

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Tabel II.1
Penelitian terdahulu yang hampir sama dengan penelitian yang dilakukan

No	Judul	Metode	Hasil	Harapan	Persamaan / Perbedaan
1	2	3	4	5	6
1	Efektifitas Instalasi Pengolah Air Limbah cair Rumah Sakit “X” Kabupaten Banjar Arifin, Istiqamah, Sulaiman Hamzani Jl.H.M.Cokrokusumo No.1A Kota Banjarbaru <i>Jurnal Kesehatan Lingkungan</i>	Instalasi Pengolahan Air Limbah cair (IPAL) yang digunakan oleh pihak rumah sakit melalui penggunaan Biofilter aerob-anaerob.	Efektifitas pengolahan air limbah cair menggunakan parameter TSS dan COD belum optimal, namun parameter Amonia bebas (NH ₃ -N) dan BOD menjadi meningkat secara signifikan	Dapat menguraikan bahan organik dan anorganik yang ada dalam air limbah cair.	Ada persanaan pengolahan tetapi untuk IPAL di RSUDungus Madiun dilanjutkan dengan treatment SFS Wetland dengan tumbuhan kana
2	Evaluasi Pengelolaan limbah cair Cair di Rumah Sakit “X” Evaluation of Liquid Waste Management in “X” Hospital Ulfah ¹ , Sarto ² dan Irvati ³ <i>Jurnal Kesmas Jambi (JKMB)</i>	Hasil survei memperlihatkan banyak rumah sakit melakukan pembuangan limbah cair namun tidak mengolahnya lebih dulu. Hal tersebut	Data pendukung hasil pemantauan kualitas limbah cair sebelum dan setelah proses pengolahan untuk beberapa parameter seperti: pH,	Dapat menguraikan bahan organik dan anorganik yang ada dalam air limbah cair	Perbedaan dengan IPAL di RSUDungus : tidak ada treatment awal

1	2	3	4	5	6
		disebabkan belum ada pemisah antara penampungan, jenis limbah cair, sumber daya manusia, sumber dana, pengawasan kurang, pelatihan mengelola limbah cair kurang memadai dan tidak ada alat pelindung.	Suhu, BOD, COD, Amonia, Fosfat, dan MPN Coliform memenuhi baku mutu maksimal Yang yang dipersyaratkan. Namun untuk parameter TSS, sampel yang diambil pada minggu ke tiga dan parameter TDS, sampel yang diambil pada minggu pertama dan ke tiga sesuai dengan persyaratan baku mutu (Ulfah, Sarto, and Iravati 2017)		
3	Efektivitas Sistem Constructed Wetland Dalam Menurunkan Jumlah Bakteri Patogen Pada Limbah cair Rumah Sakit Joshua Christian Arransa Ranti ¹ , Haryati Bawole Sutanto ² , Guruh Prihatmo <i>Jistin Vol 4 No 2</i>	Constructed Wetland merupakan sistem pengolahan limbah cair untuk pengelolaan bermacam jenis limbah cair, antara lain limbah cair sisa pertanian, limbah cair domestik, limbah cair industri, bahkan sampai dengan limbah cair rumah sakit.	Sistem pengolahan limbah cair constructed wetland memanfaatkan tanaman melati air (Echinodorus palaefolius) sangat efektif untuk pengolahan limbah cair rumah sakit untuk alternatif tertiy treatment.	Penelitian ini bertujuan melihat persentase efisiensi sistem pengolahan limbah cair constructed wetland dalam menurunkan kadar total coliform dalam	Sama sama menggunakan media tumbuhan untuk menguraikan zat organic, perbedaan dengan ipal RSU Dungus terletak pada tanaman yang

1	2	3	4	5	6
		<p>Selanjutnya, sistem ini cukup murah namun efisien, karena sistem ini mengambil manfaat dari kemampuan tanaman dalam pengolahan berbagai limbah cair tersebut maka bisa dikatakan aman jika dilakukan pembuangan ke badan air. Berbagai jenis tanaman untuk sistem Constructed Wetland, seperti tanaman melati air (<i>Echinodorus palaefolius</i>). Tanaman ini adalah tanaman hias dengan kemampuan adaptasi yang baik di daerah tropis dan butuh banyak air. Melati air sebagai tanaman dengan kemudahan perawatan dan tidak perlu perawatan khusus. Melati air juga mempunyai kemampuan pengurai beban organik dalam limbah cair, dengan demikian</p>		<p>limbah cair rumah sakit.</p>	<p>dimanfaatkan.</p>

