

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Puskesmas

Puskesmas adalah fasilitas pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan upaya kesehatan masyarakat dan upaya kesehatan perorangan tingkat pertama, dengan lebih mengutamakan upaya promotif dan preventif untuk mencapai derajat kesehatan masyarakat yang setinggi-tingginya di wilayah kerjanya. (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43, tahun 2019)

Terdapat dua jenis Puskesmas menurut Departemen Kesehatan RI (2001) yaitu:

1. Puskesmas Perawatan (Rawat Inap) Puskesmas Perawatan atau Puskesmas Rawat Inap merupakan Puskesmas yang diberi tambahan ruangan dan fasilitas untuk menolong penderita gawat darurat, baik berupa tindakan operatif terbatas maupun rawat inap sementara, sesuai standar pelayanan minimal bidang kesehatan di kabupaten/kota (Depkes RI, 2003).
2. Puskesmas Non Perawatan Jenis Puskesmas non perawatan hanya melakukan pelayanan kesehatan rawat jalan. Kegiatan di pelayanan kesehatan rawat jalan yakni observasi, diagnosis, pengobatan. Minimum volume air yang disediakan oleh Puskesmas perunit perhari dibedakan antara Puskesmas perawatan atau rawat inap dan Puskesmas non perawatan.

Ada beberapa metode dan Teknik dalam pengolahan air limbah, untuk rumah sakit dengan kapasitas yang besar umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah “lumpur aktif” atau Activated Sludge Process, tetapi untuk Puskesmas maupun rumah sakit tipe kecil sampai tipe sedang cara tersebut kurang ekonomis karena biaya oprasinya cukup besar. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu menyebar luaskan informasi teknologi

khususnya teknologi pengolahan air limbah Puskesmas maupun rumah sakit beserta aspek pemilihan teknologi serta keunggulan dan kekurangannya.

2.2 Pengelolaan Lingkungan

Pengelolaan lingkungan hidup adalah usaha menyeluruh dalam pemanfaatan penataan, pemeliharaan, pengawasan, pengendalian, pemulihan, dan pengembangan lingkungan hidup. Menurut UU No.32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup pada pasal 1 ayat 2 menyebutkan bahwa pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup. Tujuan pengelolaan lingkungan hidup adalah untuk menyeimbangkan hubungan antara manusia atau kelembagaan/organisasi yang dibuat oleh manusia serta sumber daya alam dengan teknologi yang diterapkan dalam sistem. Komponen-komponen pengelolaan lingkungan adalah manusia, kelembagaan, sumber daya alam, dan teknologi. Tipe dan kondisi alami dari setiap komponen selalu berubah secara dinamis dari waktu ke waktu, dari satu situasi ke situasi lain, dari satu sistem ke sistem yang lain. Karena itu apabila salah satu dari komponen itu berubah maka akan mempengaruhi keseimbangan yang ada atau akan membentuk keseimbangan baru.

2.3 Instalasi pengolahan Air Limbah (IPAL)

Banyak sekali permasalahan lingkungan yang harus dihadapi dan sangat mengganggu terhadap tercapainya kesehatan lingkungan. Kesehatan lingkungan bisa berakibat positif terhadap kondisi elemen-elemen hayati dan non hayati dalam ekosistem. Bila lingkungan tidak sehat maka sakitlah elemennya, tapi sebaliknya jika lingkungan sehat maka sehat pulalah ekosistem tersebut.

Tujuan pengolahan air limbah adalah untuk memperbaiki kualitas air limbah, mengurangi BOD, COD dan partikel tercampur menghilangkan

bahan nutrisi dan komponen beracun, menghilangkan zat tersuspensi, mendekomposisi zat organik, menghilangkan mikro organisme patogen. Namun sejalan dengan perkembangannya tujuan pengolahan air limbah sekarang ini juga terkait dengan aspek estetika dan lingkungan.

Menurut Peraturan Gubernur Lampung Nomor 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan di Provinsi Lampung Pada Tabel.2.1 Berikut :

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

PARAMETER	NILAI	SATUAN
pH	6-9	-
BOD	30	Mg/L
COD	80	Mg/L
TSS	30	Mg/L

(Sumber : Peraturan Gubernur Lampung Nomor 7 Lampiran I, 2010)

Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara alamiah maupun dengan bantuan peralatan. Pengolahan air limbah secara alamiah biasanya dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi. Sedangkan pengolahan air limbah dengan bantuan peralatan biasanya dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan terhadap air limbah, bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Bahan tersuspensi yang berukuran besar biasanya dilakukan screening (penyaringan) dan bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan.

2.3.1. Beberapa Jenis Limbah

Jenis dan macam air limbah dikelompokkan berdasarkan sumber penghasilan atau penyebab air limbah yang secara umum terdiri dari:

a. Air Limbah domestik

Air limbah yang berasal dari kegiatan penghunian, seperti rumah tinggal, hotel, sekolah, kampus, perkantoran, Puskesmas, pasar dan fasilitas-fasilitas pelayanan umum.

