisan luar setebal 0,05-0,15 mm yang merupakan lapisan aerob. Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menegaskan bahwa penghilangan substrat oleh lapisan mikroba akan bertambah secara linier dengan bertambahnya ketebalan film sampai dengan ketebalan maksimum, dan penghilangan tetap konstan dengan bertambahnya ketebalan lebih lanjut (Winkler, 1981). Ketebalan lapisan aerob diperkirakan antara 0,06-2 mm, sedangkan ketebalan kritis berkisar antara 0,07-0,15 mm yang tergantung pada konsentrasi substrat (Winkler, 1981).

Fenomena modeling biofilm umumnya diasumsikan sebagai biofilm homogen dengan ketebalan dan kerapatan masa mikro-organisme yang homogen dan konstan. Hal ini di dalam kenyataannya tidak selalu demikian (Christensen, 1988). Sampai saat ini sedikit sekali informasi tentang faktor yang dapat mempengaruhi bentuk biofilm seperti kerapatan dari biomasa. Sampai saat ini kemampuan untuk memperkirakan ketebalan biofilm adalah masih sangat terbatas. Sebagai konsekuensinya kontrol ketebalan dalam reaktor biofilm masih berdasarkan pada penelitian murni secara empiris (Arvin and Harremoes, 1990).

Proses tersebut dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah, dan proses anaerobik dilakukan dengan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah. Sedangkan proses kombinasi anaerob-aerob adalah merupakan gabungan proses anaerobik dan proses aerobik. Proses ini biasanya digunakan untuk menghilangkan kandungan nitrogen di dalam air limbah. Pada kondisi aerobik terjadi proses nitrifikasi yakni nitrogen ammonium diubah menjadi nitrat (NH₄ + -> NO₃) dan pada kondisi anaerobik terjadi proses denitrifikasi yakni nitrat yang terbentuk

diubah menjadi gas nitrogen ($\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$).

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilm atau biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Posisi media biofilter tercelup di bawah permukaan air. Arvin dan Harremoes (1990) telah mengembangkan model reaksi biokimia (reaksi redoks) yang terjadi di dalam biofilm sebagai fungsi beban substrat. Di dalam lapisan biofilm tersebut terdapat empat zona atau lapisan yang menggambarkan kondisi reaksi redoks yang ada di dalam biofilm, yaitu zona aerobik, zona micro-aerophilic, zona fakultatif anaerobik serta zona anaerobik.

Lapisan yang paling luar adalah zona aerobik dimana terjadi reaksi oksidasi heterotrofik terhadap zat organik, reaksi nitrifikasi dan oksidasi sulfida. Dibawah lapisan aerobik terdapat lapisan atau zona micro-aerophilic dimana terjadi reaksi denitrifikasi dan reaksi fermentasi zat organik. Di bawah lapisan micro-aerophilic terdapat zona atau lapisan fakultatif anaerobik dimana di dalam zona tersebut terjadi reaksi reduksi sulfat dan reaksi fermentasi organik. Lapisan yang paling bawah yang berbatasan dengan media penyangga adalah zona anaerobik dimana terjadi reaksi fermentasi zat organik dan reaksi metanogenesis.

Di dalam tiap lapisan biofilm tersebut terdapat beberapa grup mikroorganisme yang berbeda tergantung dari tingkat kompetisi pertumbuhannya di dalam lapisan biofilm. Selain itu ketebalan lapisan biofilm serta kondisi di dalam lapisan biofilm tergantung dari konsentrasi substrat yang ada di dalam air. Untuk konsentrasi substrat yang rendah misalnya konsentrasi zat organik rendah, maka ketebalan lapisan biofilm pada permukaan media sangat tipis dan zona yang ada di dalam biofilm hanya terdapat zona aerobik dan reaksi yang terjadi didominasi oleh reaksi nitrifikasi. Walaupun prosesnya secara aerobik, ketebalan lapisan atau zona aerobik di dalam biofilm hanya sekitar 0,1 – 0,2 mm (Viessman and Hamer, 1985). Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD, COD), amoniak, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Suplai oksigen pada lapisan biofilm dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya pada sistem biofilter, yakni dengan cara menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi.

Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H_2S , dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H_2S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm. Selain itu, pada zona aerobik amonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Karena di dalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan, maka dengan sistem tersebut proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah.