1	2	3	4	5	6
		seringkali dipakai di berbagai sistem pengolahan limbah cair			
4	Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah cair Rumah Sakit RK Charitas Palembang Meylinda Mulyati ¹ , JM Sri Narhadi ² <i>Jurnal Ilmu Lingkungan</i>	gabungan sistem pengolahan kimia dan biologi.	Masih ada beberapa parameter yang melebihi baku mutu yang dipersyaratkan	Dapat menguraiakan bahan organik dan anorganik yang ada dalam air limbah cair	Proses pengolahan sangat panjang yaitu Primary Tank, bak equalisasi, clarifier tank, buffer tank, bak biodetox, dan yang terakhir klorinasi (Mulyati and Sri Narhadi 2014)
5	Efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah cair Dalam Menurunkan Kadar “BOD” Di IPAL Rumah Sakit Dokter Raden Soetijono Blora Tahun 2013 Wisnu Handyasmara Putra ¹ , Supriyono Asfawi ² , Eko Hartini ² <i>Artikel Ilmiah</i>	Lumpur aktif	Ada perbedaan sangat signifikan antara sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan di IPAL	Dapat menurunkan kadar BOD	Pada pengolahan air limbah cair melalui proses aerasi, sedimentasi, clorinasi dan bak penyetara klorinasi

B. Landasan Teori

1. Limbah cair

Limbah cair merupakan hasil buangan dari komersial, rumah tangga, industri, perkantoran dan banyak tempat umum lainnya yang mengandung zat dan bahan yang berbahaya bagi kesehatan atau kehidupan manusia bahkan merusak kelestarian lingkungan. (Asmadi 2012). Limbah adalah sisa suatu usaha dan/ atau kegiatan (Undang Undang no 32 Tahun 2009)

Limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001)

2. Limbah cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit adalah limbah cair atau residu dari operasional rumah sakit yang berwujud cair, padat, dan gas. Sedangkan air limbah cair rumah sakit adalah semua air limbah cair dan feses dari operasional rumah sakit yang mengandung bahan kimia berbahaya, mikroorganisme dan radiasi yang berbahaya bagi kesehatan. (Asmadi 2013)

3. Sumber limbah cair

Air limbah cair rumah sakit merupakan sumber pencemaran air yang berbahaya. Air limbah cair ini mengandung senyawa organik dengan kadar yang sangat tinggi, bahkan mengandung senyawa kimia lain serta mikroorganisme patogen di lingkungan sekitarnya. (Said 2018). Limbah cair rumah sakit berasal dari ruang rawat inap, ruang rawat jalan, ruang gawat darurat, ruang operasi, laboratorium, radiologi, apotek, CSSD, laundry, dan operasional perkantoran. (Asmadi 2013)

4. Karakteristik limbah cair

Karakteristik air limbah cair digolongkan 3 bagian antara lain : kimia, fisik dan biologi. Uraian karakteristik kimia, fisik dan biologi air buangan adalah :

- a. Karakteristik fisik
Karakteristik ini bisa diketahui dari bau, warna, suhu, kelarutan dan padatan.
- b. Karakteristik kimia
Karakteristik ini mencakup gas, bahan organik dan bahan anorganik.
- c. Karakteristik biologis
Karakteristik ini merupakan kandungan mikroorganisme pada air limbah cair yang mencakup cacing, virus, protozoa, algae, fungi, dan bakteri.

5. Parameter Air Limbah Cair

Adapun parameter air limbah cair menurut Pergub Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 antara lain :

- a. pH
Nilai pH yang baik yakni pH yang memberi kemungkinan kehidupan biologis di air. nilai pH yang baik ialah netral 7 (Asmadi 2012)
- b. BOD (Biological Oxygen Demand)
BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam kondisi aerob untuk menstabilkan bahan yang bisa terurai (Qasim, 1985). Semakin tinggi BOD, semakin tinggi tingkat pencemaran air limbah cair. Indeks yang biasa digunakan untuk mengukur bahan yang bisa terurai dalam air limbah cair adalah BOD₅, yang mengukur jumlah oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan yang bisa terurai secara kimiawi selama lima hari. (Asmadi 2012).
- c. COD (Chemical Oxygen Demand)
COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh limbah cair dalam air untuk dioksidasi secara kimiawi. COD menggambarkan jumlah total oksigen untuk bahan yang bisa terurai yang teroksidasi secara kimia, yaitu yang dapat

didegradasi secara biologis atau yang sulit didegradasi secara biologis (non-biodegradable). Konsumsi oksigen sama dengan jumlah dikromat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi sampel air (Ricki M.Mulia, 2005).

d. Total Suspended Solid (TSS)

Padatan total adalah padatan yang tersisa dari penguapan sampel limbah cair pada suhu 103-105° C. Menurut saran Sugiharto (1997), padatan total meliputi padatan yang terapung atau tidak larut serta padatan seperti padatan tersuspensi (zat yang disaring) dan air- senyawa terlarut (padatan tidak tersaring). (Asmadi, 2012).

e. Amonia (NH₃)

Amonia (NH₃) yaitu gas tidak berwarna, berbau yang merangsang. Amonia (NH₃) merupakan faktor yang menyebabkan korosi dan iritasi, mengganggu proses desinfeksi dengan chlor, dan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme (Soemirat,1994). Amonia (NH₃) terkandung pada larutan dan bisa dalam bentuk senyawa ammonia atau ion amonium (Rahmat and Mallongi 2018).