Air limbah domestik dapat dikelompokkan menjadi:

- Air buangan kamar mandi
- Air buangan wc: air kotor/tinja
- Air buangan dapur dan cucian

b. Air Limbah Industri

Air Limbah yang berasal dari kegiatan industri, seperti pabrik industri logam, tekstil, kulit, pangan (makanan dan minuman), industri kimia dan lainnya.

c. Air Limbah limpasan dan rembesan air hujan

Air limbah yang melimpas di atas permukaan tanah dan meresap ke dalam tanah sebagai akibat terjadinya hujan.

d. Limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun)

Limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) adalah jenis limbah yang dapat menimbulkan kerusakan secara serius dan signifikan. Beberapa yang masuk kategori limbah B3 adalah limbah yang mudah meledak, mudah terbakar, mengandung zat beracun, korosif, bersifat mengiritasi, pengoksidasi, dan berbahaya bagi lingkungan. Selama manusia hidup & beraktivitas, maka akan menghasilkan kotoran/limbah, yaitu limbah padat atau sampah dan limbah cair atau air limbah dari wc atau kamar mandi & cucian. Air limbah atau air buangan tidak bisa dibuang begitu saja, seperti halnya limbah padat atau sampah yang juga tidak bisa dibuang sembarangan. Meskipun kelihatannya air limbah bisa langsung meresap ke dalam tanah atau mengalir di sungai, air limbah rumah tangga sebenarnya juga merupakan limbah yang merusak lingkungan hidup. Air limbah yang seharusnya diolah dulu sebelum dibuang ke sungai atau air tanah meliputi: limbah wc, limbah cuci, dan limbah

khusus misalnya industri rumah tangga (tahu, tempe, sablon, dll) atau ternak (sapi, kambing, babi dll).

2.4 Pengolahan Limbah Cair

Tujuan pengolahan air limbah adalah mengurangi BOD, partikel terlarut, membunuh mikroorganisme yang bersifat patogen serta menetralkan atau menekan seminimal mungkin zat kimia yang bersifat racun pengolahan limbah dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologi.

2.4.1 Pengolahan limbah menurut tingkatannya

Tingkatan pengolahan limbah tergantung dari jenis dan kondisi limbah. Adapun secara umum pengolahan menurut tingkatannya dibagi menjadi empat bagian utama yaitu : (Bambang, 2019)

1) Pengolahan Pendahuluan

Dalam air limbah terkandung padatan terapung atau melayang. Padatan ini dapat berupa lumpur, pasir sisa kain, sisa kulit dan sebagainya. Umumnya bahan tersebut mudah dilihat dengan mata biasa karena mengakibatkan air menjadi kotor. Untuk mengatasinya digunakan saringan berbahan kawat baja yang dianyam atau jeruji besi. Ukuran saringan juga bervariasi, yaitu saringan kasar (d. 50 mm), saringan sedang (d. 12mm - 40mm), dan saringan halus (d.l.6 mm – 3 mm).

2) Pengolahan Penama (primary treatment)

Padatan kotor dan terlarut yang tidak terjaring pada pengolahan pendahuluan perlu dihilangkan guna memudahkan proses pengolahan selanjutnya. Untuk membersihkan padatan yang tersisa dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara fisik dan secara kimia. Pengolahan secara fisik melalui pengendapan dengan menyediakan kolam dengan luas tertentu, sedangkan secara kimia adalah dengan menambahkan zat kimia yang bersifat koagulan untuk mempercepat proses pengendapan. Jadi pengendapan adalah kegiatan utama pada tahap ini.

3) Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Pada tahap ini yang terjadi lebih banyak proses biologis. Tujuannya mengurangi zat organik melalui biokimia oksidasi dengan cara memanfaatkan mikroorganisme. Proses ini oleh beberapa faktor diantaranya jumlah air buangan dan luas areal. Dalam tingkat ini digunakan unit aerasi, reaktor lumpur aktif dan kolam stabilisasi

4) Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)

Tahap ini dilakukan untuk menghilangkan senyawa kimia anorganik seperti Calcium, Kalium, Sulfat, Nitrat, Sulfur serta senyawa kimia organik. Proses fisika, kimia, biologi yang terjadi pada pengolahan tingkat ini antara lain; filtrasi, destilasi, pengapungan, pembekuan, stripping dan lain lain.

2.4.2 Pengolahan limbah menurut karakteristiknya

Menurut sifat limbah, maka proses pengolahannya dapat digolongkan menjadi 3 yaitu proses fisika, kimia dan biologis. proses ini tidak hanya berjalan sendiri-sendiri, namun terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi.

1) Metode pengolahan secara fisik

- a. Penyaringan
- b. Pengecilan ukuran
- c. Pengendapan
- d. Bak pengendap.