Posisi media biofilter tercelup di bawah permukaan air. Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (random packing), bentuk papan (plate), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (split), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lainnya.

Beberapa cara yang sering digunakan antara lain aerasi samping, aerasi tengah (pusat), aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan “airlift pump”, dan aerasi dengan sistem mekanik. Masing-masing cara mempunyai keuntungan dan kekurangan. Sistem aerasi juga tergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan. Penyerapan oksigen dapat terjadi disebabkan terutama karena aliran sirkulasi atau aliran putar kecuali pada sistem aerasi merata seluruh permukaan media (Hikami,1992).

Di dalam proses biofilter dengan sistem aerasi merata, lapisan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media mudah terlepas, sehingga seringkali proses menjadi tidak stabil. Tetapi di dalam sistem aerasi melalui aliran putar, kemampuan penyerapan oksigen hampir sama dengan sistem aerasi dengan menggunakan diffuser, oleh karena itu untuk penambahan jumlah beban yang besar sulit dilakukan. Berdasarkan hal tersebut di atas belakangan ini penggunaan sistem aerasi merata banyak dilakukan karena mempunyai kemampuan penyerapan oksigen yang besar.

Jika kemampuan penyerapan oksigen besar maka dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban organik (organic loading) yang besar pula. Oleh karena itu diperlukan juga media biofilter yang dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar. Biasanya untuk media biofilter dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula. Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (down flow) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses penumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya. Jika terjadi penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (short pass) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis.

Pengolahan air limbah dengan proses Biofilter Anaerob-Aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metana tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi amoniak dan gas hidrogen sulfida (H_2S) tidak hilang. Oleh karena itu jika hanya menggunakan proses biofilter anaerob saja hanya dapat menurunkan polutan organik (BOD, COD) dan padatan tersuspensi (TSS). Agar supaya hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerob. Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H_2S akan diubah menjadi sulfat. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob-aerob maka akan dapat dihasilkan air

olahan dengan kualitas yang baik dengan menggunakan konsumsi energi yang lebih rendah.

Proses dengan biofilter “anaerob-aerob” ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

- Adanya air buangan yang melalui media penyangga yang terdapat pada biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan mikroorganisme yang menyelimuti permukaan media atau yang disebut juga biological film. Air limbah yang masih mengandung zat organik yang belum teruraikan pada bak pengendap bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut. Makin luas bidang kontakannya maka efisiensi penurunan konsentrasi zat organiknya (BOD) makin besar. Selain menghilangkan atau mengurangi konsentrasi BOD dan COD, cara ini dapat juga mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi atau suspended solids (SS), detergen (MBAS), ammonium dan phosphor.
- Biofilter juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melalui media ini. Sebagai akibatnya, air limbah yang mengandung suspended solids dan bakteri e-coli setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya biofilter upflow yakni penyaringan dengan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendapkan di dasar bak filter. Sistem biofilter anaerob-aerob ini sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa memakai bahan kimia serta kebutuhannya sangat kecil. Proses ini cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan kapasitas yang tidak terlalu besar
- Dengan kombinasi proses “anaerob-aerob”, efisiensi penghilangan senyawa phosphor menjadi lebih besar bila dibandingkan dengan proses anaerob atau proses aerob saja. Selama berada pada kondisi anaerob, senyawa phosphor anorganik yang ada dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisa senyawa phosphor.

Kriteria desain dari setiap unit operasi pada IPAL RSUD X adalah sebagai berikut.

1. Grease Trap HRT = 140 menit
2. Equalization Tank HRT = 4 - 8 jam
3. Anaerobic Biofilter
HRT = 12 - 96 jam
Kriteria beban organik = 0,4 – 4,7 kg BOD/m³.hari
4. Aerobic Biofilter
HRT Aerasi = 3-4 jam
Kriteria beban organik = 0,4 – 4,7 kg BOD/m³.hari
5. Secondary Clarifier
HRT = 2 - 5 jam
Beban permukaan = 30 – 50 m³/m².hari
6. Intermediate Tank

HRT = 2 - 3 jam

7. Multimedia Filter

8. Final Tank

HRT = 1 - 2 jam

Berdasarkan hasil perhitungan neraca air, total kebutuhan air bersih yang diperlukan mencapai $67,66 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan kebutuhan air maksimal per hari sebesar $74,4 \text{ m}^3/\text{hari}$. Debit air limbah rata-rata yang dihasilkan per hari yakni sebesar $59,5 \text{ m}^3/\text{hari}$. Untuk menghitung kapasitas instalasi pengolahan air limbah, maka digunakan Q_{maks} harian (dikalikan faktor 1,1). Sehingga total Q_{max} sebesar $67,66 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kapasitas IPAL terpasang pada RSUD X adalah $150 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kapasitas tersebut jauh diatas debit air limbah maksimal (Q_{max}) yang dihasilkan yaitu sekitar 2 kali debit maksimal. Alur pengolahan air limbah RSUD X menggunakan sistem Anaerobik Bioksidasi.