Menurut Perda Kaltim (2011) standar baku mutu limbah cair amonia di rumah sakit adalah 0,1 mg/L, sehingga apabila limbah cair di atas 0,1 mg/L akan menyebabkan bau yang tidak enak, dapat menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikroalgae yang berlebihan disebut eutrofikasi, sehingga air menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati. Pembuangan limbah yang banyak mengandung amonia ke dalam air juga dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam badan air penerima karena oksigen yang ada digunakan untuk nitrifikasi NH₃. Akibat organisme badan air kekurangan oksigen dan akan mengalami kematian lebih lanjut dan akan terjadi proses anaerobik pada badan air (Pramaningsih, Wahyuni, and Saputra 2020)

Salah satu metode pengolahan limbah ammonia yaitu IPAL dengan prinsip konvensional yaitu menggunakan jasa bakteri aerob dan anaerob sebagai bakteri pengurai zat padat. Bakteri aerob terletak di bak membran dan bak lamela bakteri anaerob terletak di bak bar screen dan fine screen.

Unit IPAL dan bahan khusus yang digunakan dalam proses penurunan kadar ammonia di RSUD Abdul Wahab Sjahranie, yaitu :

1) Blower

Blower bekerja sebagai penyuplai udara atau oksigen melalui pipa blower, di dalam hal ini oksigen yang di salurkan ke pipa akan sampai kepada bak aerasi yang khususnya sebagai bak dalam penguraian zat ammonia dan memberi asupan terhadap bakteri aerob. Blower akan beroperasi selama 24 jam untuk kepentingan suplai oksigen didalam air limbah di bak aerasi.

2) Pipa Blower

Pipa blower sebagai penghubung oksigen yang berasal dari blower dan akan menyalurkannya ke bak aerasi. Pipa blower menyalurkan oksigen di dalam air limbah di bak aerasi sehingga air limbah di bak aerasi kontak dengan udara, dalam hal ini zat ammonia akan terurai dengan udara dan bakteri aerob akan mendapatkan suplai oksigen.

3) Bak aerasi

Bak aerasi adalah bak khusus untuk memberikan suplai oksigen terhadap bakteri aerob yang akan mendegradasi zat ammonia dan mengurai zat ammonia dengan bantuan saluran oksigen dari blower. Kadar DO akan meningkat apabila kadar oksigen yang di salurkan oleh blower beroperasi dengan baik, sebab kadar DO berperan penting di dalam air limbah dalam memberikan oksigen terhadap bakteri aerob dalam mendegradasi zat ammonia, jika kadar

DO berjumlah sedikit yaitu di bawah 0-6 mg/L (PP RI No. 82 Tahun 2001) maka bakteri aerob akan mudah mati dan kesulitan dalam mendegradasi zat amonia sehingga angka zat ammonia meningkat dan mencemari lingkungan.

4) Aquamate

AquaMate merupakan bahan kimia untuk memberikan suplai oksigen ke dalam air limbah untuk bakteri aerob dalam mendegradasi zat di dalam air limbah khususnya zat amonia. AquaMate digunakan apabila operasional blower terjadi kerusakan.

5) Bio Enzim

Bio enzim adalah bahan yang mengandung bakteri yang digunakan untuk mereduksi atau mendegradasi zat di dalam air limbah, khususnya zat amonia. Bio enzim biasanya digunakan apabila bakteri di bak pada IPAL sudah mati akibat kerusakan pada blower. Bio enzim akan ditambahkan di IPAL disaat blower sudah berfungsi. (Pramaningsih, Wahyuni, and Saputra 2020)

f. Phospat

Phospat bersumber dari STPP (Sodium Tripolyfosfate) yang meenjadi salah satu bahan dengan kadar yang besar pada detergen. Pada detergen, Sodium Tripolyfosfate tersebut memiliki fungsi sebagai builder yang menjadi unsur terpenting kedua sesudah surfaktan dikarenakan memiliki kemampuan dalam menonaktifkan mineral kesadahan dalam air, dengan demikian detergen bisa bekerja maksimal. Phospat adalah senyawa kimia berupa ion yang bisa mengancam kehidupan makhluk hidup dan mengurangi kualitas perairan. Kadar Phospat apabila melampaui batasan yang ditetapkan pada jangka panjang dapat berdampak bagi lingkungan dan kesehatan (Rikardo panjaitan, 2019)

Efek negatif bagi lingkungan yaitu timbulnya tanaman yang menutup permukaan air, dengan demikian dapat menutup perairan tersebut dan menghalau sinar matahari untuk masuk kedalam air yang dapat mengganggu fotosintesis tanaman air di mana dapat menimbulkan bau karena membunuh organisme perairan,, Maka, air tidak bisa dipergunakan berdasarkan peruntukannya. Sedangkan akibat bagi kesehatan apabila limbah cair tersebut membuat makanan atau air bersih tercemar, yakni bisa menyebabkan keracunan dalam darah yang diawali dengan sakit gigi, demam menggigil, kerapuhan terhadap tulang rahang, dan bisa menyebabkan kematian. Di samping itu, kadar Phospat yang berlebih bisa mengakibatkan iritasi pada saluran pencernaan, yang ditandai dengan pendarahan pada saluran pernapasan, sakit perut, muntah, dan mual. (Rikardo Panjaitan 2019).

