

LITERATURE REVIEW
**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BERBAGAI MEDIA FILTER
PADA SISTEM BIOFILTER ANAEROB-AEROB TERHADAP
PENURUNAN KADAR *BIOCHEMICAL OXIGEN DEMAND*
(BOD) DAN *CHEMICAL OXIGEN DEMAND* (COD) PADA
LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT**

KARYA TULIS ILMIAH

**Diajukan dalam seminar usulan penelitian yang akan digunakan dalam
penyusunan Karya Tulis Ilmiah pada Program Studi Diploma III Analis
Kesehatan Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Karsa Husada Garut**

**MEISA TRIRIZKIA
NIM KHGE18043**



**SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN KARSA HUSADA GARUT
PROGRAM STUDI D-III ANALIS KESEHATAN
2021**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, KTI ini, adalah asli dan belum pernah di ajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Amid Kes), baik dari STIKes Karsa Husada maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam masalah pengarang dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di STIKes Karsa Husada Gurut.

Gurut, April 2021

Yang membuat pernyataan

(Nissa Triandita)

NIM. KHGE18043

LEMBAR PERSETUJUAN

NAMA : MEISA TRIRIZKIA
NIM : KHGE18043
**JUDUL : EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BERBAGAI MEDIA
FILTER PADA SISTEM BIOFILTER ANAEROB-AEROB
TERHADAP PENURUNAN KADAR BOD DAN COD PADA
LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT: *LITERATURE REVIEW***

KARYA TULIS ILMIAH

Dijjukan Untuk Menempuh Ujian Pada Program Studi D-III Analis Kesehatan
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Karya Husada Garut

Garut, April 2021

Mengetahui,
Pembimbing



Rina Hertina, SKM, M.A.

**LEMBAR PERSETUJUAN
SIDANG KARYA TULIS ILMIAH**

Yang berandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa:

Nama : MEISA TRIWIKIA
NIM : KHGE18043
Program Studi : D-III Analisis Kesehatan SLIKes Karya Husein Gurat

Mahasiswa yang bersangkutan telah disetujui untuk melaksanakan seminar sidang penelitian dengan judul:

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BERBAGAI MEDIA FILTER PADA
SISTEM BIOFILTER ANAEROB-AEROB TERHADAP PENURUNAN
KADAR BOD DAN COD PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT:
*LITERATURE REVIEW***

Dengan persetujuan ini kami bersetujuan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya

Gurat, April 2021

Pembimbing


Rina Hertina, SKM, M.A.

LEMBAR PENGESAHAN

NAMA : MEISA TRIRIZKIA

NIM : KHGE18043

JUDUL : *LITERATURE REVIEW*
EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BERBAGAI MEDIA
FILTER PADA SISTEM BIOFILTER ANAEROB-AEROB
DALAM MENURUNKAN KADAR BOD DAN COD PADA
LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT

KARYA TULIS ILMIAH

Karya tulis ilmiah ini telah disidangkan dihadapan
Tim Penelaah Program Studi D-III Analisis Kesehatan
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan
Karsa Husada Garut

Garut, April 2021

Menyetujui,

Penguji I



Zahara Farhan, M.Kep

Penguji II



N. Ai Erlinawati, M.Pd

Mengetahui,
Ketua Prodi. D-III Analisis Kesehatan



Muhammad Hadi Sulhan, S.Si., M.Sc

Mengesahkan,
Pembimbing



Rina Herlina, SKM, MA

ABSTRAK

Efektivitas Penggunaan Berbagai Media Filter Pada Sistem Biofilter Anaerob-Aerob Terhadap Penurunan Kadar BOD dan COD Pada Limbah Cair Rumah Sakit: *Literature Review*

Terdiri dari V BAB, 68 Halaman, 4 Tabel, 1 Lampiran

Limbah cair rumah sakit memiliki kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang cukup tinggi serta mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan pencemaran udara, air, tanah, makanan dan minuman. Pengolahan limbah sistem biofilter anaerob-aerob merupakan pengolahan yang menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Pada sistem ini digunakan media filter sebagai tempat pelekatan dan pertumbuhan bakteri pengurai. Media filter tersebut yaitu salah satu faktor yang berpengaruh terhadap efektivitas penurunan BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit. Penelitian ini menggunakan metode studi literature review. Pencarian artikel dilakukan dengan pencarian google scholar dengan menggunakan kata kunci biofilter anaerob-aerob+limbah cair rumah sakit. Diperoleh 4 jurnal yang relevan sesuai dengan tema penelitian yang terdiri dari jurnal kesmas (1 buah), jurnal kesehatan lingkungan (2 buah), jurnal mahasiswa dan peneliti kesehatan (1 buah). Dari keempat jurnal tersebut diperoleh hasil efektivitas media filter Sarang tawon (BOD 90%, COD 89,56%), bata styrofoam (BOD 93,65%, COD 94,19%), botol kemasan air mineral 330 ml (BOD 73,29%, COD 76,94%) dan sputum bekas (BOD 55,21%, COD 45,92%). Dapat disimpulkan bahwa dari ke-4 jurnal tersebut penggunaan media filter efektif menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit.

Kata Kunci : Limbah Cair Rumah Sakit, BOD, COD, Biofilter Anaerob-Aerob, Media Filter.

Pustaka : 14 Artikel Penelitian, 12 buah Buku (2015-2020)

ABSTRACT

Effectiveness of Using Various Filter Media in Anaerobic-Aerobic Biofilter System Against Decreasing BOD and COD Levels in Hospital Liquid Waste: Literature Review

Consists of V BAB, 68 pages, 4 Tables, 1 Enclosure

Hospital liquid waste contains Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) is high enough and pathogenic microorganisms that can cause air, water, soil, food and beverage pollution. The waste treatment of anaerobic-aerobic biofilter system is a treatment that combines anaerobic biofilter process and an aerobic biofilter process. In this system, filter media is used as a place for adhesion and growth of decomposing bacteria. The filter media is one of the factors that influence the effectiveness of reducing BOD and COD in hospital wastewater. This study uses a literature review study method. Article searches were carried out by google scholar search using the keywords anaerobic-aerobic biofilter + hospital wastewater. Obtained 4 journals relevant to the research theme consisting of public health journals (1 unit), environmental health journals (2 pieces), student journals and health researchers (1 unit). From the four journals, the results of the effectiveness of the wasp nest filter media (BOD 90%, COD 89.56%), styrofoam bricks (BOD 93.65%, COD 94.19%), 330 ml mineral water bottles (BOD 73.29) were obtained. %, COD 76.94%) and used syringes (BOD 55.21%, COD 45.92%). It can be concluded that from the 4 journals the use of filter media was effective in reducing BOD and COD levels in hospital wastewater.

Keywords : *Hospital Liquid Waste, BOD, COD, Anerobic-Aerobic Biofilter, Filter Media.*

Bibliography : *14 Research Articles, 12 Books (2015-2020)*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Karya Tulis Ilmiah ini dengan judul **“Efektivitas Penggunaan berbagai media filter pada system biofilter anaerob aerob terhadap penurunan kadar *biochemical oxygen demand (BOD)* dan *chemical oxugen demand (COD)* pada limbah cair rumah sakit”**, sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Diploma III di Program Studi Analisis Kesehatan STIKes Karsa Husada Garut.

Dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini, penulis banyak mengalami hambatan dan kesulitan, namun berkat dukungan, bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan proposal Karya Tulis Ilmiah ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi kelancaran dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
2. Dr. H. Hadiat, MA selaku Ketua Pembina Yayasan Dharma Husada Insani Garut.
3. H. D. Saepudin, S.Sos, M.Kes selaku Ketua Pengurus Yayasan Dharma Husada Insani Garut.
4. H. Engkus Kusnadi, S.Kep, M.Kes selaku Ketua STIKes Karsa Husada Garut.
5. Muhammad Hadi Sulhan, S.Si, M.Sc selaku Ketua Program Studi DIII Analisis Kesehatan.

6. Rina Herlina, SKM, M.A selaku pembimbing dalam pembuatan Karya Tulis Ilmiah ini.
7. Zahara Farhan, M.Kep dan N. Ai Erlinawati, M.Pd selaku penguji.
8. Seluruh Dosen Pengajar Program Studi D-III Analis Kesehatan yang telah memberi ilmu dan pengetahuan selama hampir 3 tahun ini.
9. Kedua Orang Tua Saya, dan keluarga besar yang selalu memberikan doa dan *support* tiada hentinya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.
10. Teman-teman mahasiswa Program Studi DIII Analis Kesehatan, Khususnya kelas 3B yang telah sama-sama berjuang selama kuliah 3 tahun ini yang selalu memberikan semangat, dukungan serta memberikan saran-saran yang bermanfaat bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak ketidaksempurnaan dan kekurangan dalam penulisan karya tulis ilmiah ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dalam karya tulis ilmiah ini. Semoga karya tulis ilmiah ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca.