- Limbah Dapur

Air limbah dari dapur akan dialirkan menuju grease trap. Pada grease trap, lemak dari air limbah dapur dan cafetaria akan dijebak pada grease trap ini agar tidak lolos dan mengganggu proses pengolahan berikutnya. Selanjutnya air limbah tersebut akan dialirkan menuju Inlet. Sedangkan air limbah yang berasal selain dari dapur pada kegiatan operasional RSUD X akan langsung dialirkan menuju Inlet IPAL. Kapasitas Grease Trap yang disiapkan adalah $8,2 \text{ m}^3$. Lemak yang terkumpul pada grease trap akan dilakukan pengurasan secara berkala dan bekerjasama dengan jasa kuras WC.

- Limbah Laundry

Air limbah laundry akan dilakukan *pretreatment* sebelum masuk kedalam IPAL untuk mengurangi kandungan fosfat yang dapat menurunkan kinerja IPAL. Air limbah laundry merupakan air limbah yang dihasilkan dari usaha laundry yang menggunakan deterjen untuk proses pencuciannya. Deterjen umumnya tersusun atas tiga komponen yaitu surfaktan (sebagai bahan dasar deterjen), bahan builders (senyawa fosfat) dan bahan aditif (pemutih dan pewangi). Komponen terbesar dari deterjen yaitu bahan builders berkisar 70-80 %, bahan surfaktan berkisar 20-30 % dan bahan aditif relatif sedikit yaitu antara 2-8 % (Sopiah dan Chaerunisah, 2006).

Treatment yang digunakan dengan Biosand Filter (BSF). BSF didesain 5 cm di bagian atas air lapisan pasir halus karena ketinggian tersebut merupakan ketinggian yang optimum dari perpindahan patogen. Kapasitas sandfilter yang disiapkan adalah $8,2 \text{ m}^3$.

- Selanjutnya air limbah akan dialirkan menuju ke Equalization Tank dengan bantuan pompa, pada bak equalization tank ini aliran air limbah dikontrol dan diselaraskan.

- Dari Equalization Tank, air limbah dialirkan menuju Anaerobik filter, pada unit ini proses pengolahan air limbah terjadi dalam kondisi anaerobik, mikroorganisme anaerobik berperan penting untuk membantu proses pengolahan air limbah. Pada bak ini dilengkapi dengan media filter yang berfungsi tempat tinggal mikroorganisme tersebut.



- Selanjutnya air limbah dialirkan menuju Aerobik Filter, pada unit ini air limbah diolah dalam kondisi aerobik. Pada bak ini terdapat suplai aliran udara dari blower ataupun jet aerator untuk menumbuhkan mikroorganisme aerobik sehingga nantinya terjadi proses perubahan amonia menjadi senyawa nitrat.
- Air limbah selanjutnya di alirkan ke bak aerasi yang berfungsi untuk melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandunngan gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air
- Selanjutnya air limbah dialirkan menuju ke Secondary Clarifier, pada unit ini air limbah padatan tersuspensi hasil dari pengolahan air limbah oleh bakteri diendapkan.
- Selanjutnya air limbah dialirkan ke tanki oksidasi. Pada tahap ini air limbah diolah dengan menggunakan ozon (O₃) dan lampu Ultra Violet. Kombinasi ini akan menghasilkan hidroksi radikal. Proses oksidasi berada di dalam tangki kemudian disirkulasikan dengan pompa dengan menginjeksi ozon, proses ini berakhir di tangki reactor yang sudah dilengkapi lampu ultra violet. UV sterilization ini berfungsi untuk proses desinfeksi untuk membunuh mikroorganisme dan bakteri yang terdapat pada air limbah
- Air limbah tersebut selanjutnya difiltrasi dengan multimedia water filter. Setelah pompa hidup otomatis, air limbah akan tersalurkan menuju multimedia water filter dan mengalami proses filtrasi.
- Selanjutnya air limbah masuk ke bak desinfeksi. Bak desinfeksi digunakan untuk pemberian klorin guna mengurangi jumlah bakteri yang masih tertinggal pada proses sebelumnya.
- Setelah proses tersebut air limbah yang telah mengalami proses pengolahan (effluen IPAL) akan ditampung pada Final Tank. Dari Final Tank air limbah dialirkan dengan secara gravitasi menuju lokasi penyiraman.