Limbah cair rumah sakit yang mengandung fosfat akan menyebabkan problem lingkungan hidup berupa eutrofikasi yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh banyaknya jumlah nutrient di dalam ekosistem air. Hal ini bias dikenali dengan warna air menjadi kehijauan, berbau tidak sedap dan kekeruhan menjadi sangat meningkat. Kadar fosfat dalam limbah cair dapat diturunkan melalui pengendapan yang didahului proses pengolahan secara kimiawi dengan menggunakan alumunium sulfat, kapur tohor, dan garam besi.

Penggunaan larutan kapur sebagai bahan koagulan dengan pertimbangan bahwa larutan kapur mudah didapatkan, biaya murah, dan merupakan batuan alam sehingga relatif aman bagi lingkungan (Pramaningsih, Wahyuni, and Saputra 2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan pada tahun 2006 yang melakukan penurunan kadar fosfat dengan penambahan kapur (lime), tawas dan filtrasi zeolit pada limbah cair rumah sakit, didapatkan hasil bahwa larutan kapur dan larutan tawas efektif

menurunkan kadar fosfat dalam limbah cair Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta dengan prosentase 97,92%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ivo pada tahun 2005 yang menggunakan kapur (CaO) untuk menurunkan kadar fosfat pada limbah cair Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru, didapatkan hasil bahwa dosis efektif penambahan kapur dalam penelitian tersebut adalah 10 mg per 100 ml air limbah. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kapur dapat digunakan sebagai bahan koagulan untuk menurunkan fosfat (Astuti, Joko, and Dewanti 2016)

6. Dampak limbah cair rumah sakit

Air buangan/ air limbah cair bisa memberikan dampak-dampak yang penting dan besar pada manusia dan lingkungan, terutama menyebabkan sebuah penyakit menular dan pencemaran. Adapula pengaruh dan pencemaran pada kesehatan dan penyakit penyakit yang diakibatkan air limbah cair

a. Pencemaran mikroorganisme dalam air

Berbagai kuman yang menyebabkan penyakit bagi makhluk hidup berupa parasit, protozoa, virus, dan bakteri yang membuat air tercemar. Kuman di air bersumber dari buangan limbah cair dari berbagai aktivitas rumah sakit seperti rawat inap, rawat jalan, IGD, ruang operasi, CSSD, Laundry, Farmasi, Instalasi gizi dan kantor. Pencemaran dari kuman penyakit tersebut menjadi faktor yang menyebabkan timbulnya penyakit (Asmadi, 2012).

b. Pencemaran limbah cair organik mengakibatkan oksigen terlarut berkurang

Faktor utama yang menyebabkan kadar oksigen berkurang dalam air limbah cair organik yang terbuang akan terdegradasi kemudian terkomposisi bakteri aerob, dengan demikian lambat laun dapat mengurangi oksigen dalam air. Pada

keadaan demikian, hanya spesies organisme tertentu yang bisa hidup (Asmadi, 2012).

- c. Pencemaran air sungai dan kebutuhan oksigen terlarut
Nyaris setiap hari sungai di seluruh dunia memperoleh berbagai aliran sedimen yakni dengan cara ilmiah, buangan limbah cair rumah tangga, buangan industri, pertanian, dan aliran air permukaan wilayah urban. Sebab aliran air itu rata-rata sungai bisa mengalami perubahan Kembali normal dari pencemaran sebab arus air bisa menyebabkan percepatan proses degradasi limbah cair yang membutuhkan oksigen sepanjang sungai itu tidak mengalami penguapan dikarenakan banjir. Degradasi dan nondegradasi terhadap arus sungai yang lamban tidak bisa meniadakan polusi karena limbah cair penjernihan alamiah tersebut (Asmadi, 2012)
- d. Pencemaran laut sebagai tempat pembuangan limbah cair

7. Pengolahan Air Limbah cair Rumah Sakit

- a. *Primary treatment* (Pengolahan pertama) Pengolahan pertama berdasarkan pendapat Sundstrom (1979), memiliki tujuan untuk memusnahkan zat-zat yang dapat mengalami pengendapan, contohnya zat yang mengapung seperti lemak, suspended solid, dan dapat menurunkan 60 persen suspended solid, dan 30 persen BOD. Di samping hal tersebut, pengolahan tersebut sebagai tahap pertama sebelum air limbah cair diolah tahap kedua (Asmadi, 2012)
- b. *Secondary treatment* (Pengolahan kedua) Tahap ini mengurangi BOD yang tidak terolah dan larut proses olahan pertama, dan olahan pada suspended solid. Proses ini contohnya melalui proses biologi yakni menggunakan trickling filter, kolam stabilisasi sebagaimana proses di badan air dengan cara alami (Asmadi, 2012).
- c. *Tertiary treatment* (Pengolahan ketiga) adalah tahap selanjutnya dari efluen, dan dilaksanakan olahan paripurna. Melalui cara

tersebut dapat meminimalisir bakteri, suspended solid, fosfor, dan BOD sejumlah 95 %. Pengolahan tersebut merupakan pengolahan phosphor dan nitrat. (Sundstrom 1979).

Pengolahan air limbah cair bisa dilaksanakan menggunakan alat maupun dengan cara alamiah. Pengolahan air limbah cair dengan cara alamiah umumnya dilaksanakan menggunakan bantuan kolam stabilisasi (Asmadi, 2012).