Garut, April 2021

Meisa Tririzkia
KHGE 18043

DAFTAR ISI

Lembar Judul.....	i
Lembar Pernyataan.....	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Lembar Persetujuan Sidang Karya Tulis Ilmiah	iv
Lembar Pengesahan	v
Abstrak (Indonesia).....	vi
Abstrak (Inggris).....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.4.1 Manfaat Teoritis	6
1.4.2 Manfaat Praktis	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Rumah sakit.....	7
2.1.2 Kegiatan rumah sakit.....	8
2.1.3 Limbah rumah sakit.....	8
2.1.4 Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit	10
2.1.5 Dampak bagi kesehatan.....	22
2.1.6 Standar baku mutu limbah rumah sakit.....	22
2.1.7 Biofilter Anaerob-Aerob	22
2.1.8 Proses pengolahan air limbah sistem anaerob-aerob	23
2.1.9 Proses pembentukan <i>biofilm</i>	25
2.1.10Kelompok bakteri pengurai limbah didalam reaktor biofilter Anaerob-Aerob.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Desain Penelitian.....	36

3.2 Strategi Pencarian.....	36
3.3 Kriteria Inklusi dan Ekslusi.....	36
3.3.1 PICO.....	37
3.3.2 Kriteria Inklusi	38
3.3.3 Kriteria Ekslusi.....	38
3.4 Jadwal Penelitian.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Penelitian	39
4.2 Pembahasan.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah rumah sakit.....	22
Tabel 3. 1 Jadwal penelitian.....	38
Tabel 4. 1 Hasil penelitian	39
Tabel 4. 2 Perbedaan efektivitas dan standar baku mutu	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses pengolahan air limbah proses biofilter anaerob-aerob.....	24
Gambar 2.2 Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem <i>biofilm</i>	26
Gambar 2.3 Kelompok bakteri metabolik yang terlibat dalam penguraian limbah dalam sistem anaerobik	28
Gambar 2.4 Neraca masa pada proses penguraian anaerobik (fermentasi metan)	30
Gambar 2.5 Proses penguraian hidrokarbon secara anaerobik menjadi metan..	31
Gambar 2.6 Proses penguraian senyawa lemak secara anaerobik menjadi metan	31
Gambar 2.7 Proses penguraian senyawa protein secara anaerobik.....	32
Gambar 2.8 Mekanisme proses penguraian amoniak di dalam <i>biofilm</i>	33
Gambar 3.1 Alur penelusuran artikel jurnal.....	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan jumlah rumah sakit di Indonesia semakin meningkat. Pengolahan data sistem informasi rumah sakit yang dilaporkan dalam Pertumbuhan Rumah Sakit di Indonesia, menyebutkan bahwa sejak tahun 2012 sampai dengan Juli tahun 2019 mengalami peningkatan sebesar 4,5%. Seiring dengan meningkatnya jumlah rumah sakit menyebabkan kemungkinan terjadinya pencemaran lingkungan dari limbah cair rumah sakit yang dihasilkan (Kemenkes RI, 2020).

Berdasarkan studi terhadap 100 rumah sakit di Pulau Jawa dan Bali menemukan bahwa setiap tempat tidur per hari menghasilkan limbah cair sebanyak 416,8 liter. Jika dikalkulasikan secara nasional, rumah sakit di Indonesia menghasilkan produksi limbah cair sebanyak 48.985.000 liter per hari (Alamsyah, 2007 dalam Sigalingging dkk., 2020). Limbah cair yang diproduksi tersebut merupakan pencemaran yang sangat potensial. Limbah tersebut berasal dari ruang rawat inap, laboratorium, ruang operasi, ruang hemodialisis, ruang radiologi, dapur gizi dan laundry. Limbah cair rumah sakit mengandung senyawa organik dan anorganik yang cukup tinggi serta mikroorganisme patogen yang mungkin dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat disekitarnya (Irnani dan Sugito, 2016). Parameter yang digunakan untuk Baku Mutu Limbah cair rumah

sakit sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014.

Beberapa parameter pencemaran limbah cair rumah sakit yang digunakan diantaranya *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan total oksigen yang dibutuhkan oleh sejumlah bakteri untuk menguraikan semua zat-zat organik yang terlarut maupun yang tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Sementara itu, *Chemical Oxygen Demand* (COD) didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik. Semakin tinggi senyawa organik dan anorganik pada air limbah maka nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) akan tinggi (Ethica, 2018). Tingginya konsentrasi BOD dan COD tersebut dapat menyebabkan oksigen terlarut rendah dan air menjadi kotor. Selain itu, bakteri akan menggunakan oksigen terlarut dalam air untuk melakukan proses pembusukan sehingga dapat merusak ekosistem dan menimbulkan bau busuk (Ahmad dan Adiningsih, 2019).

Undang-Undang nomor 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit pasal 4 menyebutkan bahwa pengolahan limbah merupakan syarat berdirinya rumah sakit. Tetapi berdasarkan hasil *Rapid Assessment* tahun 2007 yang dilakukan oleh Ditjen P2MPL Direktorat Penyediaan Air dan Sanitasi yang melibatkan dinas kesehatan Kabupaten/Kota, menyebutkan bahwa dari 1.476 rumah sakit yang ada hanya 233 atau 15,79% yang memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dari jumlah tersebut hanya 52% yang memenuhi syarat (Rahmat dan Mallongi, 2018).

Menurut Suwondo dkk (2016) yang melakukan survei penelitian terhadap pengolahan limbah cair pada salah satu rumah sakit di Pekanbaru menyebutkan bahwa kadar *Chemycal Oxygen Demand* (COD) limbah cair rumah sakit tersebut sebelum masuk instalasi pengolahan air limbah sebesar 606 mg/L sedangkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 289 mg/L. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014 nilai rujukan COD ≤ 80 mg/L dan nilai rujukan BOD ≤ 50 mg/L.

Beberapa cara yang umum dipakai untuk menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah yaitu dengan pengolahan limbah proses biologis. Proses tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu anaerob (tanpa udara), aerob (dengan udara), dan kombinasi anaerob aerob. Pengolahan anaerob yaitu proses penguraian bahan organik atau anorganik tanpa adanya oksigen, produk akhir dari degradasi anaerob adalah gas, metana (CH_4), dan karbondioksida (CO_2). Pengolahan aerob yaitu proses penguraian bahan organik atau anorganik dengan adanya oksigen, produk akhir dari degradasi aerob adalah Sulfat (SO_4^-), Nitrogen (N_2). Sedangkan proses Biofilter Anaerob-Aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob (Kemenkes RI, 2011).

Pengolahan limbah proses anaerob (tanpa udara) hanya mampu mengurai polutan organik menjadi metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), sedangkan amoniak (NH_4) tidak hilang. Amoniak (NH_4) tersebut akan diuraikan pada proses aerob menjadi ion nitrat (NO_3^-). Proses aerob digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses anaerob

digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. Pada proses gabungan anaerob-aerob air limbah akan mengalir dari proses anaerob ke proses aerob sehingga polutan organik dan anorganik akan terurai lebih optimal dan air olahan yang dihasilkan tidak akan mencemari lingkungan (Suwondo dkk 2016).

Pengolahan limbah proses anaerob mampu menurunkan kadar BOD sebesar 79,23% dan COD sebesar 86,76% (Anggarini dkk., 2015). Sementara itu, pengolahan proses aerob mampu menurunkan kadar BOD sebesar 88,8% dan COD sebesar 85,3% (Sari dkk., 2017). Sedangkan Hasil penelitian yang dilakukan oleh Suwondo dkk (2016), pengolahan menggunakan biofilter anaerob-aerob mampu menurunkan kadar BOD sebesar 96,5 %, dan COD sebesar 94 %. Oleh karena itu pengolahan limbah dengan proses anaerob-aerob paling efektif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit. Nilai-nilai tersebut telah sesuai dengan baku mutu limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pelayanan fasilitas kesehatan yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014 (W. M. Sari, 2015).

Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Efektivitas Penggunaan Berbagai Media Filter pada Sistem Biofilter Anaerob-Aerob Terhadap Penurunan Kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Cair Rumah Sakit”.

Pengolahan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan proses biofilter anaerob-aerob perlu ditinjau lebih lanjut karena proses ini efektif terhadap

penurunan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Berdasarkan hasil penelitian Sukadewi dkk (2020) yang melakukan observasional terhadap efektivitas sistem biofilter anerob-aerob pada pengolahan limbah cair rumah sakit BaliMed di Denpasar Bali diperoleh presentase nilai efektivitas dalam menurunkan parameter air limbah yaitu BOD sebesar 95,51% dan COD sebesar 90,32%.