2) Metode pengolahan kimiawi

- a. Pengendapan kimiawi
- b. Klorinasi

3) Metode Pengolahan Biologis

- a. Proses secara aerob yang merupakan pengolahan limbah pada kondisi tersedia oksigen bagi bakteri untuk menguraikan limbah.
- b. Proses secara anaerob, yaitu pengolahan pada kondisi tanpa adanya oksigen sehingga bakteri anaerob menguraikan zat organik menjadi gas metan dan gas CO₂.

- c. Proses fakultatif, yaitu pengolahan limbah dimana bakteri yang ada mempunyai kemampuan adaptasi tinggi, maksudnya bakteri tersebut mampu bertahan pada kondisi aerob maupun anaerob. Unit yang digunakan yaitu unit aerasi (reaktor lumpur aktif) dan kolam stabilisasi.

2.5 Karakteristik Air Limbah

Air limbah adalah air dari suatu daerah pemukiman yang telah dipergunakan untuk berbagai keperluan, harus dikumpulkan dan dibuang untuk menjaga lingkungan hidup yang sehat dan baik (Sholichin, M,2012). Berdasarkan persenyawaannya yang terkandung dalam air limbah, maka sifat air dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu; (Sugihato, 2008).

1. Sifat fisik
2. Sifat kimia
3. Sifat biologis

Dengan pengamatan dari ketiga sifat tersebut secara seksama akan sangat berguna dalam menetapkan jenis parameter pencemar yang terdapat didalamnya.

2.5.1 Parameter fisik

Sifat fisik dapat dilihat dengan mata dan dirasakan secara langsung, misal dengan memperhatikan kekeruhan, bau, temperatur dan warna dari air. (Sholichin, M,2012).

a. Kekeruhan

Terdiri dari benda kasar yang mengendap atau tidak terlarut dan benda tercampur/tersuspensi. Misal : partikel di atas ukuran 10 mikron (10-4 mikron) dapat disaring atau diendapkan, sedangkan ukuran di bawah 1 mikron memerlukan satu atau lebih cara pemisahan yang lebih tinggi. Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang mengakibatkan terbatasnya cahaya yang masuk ke dalam air. Hal ini terjadi karena adanya bahan terapung lumpur yang melayang dan juga terurainya zat-zat tertentu seperti bahan organik dan jasad renik.

b. Bau

Timbul karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menguraikan zat organik atau dari reaksi kimia yang terjadi dan menghasilkan gas tertentu. Bau biasanya timbul pada limbah yang sudah lama, tetapi ada juga yang muncul pada limbah baru misalnya limbah kulit atau limbah penyedap rasa. Pembusukan air limbah adalah merupakan sumber dari bau air limbah (Sugiharto, 2008).

c. Warna

Warna dapat berasal dari zat pewarna. Warna juga merupakan ciri kualitatif untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Jika coklat, umur air kurang dari 6 jam. Warna abu-abu muda, abu-abu setengah tua tandanya air sedang mengalami pembusukan oleh bakteri. Jika abu-abu tua - hitam berarti sudah busuk akibat bakteri. Warna adalah ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Air buangan industri serta bangkai benda organik yang menentukan warna air limbah itu sendiri (Sugiharto, 2008).

2.5.2 Parameter Kimia

Air limbah tentunya mengandung berbagai macam zat kimia. Bahan organik pada air limbah dapat menghabiskan oksigen serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih (Sugiharto, 2008). Pengujian kimia yang utama adalah yang bersangkutan dengan amonia bebas, nitrogen organik, nitrit, nitrat, fosfor organik dan fosfor anorganik. Bahan kimia yang terdapat dalam zat cair menentukan tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan. Semakin besar jumlah zat kimia yang terkandung maka semakin terbatas penggunaan air tersebut. Sifat kimia terdiri dari kimia organik dan kimia anorganik. Yang termasuk kimia organik adalah zat kimia yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N) atau dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Kimia anorganik adalah zat kimia yang tidak mengandung unsur tersebut diatas, antara lain besi (Fe), krom (Cr), mangan (Mn), belerang (S) dan logam berat seperti timbal (Pb).

2.5.3 Ciri-ciri biologis

Pemeriksaan biologis di dalam air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri pathogen berada di dalam air limbah. Berbagai jenis bakteri yang terdapat di dalam air limbah sangat berbahaya karena menyebabkan penyakit. Kebanyakan bakteri yang terdapat dalam air limbah merupakan bantuan yang sangat penting bagi proses pembusukan bahan organik. Parameter ini merupakan salah satu cara guna mengukur kualitas air, terutama bagi kebutuhan air minum. Dapat juga digunakan untuk memperkirakan tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke sungai. Untuk mengkaji layak atau tidaknya hasil olahan dibuang ke perairan (sungai atau danau) biasanya digunakan senyawa kloroform. Zat ini juga dapat digunakan untuk menguji efektivitas proses klorinasi serta menguji kemungkinan adanya bakteri yang bersifat patogen. Adanya mikroorganisme mempunyai peran yang sangat penting dalam proses pembusukan bahan organik. Mikroorganisme tersebut antara lain:

A. Bakteri

Merupakan organisme kecil bersel satu dengan ukuran 0.5-3 mikron yang menggunakan bahan organik sebagai bahan makanan. Semakin banyak bahan organik yang tersedia maka pertumbuhan bakteri juga akan semakin cepat hingga persediaan makanan tersebut menjadi habis. Dengan ukuran yang sekecil itu maka bakteri bisa terdapat di air, tanah dan udara. Bakteri ada yang bersifat patogen dan non patogen. Contoh bakteri pathogen antara lain; *Salmonella* spp, bakteri coli, *Salmonella typhosa* dll, sedangkan yang non patogen antara lain; *Azotobacter* dan *Nitrobacter*. Hal-hal yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri antara lain:

1) Suhu.

Suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri adalah 20-38°C. Namun ada juga bakteri tertentu yang mampu tumbuh dengan baik pada suhu dibawah ataupun diatas suhu optimum.

2) Kelembaban.

Kelembaban sangat mendukung pertumbuhan bakteri. Sinar matahari, dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pada media yang terkena sinar matahari langsung dengan kandungan sinar ultraviolet yang ada didalamnya dapat merusak dinding sel bakteri.

3) Zat kimia.

Beberapa zat kimia tertentu dapat menyebabkan larutnya dinding sel bakteri sehingga dapat membunuh bakteri.

B. Jamur dan ganggang

Jamur juga mampu menguraikan bahan organik. Karena tidak melakukan proses fotosintesis, jamur dapat tumbuh di daerah lembab dengan pH rendah dimana pada kondisi tersebut bakteri sulit untuk bertahan hidup. Ganggang berbeda dengan jamur dan bakteri. Karena mampu melakukan fotosintesis, maka ganggang dapat menghasilkan oksigen.

2.6 Teknologi Pengolahan Air Limbah

2.6.1 Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biologis

Di dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikro-organisme bisa disebut dengan "Proses Biologis".

Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik.

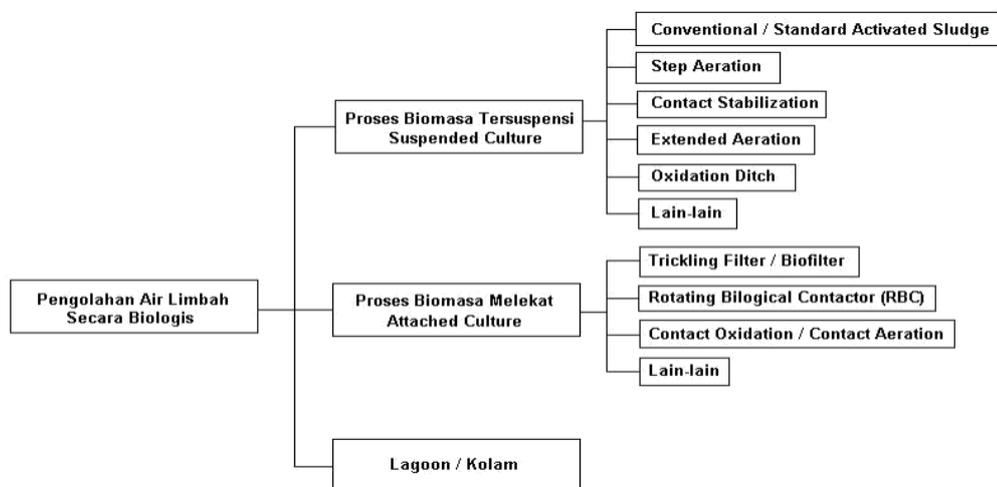
Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

- a. Proses biologis dengan biakan tersuspensi (suspended culture) Proses biakan dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikro-organisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor.

b. Proses biologis dengan biakan melekat (attached culture)

Proses biologis dengan biakan melekat yakni pengolahan limbah dimana mikro-organisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikro-organisme tersebut melekat pada permukaan media. Proses ini disebut juga dengan proses bio film atau film mikrobiologis.

c. Proses Pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikro-organisme yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian atau memperpendek waktu tinggal dapat juga dilakukan proses aerasi. Peroses dengan sistem lagoon tersebut kadang-kadang dikategorikan sebagai proses biologis dengan biakan tersuspensi.



Gambar2.1: Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis Aerobik Gesuidou Shissetsu Shisin To Kaisetsu, Nihon Gesuidou Kyoukai 1984.

Table 2.3: Karakteristik Operasional Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biologis.