Tabel 6. Baku Mutu Air Limbah RSUD X (November 2022 – Januari 2023)

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	HASIL			Spesifikasi Metode
				Nov-22	Des 2022	Jan-23	
FISIKA							
1	Suhu	C	38	27	29	29	Organoleptis
2	Zat padat terlarut (TDS)	mg/L	2.000	715,8	959,1	937,9	Elektrometrik
3	Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	200	4	7	2	Spektrofotometrik
KIMIA							
4	pH	-	6-9	7,93	8,37	7,94	Spektrofotometrik
5	Amonia Hidrogen	mg/L	10	0,983	5,323	0,257	Spektrofotometrik
6	BOD5	mg/L	30	1,21	0,81	6,04	Titrimetrik
7	COD	mg/L	80	<6,71	<6,71	18	Titrimetrik
8	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	10	<0,05	<0,05	<0,05	Spektrofotometrik
9	Minyak dan lemak	mg/L	5	<0,1	<0,1	<0,1	Spektrofotometrik
10	Total coliform	MPN/100 mL	a. Air limbah (Baku mutu air limbah pelayanan kesehatan) Total coliform =	7,8	130	<1,8	APHA, 23rd Ed 2017 (Section 9221 A, B dan C)

Sumber : Lampiran I PerMenLHK No. 68 Tahun 2016

B. Pemanfaatan air limbah untuk penyiraman

1. Karakteristik air limbah yang dimanfaatkan

Tujuh belas elemen yang menutrisi tanaman esensial, diantaranya : karbon, oksigen, dan hidrogen yang semuanya diserap dari udara, sedangkan nutrisi lain termasuk nitrogen biasanya diperoleh dari tanah.

Tanaman mendapatkan nutrisi yang diambil dari media tanamnya seperti;

- Makronutrien: nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), belerang (S), magnesium (Mg), karbon (C), oksigen (O), dan hidrogen (H)
- Mikronutrien: besi (Fe), boron (B), klor (Cl), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), molibdenum (Mo), nikel (Ni)

Unsur-unsur ini terdapat di bawah tanah sebagai garam mineral, sehingga tanaman mengkonsumsi unsur-unsur ini sebagai ion. Sebagian besar kondisi tanah dapat ditumbuhi tanaman yang sudah menyesuaikan diri dengan iklim dan tanah dengan nutrisi yang cukup untuk menjalankan siklus hidup yang lengkap.

Tanaman yang merupakan objek penyiraman pada RSUD X merupakan tanaman hias dan tanaman perindang yang relatif tidak memerlukan kandungan nutrisi khusus. Kandungan air hasil pengolahan IPAL berguna bagi tanaman pada objek penyiraman tersebut adalah :

- Amonia

Amonia merupakan senyawa kimia yang di alam dan juga di dalam tubuh kita. Senyawa amonia itu sendiri terdiri dari 1 atom nitrogen dan 3 atom hidrogen, yang semuanya terkait dengan atom N. Formula kimia amonia adalah NH₃. Biasanya senyawa ini berupa gas yang beraroma tajam yang khas.

Kandungan Amonia pada air yang dihasilkan setelah pengolahanj IPAL adalah 1,7 mg/L. Setiap hari, kegiatan penyiraman tersebut mampu

melepaskan sebanyak ± 80 gram ammonia ke tanah (objek penyiraman). Kandungan tersebut cukup untuk menjaga kesuburan tanah.

2. Lahan yang dimanfaatkan

Lahan yang digunakan sebagai lokasi penyiraman adalah seluruh lahan RTH (ruang terbuka hijau) serta beberapa lahan yang tidak tertutup beton. Luas lahan yang digunakan sebagai lokasi penyiraman adalah ± 500 m². Lokasi penyiraman tersebar pada 3 titik yang ditunjukkan oleh gambar 49 dan gambar 50. Jenis lahan pada lokasi penyiraman merupakan lahan pada Kawasan perdagangan dan jasa dimana pemanfaatannya sudah beralih dari pertanian menjadi area komersial. Kondisi iklim dan geografis lokasi penyiraman berdasarkan Profil Desa Ubung Kaja Tahun 2018 adalah sebagai berikut.