1.2 Rumusan Masalah

Tingginya kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair rumah sakit merupakan dua indikator penyebab tercemarnya lingkungan, sehingga diperlukan suatu sistem pengolahan limbah untuk mengatasinya. Biofilter anaerob-aerob merupakan salah satu sistem yang paling efektif terhadap penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit sehingga hasil olahannya tidak mencemari lingkungan. Berdasarkan hal tersebut maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Bagaimanakah gambaran efektivitas penggunaan berbagai media filter pada sistem biofilter anaerob-aerob terhadap kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair rumah sakit?
- 2) Bagaimanakah proses penurunan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada sistem biofilter anaerob-aerob?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini menjelaskan gambaran bagaimana efektivitas penggunaan berbagai media filter pada sistem biofilter anaerob-aerob dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Dapat menambah ilmu pengetahuan, sebagai ajang pengembangan ilmu pengetahuan dan pengalaman penelitian dalam bidang bakteriologi terutama untuk efektivitas penggunaan berbagai media filter pada sistem biofilter anaerob-aerob dalam pengolahan limbah cair rumah sakit.

1.4.2 Manfaat Praktis

1) Bagi Instansi Rumah Sakit

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk rumah sakit dalam pengelolaan limbah yang ramah lingkungan.

2) Bagi Institusi Pendidikan

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai penunjang pembelajaran dalam praktikum mengenai efektivitas penggunaan berbagai media filter pada sistem biofilter anaerob-aerob dalam pengolahan limbah cair rumah sakit.

3) Bagi Institusi Lingkungan Hidup

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai data awal atau data dasar bagi dinas UKL-UPL dalam merumuskan kebijakan pengelolaan limbah di sarana pelayanan kesehatan.

BAB II

KAJIAN LITERATURE

2.1 Kajian Literature

2.1.1 Rumah sakit

WHO menyatakan bahwa Rumah sakit adalah suatu bagian menyeluruh (integral) dari organisasi sosial dan medis, yang mempunyai fungsi memberikan pelayanan kesehatan yang paripurna (komprehensif) kepada masyarakat baik kuratif maupun preventif, dimana pelayanan tersebut menjangkau keluarga dan lingkungan rumahnya, rumah sakit juga merupakan pusat untuk latihan tenaga kesehatan dan untuk penelitian bio-psiko-sosioekonomi-budaya. Berdasarkan Undang-Undang No.44 tahun 2009 Rumah Sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat.

Organisasi rumah sakit merupakan organisasi yang unik dan kompleks. Unik karena di rumah sakit terdapat suatu proses yang menghasilkan jasa perhotelan sekaligus jasa medik, perawatan dalam bentuk pelayanan kepada pasien yang melakukan rawat inap maupun yang berobat jalan, dan kompleks karena terdapat permasalahan yang sangat rumit dimana rumah sakit juga merupakan suatu organisasi padat karya dengan latar belakang pendidikan yang berbeda-beda, didalamnya terdapat berbagai fasilitas pengobatan, berbagai macam peralatan, dan yang dihadapi pun adalah orang-orang yang beremosi labil, tegang

emosional, karena sedang dalam keadaan sakit, termasuk keluarga pasien. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa pelayanan rumah sakit jauh lebih kompleks daripada sebuah hotel (Setyawan dan Supriyanto, 2019).

2.1.2 Kegiatan rumah sakit

Kegiatan rumah sakit sudah pasti menghasilkan berbagai macam limbah salah satunya limbah cair. Tidak hanya itu, proses kegiatan di dalam rumah sakit dapat mempengaruhi lingkungan sosial, budaya dan dalam menyelenggarakan upaya dimaksud dapat mempergunakan teknologi yang diperkirakan mempunyai potensi besar terhadap lingkungan. Limbah yang dihasilkan rumah sakit dapat membahayakan kesehatan masyarakat, yaitu limbah berupa virus dan kuman yang berasal dari Laboratorium Virologi dan Mikrobiologi yang sampai saat ini belum ada alat penangkalnya sehingga sulit untuk dideteksi (Noor, 2020).

2.1.3 Limbah rumah sakit

2.1.3.1 Air limbah rumah sakit

Limbah cair merupakan cairan yang dihasilkan dari proses produksi. Limbah cair ini umumnya akan dikumpulkan terlebih dahulu kemudian akan mengalami proses pengolahan atau pun kadangkala langsung di buang ke perairan atau lingkungan. Pembuangan limbah cair langsung ke lingkungan akan sangat membahayakan karena kemungkinan adanya bahan-bahan berbahaya dan beracun ataupun kandungan limbah yang ada tidak mampu dicerna oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan (Hidayat, 2016).

2.1.3.2 Sumber Air Limbah Rumah Sakit (Kemenkes RI, 2011)

Air limbah adalah seluruh air buangan yang berasal dari hasil proses kegiatan sarana pelayanan kesehatan. Jenis air limbah yang ada di fasilitas pelayanan kesehatan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1) Air limbah domestik

Meliputi air buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian.

2) Air limbah klinis

Meliputi air limbah yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya air bekas cucian luka, cucian darah dll.

3) Air limbah laboratorium klinik dan kimia

4) Air limbah radioaktif (tidak boleh masuk ke IPAL, harus mengikuti petunjuk dari BATAN)

Prosentase terbesar dari air limbah adalah limbah domestik sedangkan sisanya adalah limbah yang terkontaminasi oleh infectious agents kultur mikroorganisme, darah, buangan pasien pengidap penyakit infeksi, dan lain-lain.

Air limbah yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa organik yang cukup tinggi dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis. Air limbah yang berasal dari laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat yang apabila dialirkan ke dalam proses pengolahan secara biologis dapat mengganggu proses pengolahannya, sehingga perlu dilakukan pengolahan awal secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah.

Adapun sumber-sumber yang menghasilkan air limbah, antara lain :

1) Unit Pelayanan Medis

Unit pelayanan medis terdiri dari rawat inap, rawat jalan, rawat darurat, haemodialisa, bedah sentral dan rawat isolasi.

2) Unit Penunjang Pelayanan Medis

Unit penunjang layanan medis terdiri dari laboratorium, radiologi, farmasi, sterilisasi dan kamar jenazah.

3) Unit Penunjang Pelayanan Non Medis

Unit Penunjang Pelayanan Non Medis terdiri dari logistik, cuci (laundry), rekam medis, Mesjid, kantin, kesekretariatan, dan dapur gizi dll.

2.1.4 Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit

2.1.4.1 Karakteristik Fisika (Ethica, 2018)

Karakteristik fisika pada limbah cari ditentukan oleh beberapa parameter diantaranya sebagai berikut :

1) *Total suspended solids* (TSS)

Total suspended solids (TSS) didefinisikan sebagai partikel yang memiliki ukuran lebih besar dari 2 mikron, yang dapat ditemukan dalam lingkungan akuatik. Partikel yang memiliki ukuran lebih kecil dari rata-rata ukuran filter, yaitu 2 mikron dianggap sebagai padatan terlarut. Sebagian besar TSS atau padatan tersuspensi terdiri dari bahan anorganik, walaupun bakteri dan ganggang juga dapat berkontribusi pada konsentrasi total padatannya.

2) Kekeruhan (Turbidity)

Sifat kekeruhan (turbidity) air merupakan karakter yang dapat dilihat langsung secara visual karena adanya partikel kolonial yang terdiri dari tanah liat, bahan sisa, protein, dan ganggang yang terdapat dalam limbah cair. Kekeruhan diketahui merupakan sifat optik larutan. Sifat kekeruhan ini kurang menguntungkan karena membuat lingkungan akuatik kehilangan nilai estetikannya.

3) Warna

Warna yang tampak pada lingkungan akuatik umumnya disebabkan adanya ion-ion logam seperti besi, humus, plankton, tanaman air dan bahan sisa lainnya yang secara alami dapat terkandung dalam perairan. Warna yang teramati ini seringkali berinterferensi dengan parameter kekeruhan suatu lingkungan akuatik. Umumnya dengan menghilangkan kekeruhan terlebih dahulu, maka warna badan air akan dapat teramati dengan lebih terlihat nyata.

Disisi lain, warna badan air atau lingkungan akuatik dapat pula disebabkan zat zat terlarut dan zat tersuspensi yang berasal dari limbah. Warna badan air karena adanya limbah cair tentunya menimbulkan pemandangan yang tidak menyenangkan meskipun warna tidak selalu terkait dengan adanya bahan keracun. Karena itu upaya mengubah warna badan air seringkali dilakukan menggunakan bahan penyerap

4) Bau

Sifat bau limbah cair dapat disebabkan karena peruraian zat-zat organik dalam limbah yang menghasilkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak. Gas-gas tersebut menimbulkan bau yang tidak enak bagi indera penciuman karena adanya campuran dari bahan yang mengandung sulfur, nitrogen, dan fosfor. Pembusukan yang melibatkan campuran ketiga bahan sebenarnya berasal dari pembusak protein yang dikandung limbah, khususnya limbah organik. Timbulnya bau yang menusuk yang berasal dari limbah sebenarnya merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses degradasi alamiah tengah berlangsung.