Pengolahan air limbah cair menggunakan alat umumnya dilaksanakan pada IPAL (*WWTP/ Waste Water Treatment Plant*) atau Instalasi Pengolahan Air Limbah cair. Di dalam IPAL, umumnya proses pengolahan dikategorisasikan sebagai pengolahan pertama, pengolahan kedua, dan pengolahan lanjutan. Berdasarkan tingkat perlakuan proses pengolahan limbah cair bisa dikategorisasikan menjadi 6 tingkat, yakni:

- 1) Pengolahan pendahuluan (*Pretreatment*)
- 2) Pengolahan pertama (*Primary Treatment*)

Primary treatment (pengolahan pertama) memiliki tujuan memisahkan dengan cara fisik padatan dari air. Hal tersebut bisa dilaksanakan dengan melewati air limbah cair melalui bak sedimentasi (*sedimentation tank*) atau filter (saringan). Memiliki fungsi dalam menyaring atau mengambil padatan melayang atau terapung dalam air limbah cair dalam bentuk lemak, minyak, pasir, potongan kayu, sisa kain, dan lumpur. Saringan yang dipergunakan berukuran 15-30 cm berbahan tidak mudah berkarat. Saringan tersebut selalu dilakukan pemeriksaan ketika menyaring bahan agar tidak terjadi penyumbatan aliran air limbah cair (Asmadi, 2012).

Pengolahan pertama tersebut bertujuan menghilangkan zat padat tercampur dari pengapungan atau pengendapan. *Primary treatment* dilaksanakan menggunakan 2 metode utama, yakni pengolahan kimia dan fisika. Pengolahan

kimia yakni pengendapan bahan padatan melalui menambah bahan kimia. Pengolahan dengan cara fisika mungkin dilakukan jika bahan kasar yang sudah dilakukan pengolahan melalui pengapungan atau pengendapan. Bahan kimia (koagulan) yang digunakan di antaranya fer chlorida, feri sultat, Natrium hidroksida, aluminium sultat (tawas), soda api, soda abu, dan lain-lain (Asmadi, 2012). Pengendapan merupakan aktivitas utama dalam proses tersebut. Melalui terdapatnya proses tersebut, dengan demikian dapat meminimalisir kebutuhan oksigen dalam proses mengolah secara biologis selanjutnya dan pengendapannya secara grafitasi (Asmadi, 2012).

a) Penyaringan (*Filtration*)

Penyaringan memiliki tujuan meminimalisir lumpur tercampur atau padatan dan partikel koloid melalui aliran air limbah cair dari media. Hal tersebut diperlukan karena polutan tersebut (partikel koloid, padatan, dan lumpur tercampur) bisa mengakibatkan pendangkalan untuk bahan air penerima. Di samping itu pula, polutan itu bisa menyebabkan kerusakan pada alat pengolahan limbah cair yang lainnya seperti pompa dan bisa pula membuat efisiensi dari alat pengolah lain terganggu (Asmadi, 2012).

Pengoperasian alat filtrasi umumnya digolongkan ke dalam dua kegiatan, yaitu pembersihan alat filtrasi (*backwashing*) dan penyaringan polutan. Sejumlah peralatan penyaringan yang umumnya dipergunakan ialah saringan pasir cepat, pasir lambat, saringan multimedia, saringan lambat, mikrostaining, vacuum, dan percoal filter (Asmadi, 2012).

b) *Sedimentation* (Pengendapan)

Pengendapan dikarenakan terdapatnya kondisi sangat tenang. Terkadang bahan kimia juga bisa ditambah supaya menetralkan kondisi maupun mengurangi partikel yang tercampur. Melalui terdapatnya proses tersebut, dengan demikian dapat membuat kebutuhan oksigen berkurang terhadap proses pengolahan biologis selanjutnya dan pengendapan dengan cara gravitasi (Asmadi, 2012)

Waktu yang dibutuhkan air mengalir dari titik inlet ke titik outlet supaya mengalami proses pengendapan sempurna dan perlahan dinamakan *detention time* (waktu tinggal). Adapun hubungan laju alir, waktu tinggal, dan volume air dalam tangki dinyatakan berikut ini:

$$Td = \frac{Vr}{Q}$$

Td = *Detention Time*

Vr = Volume air dalam tangki

Q = Laju air (*flowrate*)

Kecepatan air hasil pengolahan keluar dari outlet dinamakan kecepatan overflow. Kecepatan overflow adalah fungsi dari laju alir dan luas permukaan berikut ini:

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

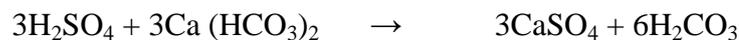
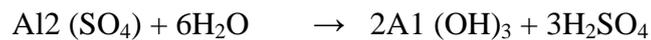
V_0 = Kecepatan overflow kecepatan air hasil olahan keluar dari outlet

A = Luas dari permukaan seling zone

Guna mempersingkat proses tersebut, ditambah pula bahan koagulan berupa tawas. Bahan koagulan yang akan digunakan harus disiapkan karena tawas sukar

larut didalam air. Jika tawas masuk ke dalam air, dengan demikian dibutuhkan waktu lama dalam melarutkannya. Tawas harus dilarutkan dahulu dalam air sebelum dimasukkan ke air limbah cair. Dalam industri dinamakan *slow mixing* dan *rapid mixing*. Pengadukan cepat (*Rapid mixing*) dilaksanakan untuk melakukan pelarutan koagulan (misalnya tawas) di dalam air. Pengadukan lambat (*Slow mixing*) bertujuan melakukan pencampuran larutan koagulan menggunakan polutan supaya bisa flock yang bisa mengalami pengendapan. Guna memudahkan proses koagulasi maka ditambahkan kapur agar terbentuk kondisi basa.