Curah Hujan : 259 mm/tahun

Kelembapan : 85

Suhu : 22

Kondisi iklim dan geografis tersebut akan mempengaruhi debit dan intensitas penyiraman yang akan dilakukan. Selain itu kondisi tanah pada lokasi tersebut juga akan mempengaruhi intensitas penyiraman. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Krisdianto tahun 2022 diperoleh data kondisi tanah pada daerah ubung kaja sebagai berikut.

Jenis Tanah : Latosol

Tekstur : Liat – Lempung

Struktur : Remah dengan konsistensi gembur

Kemiringan : 15 °

Ketebalan Solum : 75 cm – 110 cm

Permeabilitas : 1,34 cm/jam – 1,75 cm/jam

Permeabilitas lahan tersebut menunjukkan kecepatan resapan air pada tanah. Berdasarkan data tersebut maka dapat dihitung kemampuan resapan tanah pada lokasi penyiraman adalah sebagai berikut.

Diketahui:

Permeabilitas : 1,5 cm/jam

Luas penampang : 500 m²

Frekuensi penyiraman : 2 kali/hari

Hitung resapan tanah/hari :

Jumlah resapan = Permeabilitas x Luas penampang x Frekuensi

= 1,5 cm x 5.000.000 cm² x 2

= 15.000.000

= 15 m³/hari

Debit penyiraman = 15 m³ : 3.600

= 4 liter/detik

*debit perlu diperhatikan agar tidak terjadi aliran air pada permukaan tanah.

3. Metode pemanfaatan air limbah

Flushing Toilet

Pemanfaatan air limbah terbagi menjadi 2 penggunaan. Penggunaan pertama adalah sebagai flusing toilet dengan rincian penggunaan sebagai berikut.

Tabel 7. Penggunaan Air Limbah sebagai Flushing Toilet

Pelayanan	Kapasitas Maksimal	Kebutuhan Air Setiap Pemakaian (Liter)	Frekuensi Penggunaan	Kebutuhan Air (m3)
Admin & Kesekretarian	250	13,5	3	10,1
Pasien				
Rawat Jalan	542	13,5	1	7,3
IGD	52	13,5	1	0,7
Rawat Inap	102	13,5	6	8,3
ICU	9	13,5	1	0,1
Kebidanan	2	13,5	2	0,1
Bedah sentral	29	13,5	1	0,4
Farmasi	20	13,5	2	0,5
Radiologi	30	13,5	2	0,8
Laboratorium	200	13,5	2	5,4
Total Kebutuhan Air				33,7

Air pada outlet IPAL akan di pompa ke bak penampungan dengan kapasitas 6 m³. Melalui bak penampungan akan dialirkan ke kloset pada masing-masing kamar mandi/toilet dengan mekanisme perpipaan tanpa menggunakan mesin, namun hanya memanfaatkan gravitasi.

Air yang belum dimanfaatkan yaitu sebanyak 14m³ -15m³ akan digunakan untuk menyiram tanaman hias. Metode yang digunakan adalah irigasi tetes sederhana. Irigasi Tetes Sederhana adalah teknik penyiraman tanaman yang menggunakan sebuah tandon air atau tempat penampungan air yang diberi saluran untuk menetes media tanam sedikit demi sedikit secara konstan, sehingga media tanam tetap tercukupi kebutuhan airnya, tanpa menjadi becek dan persediaan air tetap cukup untuk beberapa hari tanpa perlu disiram secara berkala. Pada irigasi tetes di atas permukaan tanah, tandon air diletakkan di atas tanah, sehingga air menetes ke bawah di permukaan tanah. Sedangkan pada irigasi tetes di bawah permukaan tanah, tandon air dikubur di dalam tanah sehingga air menetes dari samping tandon air dan merembes di sekitar akar tanaman.