5) Temperatur

Limbah cair yang mempunyai temperatur tinggi cenderung akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur suatu limbah cair idealnya merupakan temperatur alami sehingga aman bagi makhluk hidup. Temperatur pada dasarnya juga dapat menjadi indikator adanya aktivitas kimiawi dan biologis pada limbah cair. Pada suhu tinggi secara umum pengentalan cairan limbah berkurang dan akibatnya mengurangi sedimentasi. Selain itu, pada temperatur tinggi umumnya tingkat oksidasi suatu zat akan lebih besar. Sementara itu, proses pembusukan limbah umumnya jarang terjadi pada temperatur rendah.

2.1.4.2 Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia pada limbah cair ditentukan oleh beberapa parameter diantaranya sebagai berikut :

1) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

BOD merupakan uji yang umum dilakukan di laboratorium untuk kualitas limbah. Prosedur laboratorium menggunakan kebutuhan oksigen relatif oleh limbah cair, efluen, dan polutan air. Nilai BOD mengindikasikan jumlah bahan organik digunakan untuk mengoksidasi secara biologis dan oksigen digunakan untuk mengoksidasi bahan anorganik seperti sulfida dan besi. Oksigen juga digunakan untuk mengoksidasi senyawa nitrogen tereduksi. Uji BOD ini menjadi standar dalam penentuan kualitas limbah cair yang akan dibuang di berbagai negara termasuk Indonesia (Hidayat, 2016).

Pada dasarnya pengujian BOD hanya merupakan indeks jumlah bahan organik yang dapat dimetabolisme oleh mikroorganisme. Bukan keseluruhan bahan organik yang ada. Pada limbah dengan BOD yang tinggi memerlukan pengenceran dalam analisisnya. Hal ini disebabkan semakin tinggi BOD maka limbah tersebut memiliki oksigen terlarut yang semakin rendah. Salah satu kelemahan uji BOD adalah waktu inkubasinya lama (umumnya menggunakan waktu standar lima hari). Oleh sebab itu, selain menggunakan uji BOD maka dalam uji kualitas limbah juga dilakukan uji COD (Hidayat, 2016).

Dalam unit pengolahan limbah, nilai BOD yang tinggi dapat menunjukkan bahwa limbah tersebut kaya akan bahan organik yang dapat menjadi substrat bagi mikroorganisme. Namun demikian, nilai BOD yang tinggi akan menurunkan oksigen terlarutnya sehingga proses-proses aerob sering tidak berlangsung. Proses aerobik dapat dilakukan pada limbah dengan

nilai BOD tinggi apabila diberikan aerasi aktif yang lebih sering dikenal dengan lumpur aktif. Dalam pengolahan limbah BOD akan diabsorpsi oleh berbagai macam organisme, terutama bakteri. Bakteri ini nantinya akan dikonsumsi oleh protozoa dan metazoa dalam rantai makanan pada limbah (Hidayat, 2016).

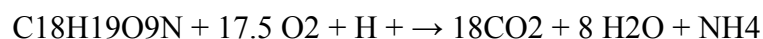
Nilai BOD selalu lebih rendah daripada nilai COD. Hal ini sebabkan pada BOD oksigen yang digunakan tidak hanya menghasilkan CO₂ dan H₂O, namun juga di gunakan untuk pembentukan sel bakteri, dan tidak semua karbon organik menjadi CO₂ namun dapat menambah padatan tersuspensi. Bakteri juga hanya dapat menggunakan bahan organik yang dapat dirombak sehingga beberapa senyawa karbon yang tidak terombak akan tetap ada dan tidak teranalisis dalam oksidasinya (Hidayat, 2016).

Menurut Pramite dkk (2020) yang melakukan eksperimen dengan melakukan observasional dengan pendekatan deskriptif untuk mengevaluasi kinerja sistem IPAL dan untuk mengetahui efektifitas IPAL Biofilter Anaerob Aerob di Rumah Sakit Umum Daerah Kota Mataram menyatakan bahwa kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) limbah cair rumah sakit sebelum pengolahan yaitu 348,30 mg/l. Hasil tersebut melebihi ambang batas standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014.

2) *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD merupakan penentuan kadar oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi bahan kimia dalam suatu limbah. Determinasi COD biasanya menggunakan $K_2Cr_2O_7$ yang membutuhkan waktu lama agar oksidasi berlangsung sempurna. Peningkatan waktu oksidasi juga mulai banyak diteliti, misalnya dengan menggunakan microwave ataupun ultrasonic. Cara lain dari metode $K_2Cr_2O_7$ adalah menggunakan PbO_2 atau sensor Cu dan kini juga dikembangkan sensor dari material nano TiO_2 (Hidayat, 2016).

Dalam perhitungan COD maka semua molekul organik yang teratur dalam limbah di tentukan rumus kimianya. Popel pada tahun 1997 mengemukakan untuk membuat perkiraan rerata komposisi molecular molekul organik yang ada adalah $C_{18}H_{19}O_9N$ dengan massa 393 g mol^{-1} . Komposisi ini apabila dioksidasi sempurna oleh kalium bikromat akan menjadi :



Uji COD merupakan uji kimia sehingga membutuhkan waktu yang lebih cepat dibandingkan uji biokimia pada BOD. Uji COD merupakan uji kimia, maka analisisnya tidak dipengaruhi oleh aktivitas bakteri. Oleh sebab itu, ragam senyawa yang ada dalam limbah seperti senyawa yang mungkin bersifat toksik bagi mikroorganisme bukan merupakan kendala dalam analisis (Hidayat, 2016).

Dalam banyak penelitian, para peneliti sering menggunakan nilai COD/BOD untuk menunjukkan kandungan bahan organik pada limbah tersebut. Semakin tinggi nilai tersebut maka semakin tinggi kandungan senyawa organik dan anorganiknya. Aspek yang harus diperhatikan dalam analisis COD adalah adanya bahaya dari bahan kimia yang digunakan. Pada metode $K_2Cr_2O_7$ maka risiko yang harus diwaspadai adalah Cr (VI) yang bersifat karsinogenik. Saat ini penggunaan TiO_2 saat ini dianggap relatif aman karena tidak bersifat toksik maupun karsinogenik (Hidayat, 2016).

Kandungan COD akan berkurang dengan baik jika didalam unit pengolahan limbah tersebut juga terdapat mikroorganisme. Keragaman organisme yang ada juga akan mampu mempercepat penurunan COD. Saat ini sudah semakin banyak digunakan mikroorganisme yang mampu memecah bahan organik berbentuk polimer yang tadinya tidak dapat dipecah secara biologis (Hidayat, 2016).

Menurut Pramite dkk (2020) yang melakukan eksperimen dengan melakukan observasional dengan pendekatan deskriptif untuk mengevaluasi kinerja sistem IPAL dan untuk mengetahui efektifitas IPAL Biofilter Anaerob Aerob di Rumah Sakit Umum Daerah Kota Mataram menyatakan bahwa kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah cair rumah sakit sebelum pengolahan yaitu 450.29 mg/l. Hasil tersebut melebihi ambang batas standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014.

3) Gas Metana

Senyawa gas metana yang terdapat pada limbah biomedik cair dapat terbentuk akibat penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob. Gas ini umumnya dihasilkan oleh lumpur yang membusuk pada dasar penampungan limbah. Karakteristik gas metana berasap, tidak berwarna dan mudah terbakar (Hidayat, 2016).

Gas metana sebenarnya juga biasa ditemukan di sawah, danau, dan rawa. Suatu bak penampungan limbah cair yang menghasilkan gas metana umumnya akan sedikit sekali menghasilkan lumpur. Hal ini disebabkan karena lumpur habis diubah menjadi gas metana, dan molekul air serta karbondioksida (Hidayat, 2016).

4) pH

Tingkat keasaman limbah cair atau pH dapat diukur menggunakan pH meter. Tingkat keasaman ini ditentukan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen yang terdapat dalam sampel limbah cair. Suatu limbah biomedik cair yang mempunyai pH tinggi atau rendah dapat menjadikannya steril karena pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan membunuh mikroorganisme air yang menjadi sumber nutrisi biota lainnya yang terdapat dalam limbah. Sebagai akibatnya rantai makanan yang ada dapat putus karena biota air lainnya seperti ikan dan protozoa air tidak dapat hidup. Selain itu, limbah cair yang mempunyai pH rendah

membuat limbah tersebut menjadi bersifat korosif bagi bahan-bahan konstruksi, khususnya yang terbuat dari besi, yang berkontak dengan air limbah. Akibat korosi, maka bahan-bahan konstruksi menjadi lekas rusak (Hidayat, 2016).