Reaksi alum dalam air



Jika tujuan utama pengoperasiannya guna menghasilkan hasil buangan ke sungai melalui sedikit partikel zat tercampur dengan demikian alatnya dinamakan Clarifier (penjernih) sementara jika penekanan menghasilkan partikel padat jernih dinamakan pengental (Thickener) (Asmadi, 2012).

3) Pengolahan kedua (*Secondary Treatment*)

Secondary treatment (pengolahan kedua) memiliki tujuan menghilangkan dan mengkoagulasi koloid serta untuk menstabilkan zat organik pada air limbah cair. Terutama bagi limbah cair domestik, bertujuan untuk meminimalisir bahan yang bisa terurai dan membuang nutrisi berupa Fosfor dan Nitrogen. Proses mengurai bahan yang bisa terurai oleh mikroorganisme dengan cara anaerobic dan

aerobic. Treatment kedua secara umum mengaitkan proses biologi yang bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi bahan yang bisa terurai mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah cair. Bagi proses biologis tersebut sering dipergunakan "*trickling filter*" atau reaktor lumpur aktif (Asmadi, 2012).

Proses penggunaan lumpur aktif, air limbah cair yang telah lama ditambahkan pada tangki aerasi bertujuan memperbanyak jumlah bakteri dengan cepat supaya proses biologis penguraian bahan yang bisa terurai selesai lebih cepat (Asmadi, 2012).

a) Proses aerobik

Pada proses aerobik, mikroorganisme menguraikan bahan yang bisa terurai melalui adanya oksigen sebagai electron acceptor pada air limbah cair. Proses aerobik umumnya dilaksanakan menggunakan bantuan *activated sludge* (lumpur aktif), yakni lumpur yang terkandung banyak bakteri pengurai. Hasil akhir yang mendominasi pada proses tersebut jika konversi dialami dengan cara sempurna ialah *excess sludge*, karbon dioksida, dan uap air. Lumpur aktif itu umumnya dinamakan *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS). Ada 2 hal penting pada proses tersebut, yaitu proses penambahan oksigen dan proses pertumbuhan bakteri (Asmadi, 2012).

Perkembangbiakan bakteri jika jumlah makanan didalamnya cukup, dengan demikian pertumbuhan bakteri bisa dipelihara secara konsisten. Secara permulaan bakteri berkembang biak dengan cara konstan dan cukup melambat pertumbuhannya dikarenakan terdapatnya suasana baru dalam air limbah cair tersebut, kondisi tersebut dinamakan *lag*

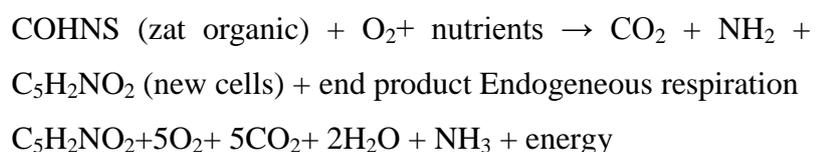
phase. Sesudah beberapa jam maka bakteri tumbuh berlipat ganda dan fase tersebut dinamakan fase akselerasi.

Sesudah tahapan tersebut selesai dilakukan, dengan demikian ada bakteri yang mengalami peningkatan jumlah dan bakteri yang tetap. Pertumbuhannya yang secara cepat sesudah fase kedua tersebut dinamakan *log-growth phase*. Sepanjang fase tersebut dibutuhkan banyak persediaan makanan, dengan demikian ketika ada pertemuan antara penurunan jumlah makanan dan pertumbuhan bakteri yang meningkat. Jika tahapan tersebut terus dilakukan, dengan demikian akan mengalami kondisi di mana jumlah makanan dan bakteri tidak seimbang dan kondisi tersebut dinamakan *declining growth phase*. Dengan demikian makanan bisa habis dan bakteri yang mati bisa mengalami peningkatan pada sebuah kondisi dimana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh telah berkembang dan dinamakan *stationary phase* (Asmadi, 2012).

Sesudah jumlah makanannya habis digunakan, dengan demikian jumlah kematian bisa meningkat daripada jumlah pertumbuhannya, sehingga kondisi tersebut dinamakan *endogenous phase* dan saat itu bakteri mempergunakan energi simpanan ATP untuk pernapasan hingga kehabisan ATP dan akan mati.