JENIS PROSES		EFISIENSI PENGHILANGAN BOD(%)	KETERANGAN
PROSES BIOMASA TERSUSPENSI	Lumpur Aktif Standar	85-95	
	Step Aertion	85-95	Digunakan untuk beban pengolahan yang besar.
	Modified Aeration	60-75	Untuk pengolahan dengan kualitas air olahan sedang.
	Contact Stabilization	80-90	Digunakan untuk pengolahan paket. Untuk mereduksi akses lumpur.
	Higt Rete Aeration	75-90	Untuk pengolahan paket,bak aerasi dan bak pengendap akhir merupakan satu Paket. Memerlukan area yang kecil.
	Pure Oxygen Process	85-95	Untuk Pengolahan air limbah yang sulit diuraikan secara biologis. Memerlukan area yang kecil.
	Oxidation Ditch	75-95	Konstruksinya mudah, tetapi memerlukan area yang luas.
PROSES BIOMASA MELEKAT	TricklingFilter	80-95	Sering timbul lalat dan bau.Proses operasinya mudah.
	Rotating Biological contactor	80-95	Kosumsi energy rendah, produksi lumpur kecil.Tidak memerlukan proses aerasi.
	Contact Aeration Process	80-95	Memungkinkan untuk penghilangan nitrogen dan phosphor.
	Biofilter Anaerobic	65-85	Memerlukan waktu tinggal yang lama, lumpur yang terjadi kecil.
LAGOON	Kolam Stabilasi	60-80	Memerlukan waktu tinggal yang cukup lama,dan area yang dibutuhkan sangat luas.

(Sumber: KEMENTRIAN KESEHATAN RI, PEDOMAN TEKNIS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Tabel 2.4: Parameter Perencanaan pengolahan Air Limbah dengan Proses Biologis Aerobik.³

JENIS PROSES		BEBAN BOD		MLSS (mg/l)	QA/Q	T (jam)	EFISIENSI PENGHILANGAN BOD (%)
		Kg/kg SS.d	Kg/M ³ .d				
PROSES BIOMASA TERSUSPENSI	Lumpur Aktif Standar	0,2 - 0,4	0,3 - 0,8	1500 - 2000	3-7	6-8	85-95
	Step Aeration	0,2 - 0,4	0,4 - 1,4	1000 - 1500	3-7	4-6	85-95
	Modified Aeration	1,5 - 3,0	0,6 - 2,4	400 - 800	2 - 2,5	1,5 - 30	60-75
	Contact Stabilisation	0,2	0,8 - 1,4	2000 - 8000	≥12	≥5	80-90
	High Rate Aeration	0,2 - 0,4	0,6 - 2,4	3000 - 6000	5-8	2-3	75-90
	Pure Oxygen Process	0,03 - 0,004	1,0 - 2,0	3000 - 4000	-	1-3	85-95
	Oxidation Ditch	0,03 - 0,04	0,1 - 0,2	3000 - 4000	-	24-48	75-95
	Extended Aeration	0,03 - 0,05	0,15 - 0,25	3000 - 6000	≥15	16-24	75-95

(Sumber: KEMENTERIAN KESEHATAN RI, PEDOMAN TEKNIS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH).

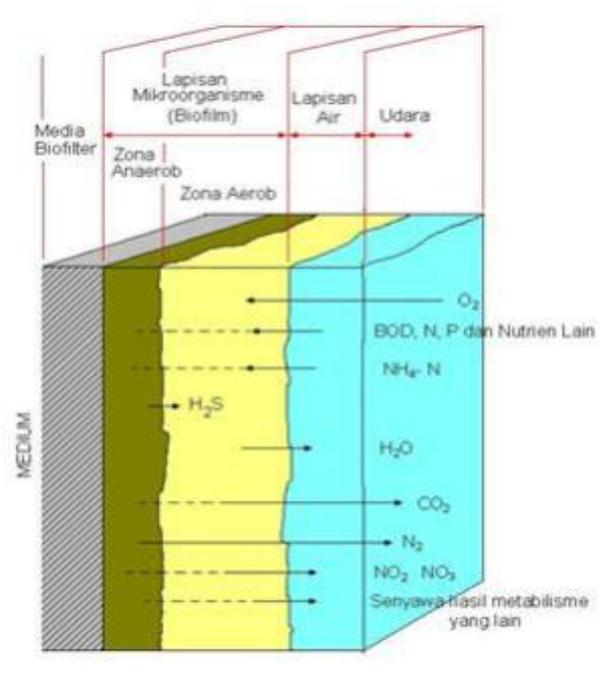
2.6.2 Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Tercelup

2.6.2.1 Proses Biofilter

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah kedalam reaktor biologis yang didalamnya diisi dengan media penyangga untuk mengembangbiakkan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobic dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Posisi media biofilter tercelup dibawah permukaan air.

Mekanisme proses metabolisme didalam sistem biofilm secara aerobik secara sederhana dapat diterangkan pada Gambar 2.1 gambar tersebut menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan lapisan udara yang terletak diluar. Senyawa polutan yang ada didalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD,COD), amonia, fosfor dan lainnya akan terdifusi kedalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut didalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada didalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Suplay oksigen pada lapisan biofilm dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya pada sistem RBC, yakni dengan cara kontak dengan udara luar pada sistem "Trickling Filter" dengan aliran balik udara. Sedangkan pada sistem biofilter tercelup, dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi.

Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas $H_2 S$, dan jika konsentrasi terlarut cukup besar, maka gas $H_2 S$ yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm.



Gambar 2.2: Mekanisme Proses Metabolisme di dalam Sistem Biofilm
Disesuaikan dari Viessman and Hamer (1985), Hikami (1992).

2.6.2.2 Proses Biofilter Anaerob

Secara garis besar penguraian senyawa organik secara anaerob dapat dibagi menjadi dua yakni penguraian satu tahap dan penguraian dua tahap.

1. Penguraian satu tahap

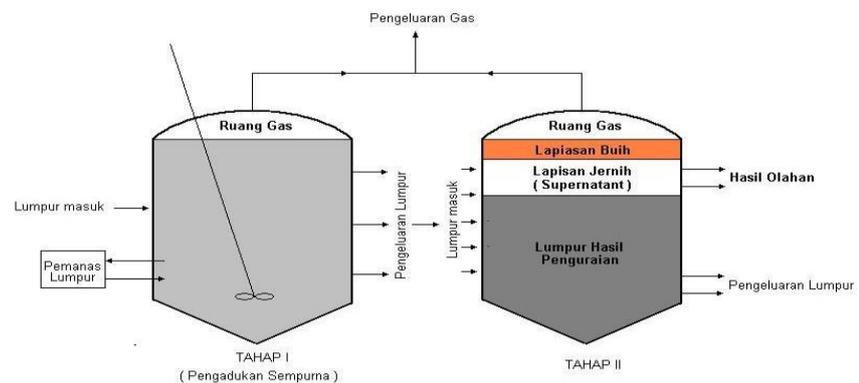
Penguraian anaerobik membutuhkan tangki fermentasi yang besar, memiliki pencampur mekanik yang besar, pemanasan, pengumpul gas, penambahan lumpur, dan keluaran supernatan (Metcalf dan Eddy, 1991). Penguraian lumpur dan pengendapan terjadi simultan dalam tangki. Stratifikasi lumpur dan membentuk lapisan berikut dari atas: lumpur hasil penguraian, lumpur pengurai aktif, lapisan supernatant (jernih), lapisan buih (skum), dan ruang gas. Hal ini secara umum ditunjukkan seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Penguraian Anaerob Satu Tahap.

2. Penguraian Dua Tahap

Proses ini membutuhkan dua tangki pengurai (reaktor) yakni satu tangki berfungsi mencampurkan secara terus-menerus dan pemanasan untuk stabilisasi lumpur, sedangkan tangki yang satu lagi untuk pemekatan dan penyimpanan sebelum dibuang ke pembuangan. Proses ini dapat menguraikan senyawa organik dalam jumlah yang lebih besar dan lebih cepat. Secara sederhana proses penguraian anaerob dua tahap dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.4



Gambar 2.4: Penguraian Anaerob Dua Tahap.

2.6.2.3 Proses Biofilter Aerob

Berbeda dengan proses anaerob, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah, sehingga prosesnya ditempatkan sesudah proses anaerob. Pada proses aerob hasil pengolahan dari proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hydrogen maupun karbondioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen.

➤ **Penghilangan Zat Organik**

Zat organik dapat disisihkan secara biologi yang tergantung dari jumlah oksigen terlarut, jenis mikroorganisme dan jumlah zat pengurai. Adanya O_2 menyebabkan proses oksidasi aerob dapat berlangsung, bahan-bahan organik akan dirubah menjadi produk akhir yang relatif stabil dan sisanya akan disintesis menjadi mikroba baru.

➤ **Penghilangan Amoniak**

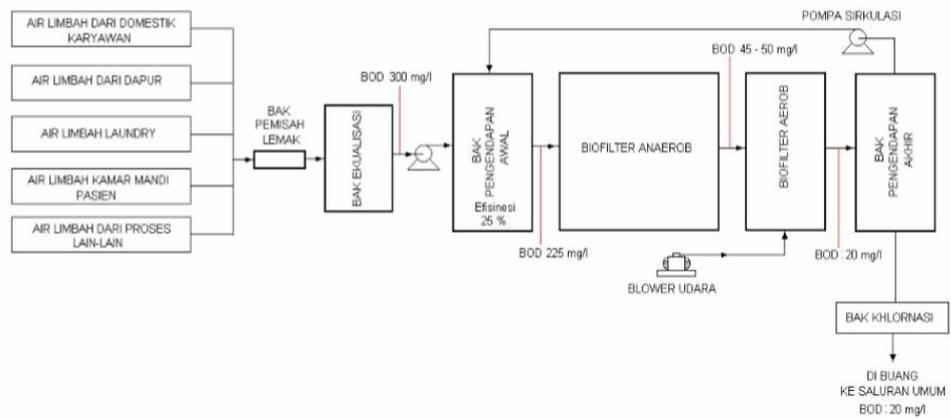
Didalam proses biofiltrasi, senyawa amoniak akan diubah menjadi nitrit, kemudian senyawa nitrit akan diubah nitrat.