5) Alkalinitas

Alkalinitas merupakan kemampuan air dalam menetralkan asam, sehingga juga merupakan suatu ukuran kapasitas penyangga pH larutan atau kemampuan untuk mempertahankan pH terlarut. Tingkat alkalinitas suatu limbah cair umumnya tergantung pada kandungan air, senyawa, karbonat, garam hidroksida, kalsium, magnesium, dan natrium dalam air yang terdapat didalamnya. Pengukuran alkalinitas air limbah pada dasarnya merupakan pengukuran kandungan ion-ion yang berasal dari garam kalsium karbonat, magnesium bikarbonat dll (Hidayat, 2016).

Nilai alkalinitas suatu limbah cair yang tinggi umumnya menunjukkan tingginya potensi zat-zat yang terkandung dalam air limbah dalam menyebabkan kesadahan. Semakin tinggi kesadahan air limbah, maka semakin sulit air limbah tersebut berbuih. Tingkat kesadahan ini dapat diturunkan melalui proses pelunakan (softening) (Hidayat, 2016).

6) Trigliserida

Kandungan lemak dan minyak atau trigliserida yang terkandung dalam suatu limbah cair dapat bersumber dari instalasi rumah sakit atau puskesmas yang mengolah bahan baku yang mengandung trigliserida. Trigliserida merupakan bahan organik yang memiliki sifat stabil dan

menetap yang sulit diuraikan oleh bakteri. Limbah jenis ini dapat menyebabkan timbulnya lapisan atau pembentukan selaput pada permukaan air limbah (Hidayat, 2016).

7) Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*) (Hidayat, 2016).

Parameter DO merupakan kebalikan dari parameter BOD. Hal ini berarti semakin tinggi nilai BOD, maka semakin rendah nilai oksigen terlarut. Tingginya nilai oksigen yang terlarut dalam suatu perairan berbanding lurus dengan tingginya tingkat kehidupan biota perairan. Dengan kata lain, perairan dengan nilai DO yang tinggi akan menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan yang lebih baik.

Kemampuan air untuk melakukan pemulihan ke keadaan semula secara alami banyak bergantung pada tersedianya oksigen terlarut. Angka oksigen yang semakin tinggi menunjukkan kualitas perairan yang semakin baik. Pada temperatur dan tekanan udara alami kandungan oksigen dalam air alami dapat mencapai 8 mg/liter.

Nilai DO suatu perairan dapat ditingkatkan dengan menambahkan aerator. Aerator merupakan suatu alat yang berguna untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam air. Selain menggunakan aerator, tingkat DO lingkungan perairan dapat meningkat karena keberadaan lumut atau jenis ganggang tertentu yang hidup didalamnya. Kedua biota tersebut dapat menghasilkan oksigen yang akan meningkatkan nilai DO karena kemampuannya dalam melakukan proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari. Dengan kata lain, semakin banyak ganggang atau lumut yang

tumbuh dalam suatu lingkungan perairan, maka dapat diduga semakin besar kandungan oksigen pada perairan tersebut.

8) Klorida

Klorida atau yang sering disebut sebagai klor merupakan senyawa yang mudah terlarut. Senyawa klor dalam keadaan bebas atau tidak berikatan dengan senyawa lain dapat berperan sebagai desinfektan pada limbah. Namun demikian apabila berbentuk anion yang membentuk garam, misalnya dengan kation natrium (berupa NaCl), klorida dapat menyebabkan air limbah menjadi asin. Selain itu keberadaan klorida dalam bentuk senyawa NaCl ini menyebabkan limbah cair akan bersifat korosif terhadap pipa-pipa instalasi pengolahan limbah (Hidayat, 2016).

9) Fosfat

Kandungan fosfat yang tinggi pada suatu lingkungan akuatik akan menyebabkan tingginya pertumbuhan ganggang, lumut dan organisme lainnya yang memiliki berfotosintesis. Proses suburnya pertumbuhan ganggang atau lumut yang dipicu kehadiran senyawa fosfat dikenal sebagai eutrophikasi (Hidayat, 2016).

Peristiwa eutrofikasi sering ditemukan pada ketel uap IPAL yang berfungsi untuk mencegah kesadahan pada limbah cair. Pada lingkungan akuatik alami, secara berkala perlu dilakukan pengukuran kadar fosfat. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar kadar fosfat dalam air limbah tidak terlalu tinggi. Tingginya kadar phospat pada lingkungan akuatik justru dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem. Eutrofikasi oleh ganggang dan lumut dapat

menyebabkan tanaman yang tumbuh dalam air berkurang jenisnya dan selanjutnya tidak merangsang pertumbuhan tanaman air yang beragam. Di sisi lain, Kesuburan tanaman tertentu akibat eutrofikasi pada sungai justru akan menghalangi kelancaran arus air. Sedangkan pada danau, suburnya tumbuh-tumbuhan air akibat eutrofikasi akan mengakibatkan berkurangnya nilai oksigen terlarut (Hidayat, 2016).

2.1.4.3 Karakteristik Biologis (Ethica, 2018)

Dalam semua limbah cair termasuk yang tergolong limbah biomedik, mikroorganisme dapat ditemukan dalam keragaman yang tinggi. Jenis mikroorganisme yang hidup dalam limbah cair umumnya merupakan mikroorganisme bersel tunggal, yang dapat berbentuk koloni ataupun dalam keadaan bebas dan mampu melakukan proses kehidupan seperti tumbuh, berkembang dan bereproduksi.

Secara konvensional mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi kelompok binatang dan kelompok tumbuhan. Namun demikian kedua kelompok pada makhluk hidup bersel atau cenderung sulit dibedakan karena perbedaannya tidak selalu nyata. Karena itu, umumnya mikroorganisme yang terdapat dalam limbah cair lebih sering digolongkan sebagai kelompok protista, yang memberikan status yang sama antara binatang ataupun tumbuhan bersel satu. Sementara itu, virus diklasifikasikan secara terpisah.

Keberadaan bakteri yang terdapat dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Peran bakteri ini juga penting untuk mengevaluasi kualitas air hasil pengolahan limbah.

2.1.5 Dampak bagi kesehatan

Limbah yang berasal dari rumah sakit berfungsi sebagai media penyebaran gangguan atau penyakit bagi para petugas, penderita maupun masyarakat. Gangguan tersebut dapat berupa pencemaran udara, air, tanah, makanan dan minuman. Pencemaran tersebut adalah agen-agen kesehatan lingkungan yang dapat mempunyai dampak besar terhadap manusia (Noor, 2020).

Semakin tinggi type rumah sakit semakin kompleks jumlah dan jenis limbah yang dihasilkan, bahkan karena kompleksitasnya melebihi beberapa jenis industri pada umumnya. Jenis limbah rumah sakit juga memiliki rentang dari berbagai bahan organik, bahan berbahaya, radioaktif bahkan bakteri dan mikroba pathogenik. Salah satu penyakit yang ditimbulkan akibat limbah cair rumah sakit adalah infeksi nosokomial (Rahmat dan Mallongi, 2018).

2.1.6 Standar baku mutu limbah rumah sakit

Limbah cair rumah sakit dapat dialirkan ke badan sungai apabila telah memenuhi standar yang diatur berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 yang mengatur tentang baku mutu air limbah industri pelayanan kesehatan.

Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah rumah sakit

Parameter	Konsentrasi Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
BOD	50	Mg/L
COD	80	Mg/L

(Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014)

2.1.7 Biofilter Anaerob-Aerob

Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan organik, meminimalkan bakteri

patogen serta memperhatikan estetika dan lingkungan (Arief, 2016). Proses biologis merupakan salah satu alternatif dalam pengolahan limbah, proses tersebut dapat dilakukan dengan kombinasi anaerob-aerob (Kemenkes RI, 2011).

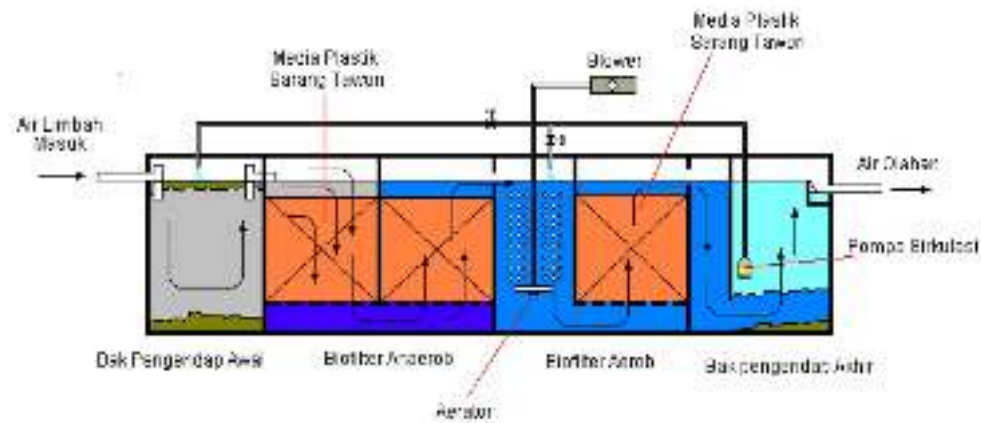
Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob adalah pengolahan yang menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Pada proses biofilter anaerob, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4), tetapi amoniak (NH_3) dan gas hidrogen sulfida (H_2S) tidak hilang. Untuk menghilangkan amoniak dan gas hidrogen sulfida (H_2S) maka olahan berikutnya menggunakan proses biofilter aerob (Kemenkes RI, 2011).