Pada proses *aerobic*, timbul konversi stoikiometri dengan bakteri sebagai berikut:

Proses oksidasi dan Sintesa limbah cair



Pada prakteknya ada dua cara menambah oksigen ke dalam air limbah cair yakni memasukan udara ke dalam air dan memaksakan air ke atas untuk melakukan kontak dengan oksigen, memasukkan udara ke dalam air limbah cair umumnya dari benda nozzle atau porous. Jika udara yang masuk ke dalam air limbah cair oleh pompa tekan. Pada penempatan nozzle juga perlu melalui pertimbangan *mixing characteristic* (karakter pencampuran) yang terjadi karena dimasukkan ke dalam air limbah cair. Jika *mixing characteristic* semakin baik, dengan demikian kemungkinan kontak antara bahan yang bisa terurai dalam air limbah cair dan *activated sludger* semakin baik. Memaksa air ke atas untuk melakukan kontak dengan oksigen dilaksanakan dengan aerator (pemutaran baling-baling) yang ditaruh di permukaan air limbah cair. Dampak dari pemutaran tersebut, air limbah cair bisa terangkat ke atas dan kontak langsung dengan sekitarnya. Umumnya jika ada senyawa nitrat organik, hasil akhir udara mengandung Nitrat dan mengalami penurunan pH. (Asmadi, 2012)

b) Proses anaerobik

Pada proses anaerobik zat organik dilakukan penguraian tanpa adanya oksigen. Hasil akhir yang mendominasi dari proses anaerobik yaitu biogas (campuran carbon dioksida dan methane), sedikit sludge, dan uap air. Aplikasi paling besar hingga sekarang ini stabilisasi lumpur dari intala exces pengolahan air limbah cair dan pengkategorisasian jenis air limbah cair industrs. Proses anaerob dalam zat organik mencakup serangkaian tahapan antara

lain: Awal mulanya, bahan yang bisa terurai dihidroksidakan extra celluler enzymes menjadi produk terlarut, dengan demikian ukurannya bisa tembus ke membran cell. Senyawa terlarut tersebut lalu dioksidasikan dengan cara anaerobic menjadi carbon dioxide, asam lemak rantai pendek, alcohols, ammonia, dan hydrogen. Asam lemak rantai pendek dikonvenkan menjadi carbon dioxide, acetate, dan hydrogen gas. Kemudian methanogenesis, bersumber dari reduksi carbon dioxide dari acetate dan hydrogen (Asmadi, 2012).

Pada tahap pengolahan air limbah cair terutama yang di dalamnya terkandung polutan senyawa organik, teknologi yang dipergunakan umumnya mempergunakan aktivitas bakteri dalam melakukan penguraian zat polutan organik. Proses pengelolaan air buangan melalui aktivitas bakteri umumnya dinamakan “Proses Biologis”(Said 2000)

Proses mengolah air limbah cair dengan cara biologis itu bisa dilaksanakan dalam keadaan aerobic (terdapat udara), anaerobik (tanpa udara) atau campuran aerobic dan anaerobik. Tahap biologis aerobik umumnya dipergunakan dalam mengolah air limbah cair yang beban BOD-nya tidak terlalu besar, sementara proses biologis anaerobic dipergunakan dalam mengolah air limbah cair yang beban BOD-nya sangat tinggi(Said 2000)

Pengolahan air limbah cair biologis umumnya bisa digolongkan ke dalam 3 jenis, yaitu proses biologis melalui *suspended culture* (penguraian), proses biologis melalui *attached culture* (biakan melekat) dan proses pengolahan menggunakan system kolam atau lagoon. Proses biologis melalui penguraian merupakan sistem pengolahan melalui penggunaan aktivitas bakteri dalam

melakukan penguraian senyawa polutan yang terdapat di air dan mikroorganisme yang dipergunakan dikembangkan dengan cara tersuspensi pada sebuah reaktor. Sejumlah contoh proses pengolahan menggunakan sistem tersebut yaitu : proses lumpur aktif konvensional/ standar (*standard activated sludge*), contact stabilization, step aeration, kolam oksidasi sistem parit (*oxidation ditch*), extended aeration, dan lainnya (Said 2000).

Proses biologis melalui biakan melekat merupakan tahap mengolah limbah cair dimana mikroorganisme yang dipergunakan dikembangkan dalam sebuah media, dengan demikian mikroorganisme itu melekat dalam permukaan media. Proses tersebut dinamakan proses biofilm atau proses film mikrobiologis. Contoh teknologi pengolahan air limbah cair melalui cara tersebut yakni : biofilter tercelup, trickling filter, reaktor kontak biologis putar (RBC atau Rotating Biological Contactor), oxidation/ contact aeration (aerasi kontak) dan lain-lain (Said 2000).

Pengolahan air limbah cair melalui sistem biofilter pada umumnya bisa dilaksanakan pada keadaan anaerobik, aerobik atau keduanya. Proses aerobik dilaksanakan melalui kondisi terdapatnya oksigen terlarut dalam reaktor air limbah cair, dan proses anaerobik dilaksanakan melalui tanpa oksigen pada reaktor air limbah cair. Sementara proses perpaduan anaerob-aerob yakni perpaduan proses anaerobik dan proses aerobik. Proses tersebut umumnya dipergunakan untuk menghilangkan nitrogen dalam air limbah cair. Dalam keadaan aerobik mengalami proses nitrifikasi yaitu mengubah nitrogen ammonium menjadi nitrat ($\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_3$) dan dalam keadaan anaerobik

mengalami proses denitrifikasi yaitu mengubah nitrat menjadi gas nitrogen ($\text{NO}_3 \text{ ----> N}_2$) (Said 2000).