2.6.2.4 Proses Biofilter Anaerob Aerob

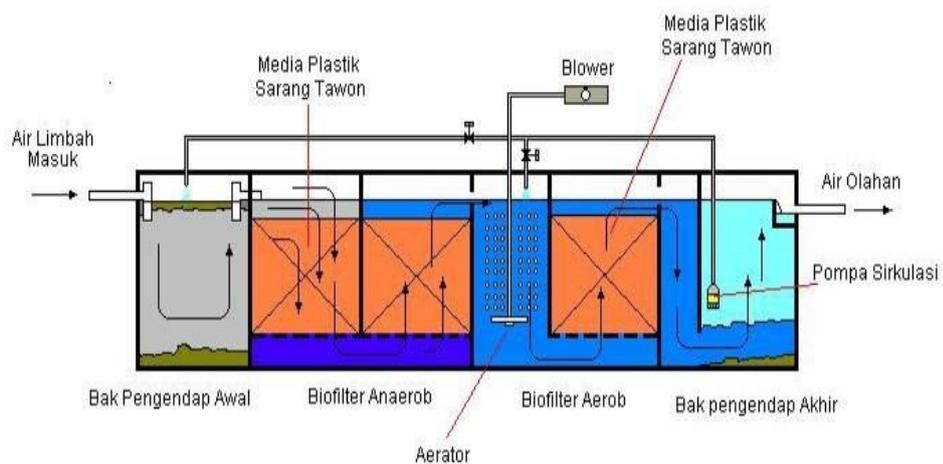
Pengolahan air limbah dengan proses Biofilter Anaerob-Aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob, polutan organik yang ada didalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metan tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi amoniak dan gas hidrogen sulfide ($H_2 S$) 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 olahan air 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 ($H_2 O$), 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. Pengolahan Air Limbah Proses Biofilter Anaerob Aerob Seluruh limbah dialirkan masuk ke bak pengumpul atau bak ekualisasi, selanjutnya dari bak ekualisasi air limbah dipompa ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan pertikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (sludge digestion) dan penampung lumpur. Selama proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob-aerob dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke reaktor biofilter anaerob. Didalam reaktor biofilter anaerob tersebut diisi dengan media dari bahan plastik tipe srang tawon. Reaktor filter anaerob terdiri dari dua buah ruangan. Pengurai zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerob atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap.



Gambar 2.5 Diagram Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilter Anaerob-aerob.

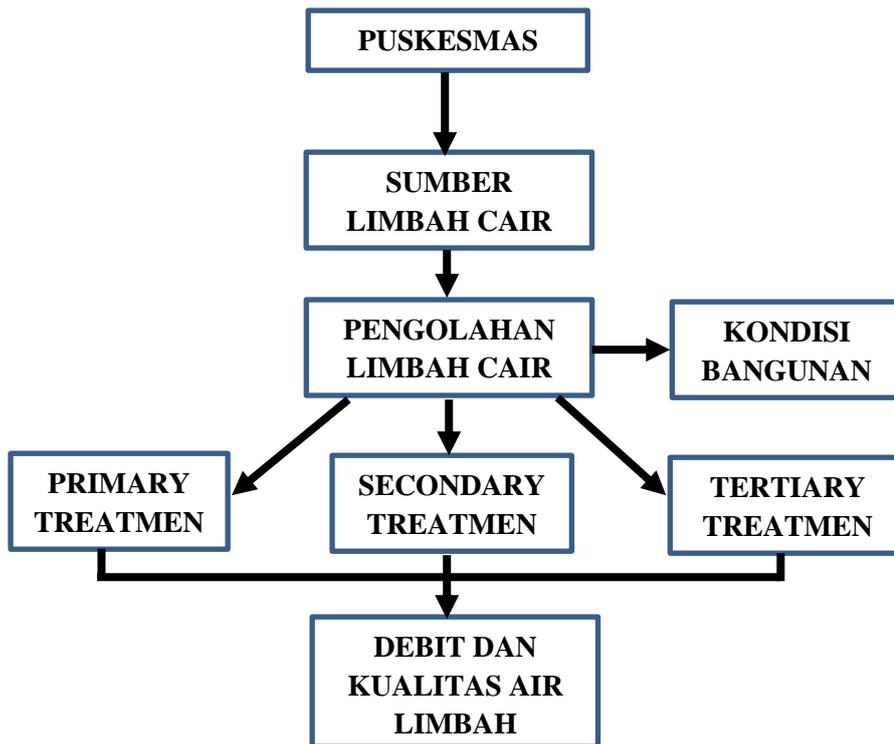


Gambar 2.6: Diagram Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob.

Sumber : <https://bangazul.com/proses-biofilter-anaerob-aerob/>

2.7 Kerangka Teori

Berikut Kerangka Teori yang peneliti rangkum dan gambarkan dalam penelitian tentang evaluasi Pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Puskesmas Rawat Inap Tata Karya.