2.1.8 Proses pengolahan air limbah sistem anaerob-aerob (Kemenkes RI, 2011)

Seluruh air limbah dialirkan masuk ke bak pengumpul atau bak ekualisasi, selanjutnya dari bak ekualisasi air limbah dipompa ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel 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.

Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke reaktor biofilter anaerob. Di dalam reaktor biofilter anaerob tersebut diisi dengan media dari bahan plastik tipe sarang tawon. Reaktor biofilter anaerob terdiri dari dua buah ruangan. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada

permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikro-organisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap.



Gambar 2. 1 Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob
Sumber : Kemenkes RI, 2011

Air limpasan dari reaktor biofilter anaerob dialirkan ke reaktor biofilter aerob. Di dalam reaktor biofilter aerob ini diisi dengan media dari bahan plastik tipe sarang tawon, sambil diberikan aerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian air limbah akan kontak dengan mikro-organisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Proses ini sering di namakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*). Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak pengendap akhir sebagian air

limbah dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur.

Air limpasan (*over flow*) dialirkan ke bak biokontrol dan selanjutnya dialirkan ke bak kontaktor khlor untuk proses disinfeksi. Di dalam bak kontaktor khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air olahan/efluen, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD, COD), amonia, deterjen, padatan tersuspensi (SS), phospat dan lainnya.

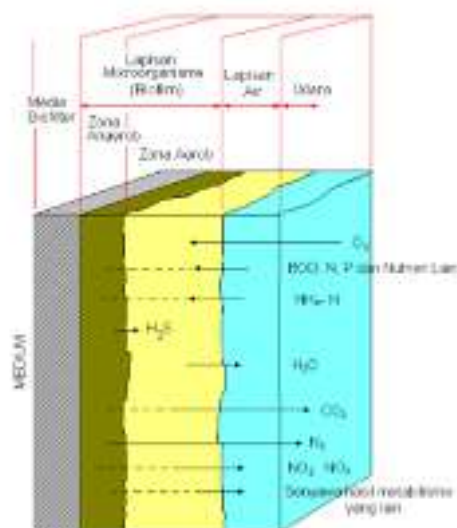
2.1.9 Proses pembentukan Biofilm

Proses pengolahan air limbah dengan proses 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.

Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara aerobik secara sederhana dapat diterangkan seperti pada Gambar 2.2. Gambar tersebut menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan alir limbah dan lapisan udara yang terletak diluar. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD, COD), amonia, 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. Sulpa 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 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.



Gambar 2.2 Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm
Sumber : Kemenkes RI, 2011

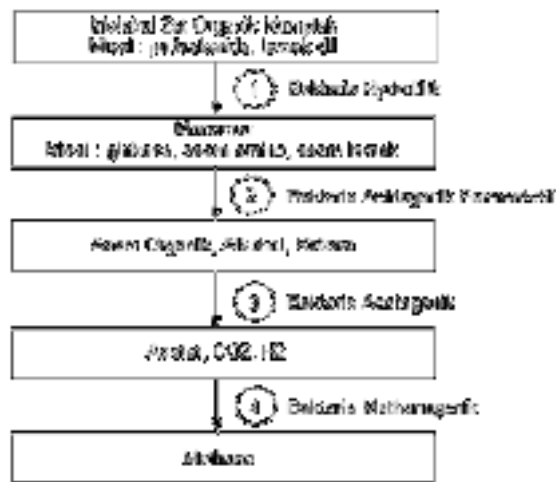
Selain itu, pada zona aerobik amonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat kemudian selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Karena di dalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan, maka dengan sistem 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.

2.1.10 Kelompok bakteri pengurai limbah didalam reaktor biofilter Anaerob-Aerob

2.1.10.1 Reaktor Anaerob

Proses anaerob merupakan proses biologis yang membutuhkan mikroorganisme anaerob (tidak membutuhkan oksigen bebas) sebagai pengurai limbah (Kholif, 2020). Beberapa jamur (*fungi*) dan protozoa dapat ditemukan dalam penguraian anaerobik, bakteri bakteri tetap merupakan mikroorganisme yang paling dominan bekerja didalam proses penguraian anaerobik. Sejumlah besar bakteri anaerobik dan fakultatif (seperti : *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*) terlibat dalam proses hidrolisis dan fermentasi senyawa organik.

Ada empat grup bakteri yang terlibat dalam transformasi material kompleks menjadi molekul yang sederhana seperti metan dan karbon dioksida. Kelompok bakteri ini bekerja secara sinergis.



Gambar 2.3 Kelompok bakteri metabolik yang terlibat dalam penguraian limbah dalam sistem anaerobic

Sumber : Kemenkes RI, 2011

Kelompok 1: Bakteri Hidrolitik

Kelompok bakteri anaerobik memecah molekul organik kompleks (protein, cellulose, lignin, lipid) menjadi molekul monomer yang terlarut seperti asam amino, glukosa, asam lemak, dan gliserol. Molekul monomer ini dapat langsung dimanfaatkan oleh kelompok bakteri berikutnya. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstra seluler seperti selulase, protease, dan lipase.

Kelompok 2 : Bakteri Asidogenik Fermentatif

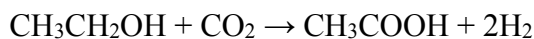
Bakteri asidogenik (pembentuk asam) seperti *Clostridium* merubah gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam organik (seperti asam asetat, propionik, formik, laktik, butirik, atau suksinik), alkohol dan keton (seperti etanol,

metanol, gliserol, aseton), asetat, CO₂ dan H₂. Asetat adalah produk utama dalam fermentasi karbohidrat.

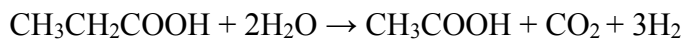
Kelompok 3 : Bakteri Asetogenik

Bakteri asetogenik (bakteri yang memproduksi asetat dan H₂) seperti *Syntrobacter wolinii* dan *Syntrophomonas wolfei* merubah asam lemak (seperti asam propionat, asam butirat) dan alkohol menjadi asetat, hidrogen, dan karbon dioksida, yang digunakan oleh bakteri pembentuk metan (metanogen).

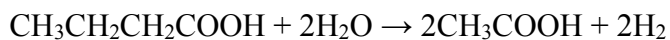
Etanol, asam propionat, dan asam butirat dirubah menjadi asam asetat oleh bakteri asetogenik dengan reaksi seperti berikut :



Etanol *Asam Asetat*



Asam Propionat *Asam asetat*



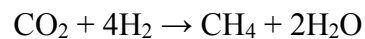
Asam Butirat *Asam Asetat*

Kelompok 4 : Bakteri Metanogen

Penguraian senyawa organik oleh bakteri anaerobik dilingkungan alam melepas 500 - 800 juta ton metan ke atmosfer tiap tahun dan ini mewakili 0,5% bahan organik yang dihasilkan oleh proses fotosintesis. Bakteri metanogen terjadi secara alami didalam sedimen yang dalam atau dalam pencernaan herbivora. Kelompok ini dapat berupa kelompok bakteri gram positif dan gram negatif dengan variasi yang banyak dalam bentuk. Mikroorganisme metanogen tumbuh secara lambat dalam air limbah dan waktu tumbuh berkisar 3 hari pada suhu 35°C

sampai dengan 50 hari pada suhu 10°C . Bakteri metanogen dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

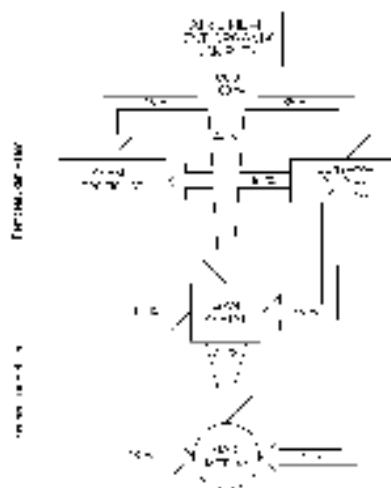
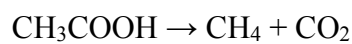
- 1) Bakteri metanogen hidrogenotropik (seperti: *Chemolitotrof* yang menggunakan hidrogen) merubah hidrogen dan karbon dioksida menjadi metan.