Proses mengolah air limbah cair melalui proses biofilter atau biofilm melalui pengaliran air limbah cair kedalam reaktor biologis yang berisi media penyangga dalam mengembangbiakkan mikroorganisme tanpa maupun dengan aerasi. Proses anaerobik dilaksanakan tanpa memberi oksigen atau udara. Posisi tercelup air untuk media biofilter dibawah permukaan. Media biofilter yang dipergunakan pada dasarnya bisa dalam bentuk bahan material anorganik atau organik. Pada media biofilter dari bahan yang bisa terurai contohnya berbentuk sarang tawon, papan, butiran tidak teratur (*random packing*), jaring, dan tali. Sementara untuk media dari bahan anorganik contohnya kerikil, batu pecah (*split*), batu tembikar, batu marmer, batu bara (kokas) dan lain-lain (Said 2000).

Pada proses mengolah air limbah cair menggunakan sistem biofilter tercelup aerobik, bisa dilaksanakan melalui aerasi tengah (pusat), aerasi samping, aerasi eksternal, aerasi merata seluruh permukaan, aerasi dengan sistem mekanik, dan aerasi dengan “air lift pump”. Masing-masing caranya memiliki kekurangan dan keuntungan. Sistem aerasi bergantung dari jenis efisiensi atau media yang diinginkan. Umumnya bisa terjadi penyerapan oksigen yang dikarenakan aliran putar atau aliran sirkulasi, terkecuali dalam sistem aerasi merata semua permukaan media(Said 2000).

Proses mengolah air limbah cair secara biologis dengan kolam atau lagoon yakni melalui penampungan air limbah cair dalam kolam yang luas dengan time detention cukup lama, melalui aktivitas mikroorganisme yang tumbuh

alami, senyawa polutan yang terdapat di air bisa mengalami penguraian. Guna memperpendek waktu tinggal dan mempercepat proses penguraian senyawa polutan, bisa pula dilakukan proses aerasi. Contoh Proses pengelolaan air buangan melalui cara tersebut ialah kolam stabilisasi (stabilization pond) atau kolam aerasi. Proses menggunakan sistem lagoon itu terkadang digolongkan sebagai proses biologis melalui penguraian (Said 2000)

Tabel II.2
Perbandingan antara proses aerobik dan anaerobik dalam pengolahan air limbah cair

No	Parameter	Anaerobik	Aerobik
1	Kebutuhan energy	Rendah	Intensif
2	Efisiensi pengolahan	60-80%	Tinggi > 90%
3	Produksi lumpur	Sedikit	tinggi
4	Bau	-	sedikit
5	Komposisi biomasa	4 tahap bakteri yang berbeda	1 bakteri diubah ke biomasa

4) *Tertiary Treatment* (pengolahan ketiga)

Pengolahan tahap ini adalah proses berikutnya setelah pengolahan kedua. Proses ini bertujuan menghilangkan nutrisi atau unsur hara seperti fosfat dan nitrat. Tahap ini juga bertujuan memusnahkan mikroorganisme patogen melalui penambahan Chlor air limbah cair.

5) Pengolahan Lanjut

Pengolahan tingkat lanjut untuk menghilangkan senyawa anorganik, antara lain kalium, calsium, phosphor dan sulk nitrat dan senyawa kimia organik. Proses fisika, kimia dan biologis di pengolahan selanjutnya adalah: destilasi, filtrasi, pengapungan dan lainnya. Proses kimia mencakup pengendapan kimia, absorpsi karbon aktif, reduksi dan oksidasi. Pada proses biologis melalui bakteri, algae nitrifikasi.

- 6) Pembunuhan kuman (*Desinfektion*)
- 7) Pengadaan lumpur/ pembuangan lanjut (*Ultimate disposal*)

Setelah melalui masing-masing Proses pengelolaan air buangan, diketahui hasilnya berupa lumpur untuk diolah secara khusus, supaya lumpur bisa kembali dimanfaatkan. Lumpur yang diolah terdapat kandungan bahan nitrogen sangat sedikit serta memudahkan proses angkut lumpur, sehingga perlu tahap-tahap pengolahan melalui proses:

- a) pemekatan
- b) penstabilan
- c) pengaturan
- d) mengurangi air
- e) mengeringkan
- f) pembuangan.

8. Metode Pengambilan Sampel

- a. Contoh sesaat (Grab sampel)

Air limbah cair yang diambil sesaat pada satu lokasi

- b. Contoh Gabungan waktu

Campuran contoh yang diambil dari satu titik pada waktu dengan volume yang sama

- c. Contoh gabungan tempat

Campuran contoh yang diambil dari titik yang berbeda pada waktu yang sama dengan volume yang sama

- d. Contoh gabungan waktu dan tempat

Campuran contoh yang diambil dari beberapa titik dalam satu lokasi pada waktu yang berbeda dengan volume yang sama