Pemanfaatan hasil limbah yang dilakukan oleh RSUD X tersebut dapat mengurangi penggunaan air bersih untuk kebutuhan operasional sebesar 48 m³/hari atau sekitar 60 % dari total kebutuhan air bersih.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas pengaplikasian biofilter untuk pengolahan air limbah rumah sakit menghasilkan air hasil pengolahan yang memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 68 Tahun 2016. Pengolahan dengan teknologi tersebut dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar, dan dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD, COD), amonia, deterjen, padatan tersuspensi (Suspended Solids), phospat dan lainnya. Dengan adanya proses pengolahan lanjut tersebut konsentrasi COD dalam air olahan yang dihasilkan relatif rendah.

Tingkat efisiensi pengolahan yang cukup tinggi sekitar yaitu lebih dari 90%, akan menghasilkan air hasil olahan yang dapat digunakan kembali untuk



mendukung kegiatan operasional. Penggunaan air tanah untuk kegiatan operasional mampu dikurangi sebesar 60 % atau sekitar 48 m³/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Daft, R. L. (2013). *Era Baru Manajemen New Era Of Management. Edisi 9*. Jakarta: Erlangga.
- Darden. (2019). Principle and purpose.
<https://ideas.darden.virginia.edu/principles-and-purpose-a-statement-on-stakeholders>.
- DeCenzo, David A, Robbins, Stephen P. USA. (2010) *Fundamentals of Human Resource Management—10th ed* P 36.
- Dessler, Gary. (2017). Human resource management.—15 Edition. pages cm Revised edition, Pp 236-237.
- Edy Suandi Hamid dan Y. Sri Susilo. (2011) Strategi Pengembangan Usaha Mikro Kecil Dan Menengah Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ekonomi Pembangunan* 12 (1): 45-55.
- Freeman, Harrison, Wicks, Parmar, and DeColle. (2010) Stakeholder Theory: The State of the Art, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2010. We are grateful to our editor Ms. Paula Parish and to Cambridge University Press for permission to recast some of that material here. *Academy of Management Annals*. June 2010 DOI: 10.1080/19416520.2010.4955811.
- Freeman, R. Edward and McVea. (2001). *A Stakeholder Approach to Strategic Management*.<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.263511>.
- Johan Bhimo Sukoco. (2019). Kapasitas Kelembagaan Dalam Pembinaan Usaha Mikro Kecil dan Menengah Di Kota Surakarta). *Jurnal Administrasi Bisnis* 8, (1): 15-22.
- Miles, Matthew B and Huberman A Michael. (2009). *Analisa Data Kualitatif, Terjemahan Tjetjep Rohendi Rohidi*. Jakarta: UI Press.
- Neuman, W. Lawrence. (1997). *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approach*. USA: Allyn and Bacon, Incorporated.
- Nurlinda Nurlinda and Junus Sinuraya. (2020). UMKM Ditengah Badai Krisis (Menilik Potensi Dan Problematika) <https://www.researchgate.net>.
- Rahmawati. (2019). Pengaruh Keterampilan, Pengalaman, Kemampuan Sumber Daya Manusia Terhadap Ukm (Studi Kasus Di Panjangrejo, Srihardono,Pundong,Bantul,Yogyakarta).
- Rusdi Hidayat N , Sonja Andarini. (2020). Strategi Pemberdayaan UMKM Di Pedesaan Berbasis Kearifan Lokal di Era Industri 4.0 Menuju Era Society 5.0. *Jurnal Bisnis Indonesia (JBI), 2020 Edisi Khusus Pengabdian Masyarakat*.
- Sudaryanto, Ragimun dan Rahma Rina Wijayanti. (2020). Strategi Pemberdayaan UMKM Menghadapi Pasar Bebas Asean.
<https://www.kemenkeu.go.id/sites/default/files/strategi%20pemberdayaan%20umkm.pdf>.
- Suyatno. (2013). Desain Organisasi Dalam Program Pengembangan Mocaf di Kabupaten Trenggalek Jawa Timur, Asdep Budaya dan Etika, Dputi Bidang Kelembagaan Iptek. *Teknovasi Indonesia* 2 (2): 73-91.
- Suyatno. (2014). Kelembagaan Inovasi Akar Rumput Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat, *Teknovasi Indonesia* 3 (1): 53-67.



- Suyatno. (2019). The Element of Systems in the Organisation of Local Food Development Program in Indonesia: Case Study in Trenggalek, East Java. *International Journal of Economic Behavior and Organization* 7 (2): 33-42.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2008 Tentang Usaha Mikro, Kecil, Dan Menengah.