Metan

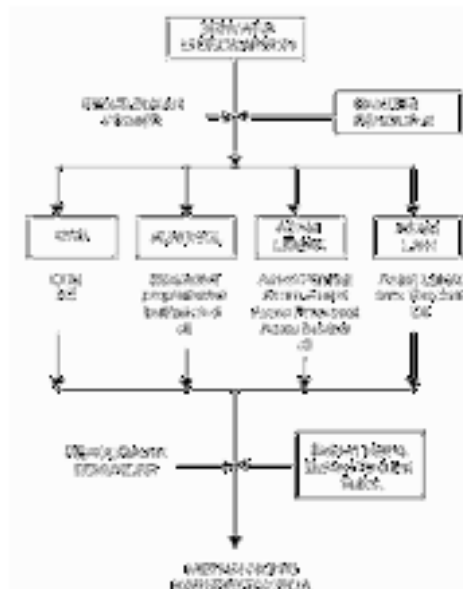
Bakteri metanogen yang menggunakan hidrogen membantu memelihara tekanan parsial yang sangat rendah yang dibutuhkan untuk proses konversi asam volatil dan alkohol menjadi asetat.

- 2) Bakteri metanogen Asetotropik, atau biasa disebut sebagai bakteri asetoklastik atau bakteri penghilang asetat, merubah asam asetat menjadi metan dan CO_2 .

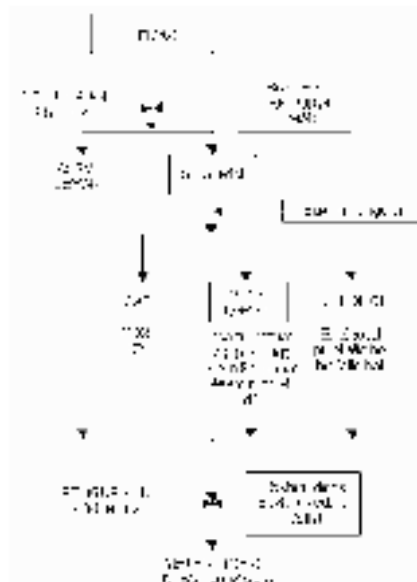


Gambar 2.4 Neraca masa pada proses penguraian anaerobik (fermentasi methan)
Sumber : Kemenkes RI, 2011

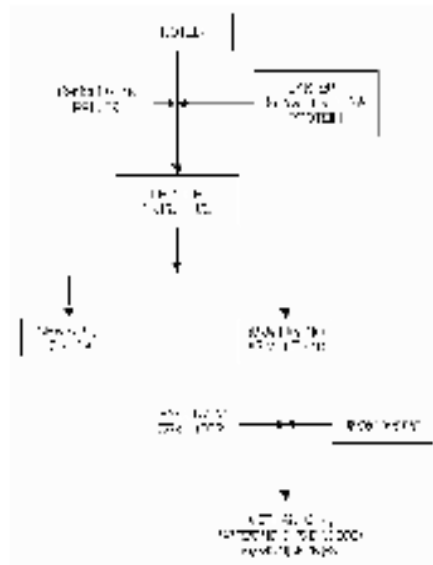
Proses penguraian senyawa hidrokarbon, lemak dan protein secara biologis menjadi metan di kondisi proses anaerobik secara umum ditunjukkan seperti pada Gambar 2.5, 2.6 dan 2.7.



Gambar 2.5 Proses penguraian hidrokarbon secara anaerobik menjadi metan
Sumber : Kemenkes RI, 2011



Gambar 2.6 Proses penguraian senyawa lemak secara anaerobik menjadi metan
Sumber : Kemenkes RI, 2011



Gambar 2.7 Proses penguraian senyawa protein secara anaerobic
Sumber : Kemenkes RI, 2011

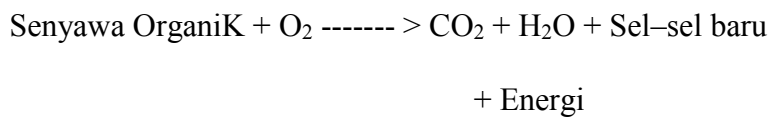
2.1.10.2 Reaktor Aerob

Biofilter aerob merupakan teknologi pengolahan air limbah sederhana dengan pertumbuhan mikroorganisme terlekat pada media yang dapat digunakan untuk menyisihkan amonium dalam air limbah. Biofilter aerob umumnya digunakan untuk air limbah dengan kandungan bahan organik yang relatif rendah atau yang setara dengan kandungan polutan pada air limbah (Kholif, 2020).

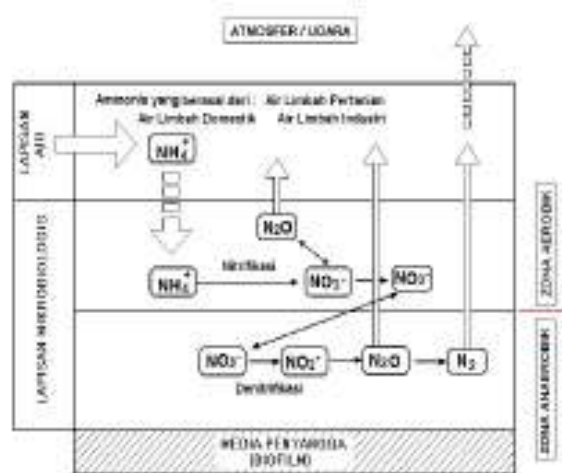
Pada proses aerob hasil pengolahan dari proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hidrogen maupun karbondioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen. Zat Organik dapat disisihkan secara biologi yang tergantung dari jumlah oksigen terlarut, 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. Secara umum dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :

Mikroba



Mikroorganisme mengalami proses metabolisme yang terdiri dari proses katabolisme dan anabolisme. Proses anabolisme memerlukan energi (reaksi endergonik) dan terjadi pada proses sintesa mikroorganisme, sedangkan proses katabolisme yang terjadi pada proses oksidasi dan respirasi merupakan reaksi eksergonik karena melepaskan energi . Proses transformasi substrat berlangsung dalam suatu kelompok protein yang berperan sangat penting dalam proses biologis, yaitu enzim yang bersifat katalis (Kemenkes RI, 2011).



Gambar 2. 8 Ilustrasi dari mekanisme proses penguraian amoniak di dalam biofilm

Sumber: Kemenkes RI, 2011

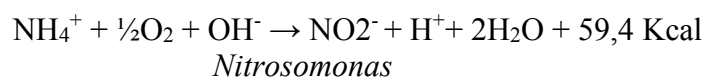
Lapisan terluar media penyangga adalah lapisan tipis zona aerobik, senyawa amoniak dioksidasi dan diubah ke dalam bentuk nitrit. Sebagian senyawa

nitrit ada yang diubah menjadi gas dinitrogen oksida (N₂O) dan ada yang diubah menjadi nitrat, proses yang terjadi tersebut dinamakan proses nitrifikasi.

Semakin lama, lapisan biofilm yang tumbuh pada media penyangga tersebut semakin tebal sehingga menyebabkan oksigen tidak dapat masuk ke dalam lapisan biofilm yang mengakibatkan terbentuknya zona anaerobik. Pada zona anaerobik ini, senyawa nitrat yang terbentuk diubah ke dalam bentuk nitrit yang kemudian dilepaskan menjadi gas nitrogen (N₂). Proses demikian tersebut dinamakan proses denitrifikasi.

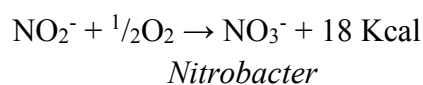
Proses nitrifikasi didefinisikan sebagai konversi nitrogen ammonium (NH₄-N) menjadi nitrit (NO₂-N) yang kemudian menjadi nitrat (NO₃-N) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Proses nitrifikasi ini dapat dilihat dalam dua tahap yaitu:

- 1) Tahap nitritasi, merupakan tahap oksidasi ion ammonium (NH₄⁺) menjadi ion nitrit (NO₂⁻) yang dilaksanakan oleh bakteri *Nitrosomonas* menurut reaksi berikut:



Reaksi ini memerlukan 3,43 gr O₂ untuk mengoksidasi 1 gr nitrogen menjadi nitrit.

- 2) Tahap nitrasi, merupakan tahap oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO₃⁻) yang dilaksanakan oleh bakteri *Nitrobacter* menurut reaksi berikut:



Reaksi ini memerlukan 1,14 gr O₂ untuk mengoksidasi 1 gr nitrogen menjadi nitrat. Secara keseluruhan proses nitrifikasi dapat dilihat dari persamaan berikut:



Kedua reaksi di atas disebut dengan reaksi eksotermik (reaksi yang menghasilkan energi). Jika kedua jenis bakteri tersebut ada, baik di tanah maupun di perairan, maka konsentrasi nitrit akan menjadi berkurang karena nitrit dibentuk oleh bakteri *nitrosomonas* yang akan dioksidasi oleh bakteri *nitrobacter* menjadi nitrat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain literature review yang merupakan suatu cara yang dipakai untuk mengumpulkan data atau sumber yang berhubungan pada sebuah topik tertentu yang bisa didapat dari berbagai sumber jurnal (Barbara, 2020).