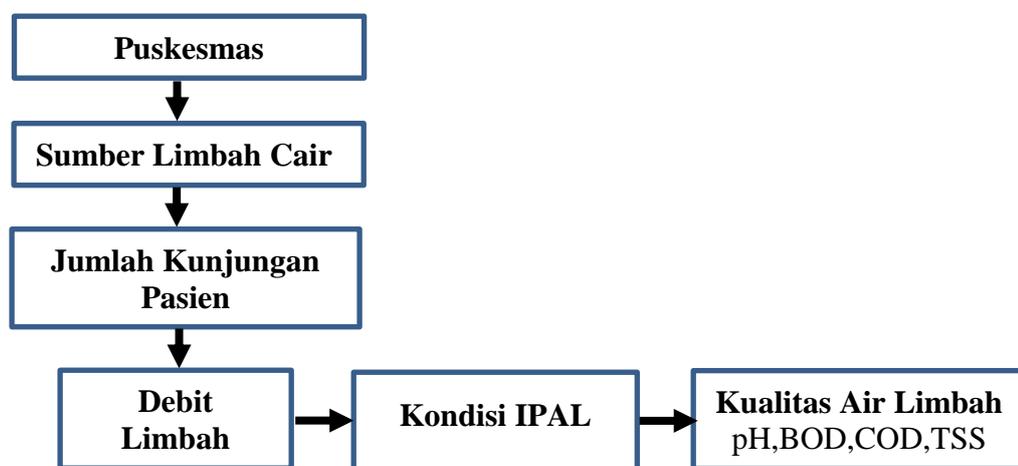


Gambar 2.7: Diagram Kerangka Teori

2.8 Kerangka Konsep

Kerangka Konsep adalah suatu uraian dan visualisasi tentang hubungan atau kaitan antara konsep-konsep atau variable yang akan diukur melalui penelitian yang akan dilakukan (Notoatmodjo,2012).

Berikut diagram Kerangka Konsep yang digambarkan peneliti dalam penelitian “Evaluasi Pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Puskesmas Rawat Inap Tata Karya Kecamatan Abung Surakarta Tahun 2022.



Gambar 2.8: Diagram Kerangka Konsep

2.9 Definisi Operasional

NO	VARIABEL	PENGERTIAN	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR	SKALA UKUR
1.	Sumber air limbah Puskesmas	Setiap ruangan yang menghasilkan air limbah dan mengalirkan limbah cair ke IPAL	Pengambilan Sampel menggunakan botol.	- Botol Sampel	Jumlah ruangan yang menghasilkan limbah cair	Interval
2.	BOD	BOD (Biological Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik terlarut dan tersuspensi dalam keadaan aerobik (Wardhana, 2001)	Sampel dimasukkan ke dalam larutan erlenmeyer tutup asah, sampel ditutup dan dikocok dengan membolak-balikkan botol, hingga terbentuk endapan. Ditambahkan 1 ml H ₂ SO ₄ melalui dinding botol, kemudian ditutup dan dikocok kembali sampai endapan larut, lalu dititrasi dengan Natrium Thiosulfat sampai warna kuning muda, ditambahkan 1-2 ml indikator kanji sampai warna biru dan titrasi dilanjutkan hingga warna biru hilang.	- Buret - Statif - Erlenmeyer - Botol Winkler dan lain-lain	Mg/L	Interval

3.	COD	COD merupakan penentuan kadar oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi bahan kimia dalam suatu limbah, keberadaan COD di dalam lingkungan sangat ditentukan oleh limbah organik, secara umum konsentrasi COD yang tinggi dalam air, menunjukkan adanya bahan pencemar organik dalam jumlah banyak. (Hidayat (2016)	Sampel dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, ditambahkan 1 gr Hg ₂ SO ₄ , 1 ml K ₂ Cr ₂ O ₇ , 3 ml reagen, kemudian mulut tabung ditutup, dikocok hingga homogen. Kemudian tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD, dibiarkan selama 2 jam. Setelah itu, larutan tersebut ditambahkan indikator ferroin dan dititrasi dengan Ferro Ammonium Sulfat.	<ul style="list-style-type: none"> - Pipet 5 ml - Reagen - COD Reaktor - Tabung Erlenmeyer 	Mg/L	Interval
4.	TSS	TSS merupakan padatan yang terapat pada air limbah. Padatan ini dapat berupa bahan organik ataupun mikroorganisme (Ulfa Situmorang,Ulfa,2019)	Pengujian dilakukan dengan penyaringan menggunakan kertas saring, lalu dikeringkan dalam oven hingga diperoleh berat tetap	<ul style="list-style-type: none"> - Necara Analitik - Cawan - Oven dan lain lain 	Mg/L	Interval
5.	pH	pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan (Zulius, 2017)	PH Meter dicelupkan ke wadah berisi sampel	PH meter	Memenuhi syarat : 0-6 Tidak Memenuhi syarat : 8-14	Ordinal