3.2 Strategi Pencarian

3.2.1 Protokol Pencarian Artikel Jurnal

Protol pencarian artikel jurnal pada penelitian ini menggunakan metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*).

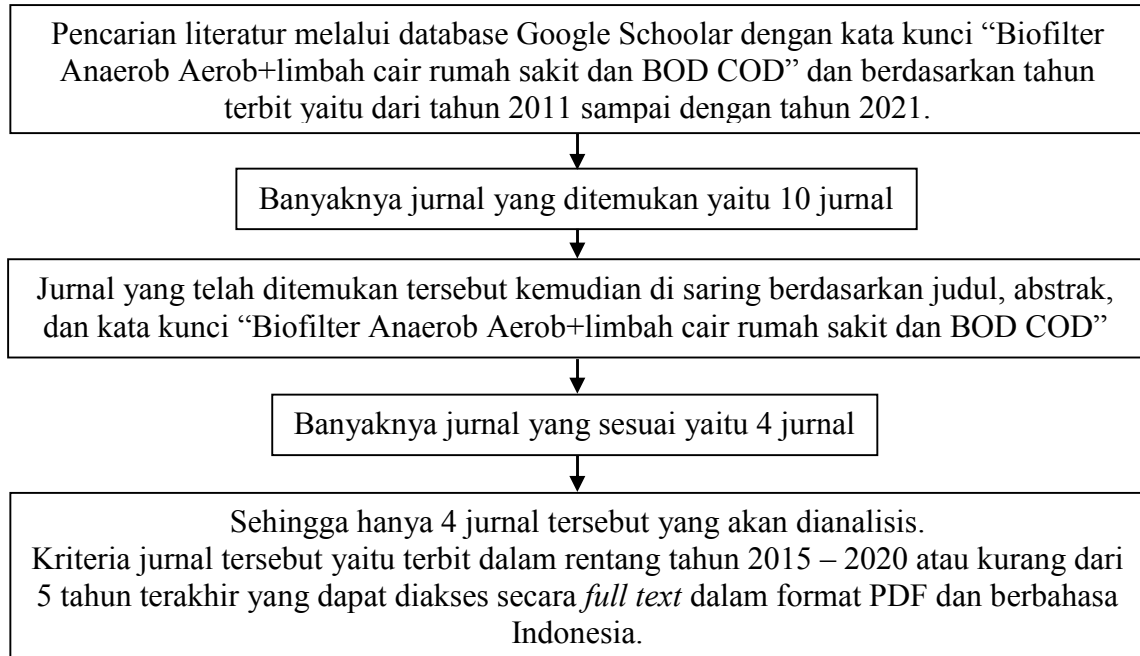
3.2.3 Data Base/Search Engine

Google Scholar

3.2.4 *Keywords* / Kata Kunci yang Digunakan

Kata kunci yang digunakan yaitu Biofilter Anaerob Aerob+limbah cair rumah sakit dan BOD COD

3.2.5 Alur Penelusuran Artikel Jurnal



(Gambar 3.1 Alur penelusuran artikel jurnal)

3.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

3.3.1 PICO

1) Populasi

Populasi yang diteliti pada penelitian ini adalah limbah cair rumah sakit

2) Intervensi

Intervensi pada penelitian ini yaitu media filter yang digunakan

3) *Comparator*

Ada pembandingan debit alir, waktu tinggal

4) *Outcome*

Hasil akhir yang didapat adalah adanya efektivitas penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit

3.3.2 Kriteria Inklusi

Adapun kriteria inklusi dalam literature review ini menggunakan jurnal yang terbit dalam 5 tahun terakhir, dengan rentang waktu tahun 2015-2020, diakses secara *full text* dengan format PDF, kemudian kriteria jurnalnya berbahasa Indonesia dan berbahasa Inggris.

3.3.3 Kriteria Ekslusi

Kriteria Ekslusi yang digunakan dalam penelitian ini “efektivitas penggunaan berbagai media filter pada sistem biofilter anaerob-aerob terhadap penurunan kadar *biochemical oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) pada limbah cair rumah sakit” merupakan jurnal yang terbit sebelum atau dibawah tahun 2015 yaitu lebih dari 5 tahun terakhir penulisan jurnal yang dianalisis atau direview serta jurnal tidak dapat diakses full text.

3.4 Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Jadwal penelitian

No	Kegiatan Penelitian	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April
1	Penentuan topik						
2	Pengumpulan data						
3	Penyusunan proposal						
4	Sidang proposal						
5	Revisi dan pengumpulan data						
6	Penyusunan literature review						
7	Sidang KTI						

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pencarian data jurnal menggunakan Google scholar ditemukan sebanyak 4 jurnal yang memenuhi kriteria inklusi yang diterbitkan dari tahun 2015 sampai tahun 2020. Hasil penelitian tersebut dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil penelitian.

Jurnal	1	2	3	4
Laman	https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/kesmas/article/view/26214	https://doi.org/10.47718/jkl.v9i1.640	https://doi.org/10.47718/jkl.v9i1.646	http://dx.doi.org/10.29406/jj.um.v3i1.356
Judul, Tahun	Efektivitas instalasi pengolahan air limbah berdasarkan parameter biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand dan derajat keasaman dirumah sakit umum gmm pancaran kasih manado (2019)	Efektivitas biofilter anaerob aerob media bata styrofoam sistem aliran ke atas dalam menurunkan kadar bod, cod dan coliform pada air limbah rumah sakit prof. Dr. V.I. ratumbuysang manado (2019)	Uji coba desain media biofilter anaerob aerob dalam menurunkan kadar bod, cod, tss dan coliform limbah cair rumah sakit (2019)	Kajian metode biofiltrasi menggunakan media spuit bekas pakai (alat suntik tanpa jarum) untuk menurunkan kadar bod dan cod pada air limbah laundry rumah sakit dr. Soedarso pontianak tahun 2015 (2016)
Peneliti	Evani Sasiang, Sri Seprianto Maddusa, Oksfriani Jufri. Sumampouw	Arland Diadon, Tony K. Timpua, Anselmus Kabuhung	Tony Kurtis Timpua, Robinson Pianaung	Tia Tio Risa, Tedy Dian Pradana , Asmadi
Desain Penelitian	Survei deskriptif berbasis uji laboratorium	Eksperimen	Eksperimen	Eksperimen
Media Filter	Plastik tipe sarang tawon	Bata styrofoam	Botol kemasan air mineral 330 ml	media spuit bekas pakai (alat suntik tanpa jarum)
Efektivitas	BOD Inlet : 119,28 mg/L BOD Outlet : 11,93 mg/L Efektivitas : 90,0% COD Inlet : 182 mg/L COD Outlet : 19 mg/L Efektivitas : 89,56 %	BOD Inlet : 164,32 mg/L BOD Outlet : 10,43 mg/L Efektivitas : 93,65% COD Inlet : 516,42 mg/L COD Outlet : 30 mg/L Efektivitas : 94,19%	BOD Inlet : 60,65 mg/L BOD Outlet : 16,2 mg/L Efektivitas : 73,29 % COD Inlet : 620 mg/L COD Outlet : 143 mg/L Efektivitas : 76,94 %	BOD Inlet : 103,63 mg/L BOD Outlet : 46,41 mg/L Efektivitas : 55.21 % COD Inlet : 362,21 mg/L COD Outlet : 195,88 mg/L Efektivitas : 45.92 %

Standar Baku Mutu	BOD = Memenuhi COD = Memenuhi	BOD = Memenuhi COD = Memenuhi	BOD = Memenuhi COD = Tidak Memenuhi	BOD = Memenuhi COD = Tidak Memenuhi
Analisis data	Tidak menyebutkan	SPSS 20	Tidak menyebutkan	Tidak menyebutkan

Pada literature review ini dilakukan review terhadap 4 artikel jurnal penelitian. Pada artikel pertama Sasiang dkk (2019) yang melakukan penelitian terhadap limbah cair rumah sakit Umum GMIM Pancaran Kasih Manado dengan system biofilter anaerob-aerob dengan berbasis uji laboratorium .Pada penelitian ini limbah cair rumah sakit di alirkan kedalam bak biofilter anaerob-aerob yang menggunakan media filter plastic tipe sarang tawon. Selanjutnya dilakukan analisis kadar BOD dan COD pada titik inlet dan outletnya. Diperoleh hasil efektivitas penurunan kadar BOD dan COD nya memenuhi standar baku mutu.

Artikel selanjutnya oleh Diadon dkk (2019) yang melakukan penelitian terhadap limbah cair rumah sakit Prof. Dr. V.L. Ratumbuysang Manado dengan system biofilter anaerob-aerob dengan desain eksperimen. Diperoleh hasil efektivitas penurunan kadar BOD dan COD nya memenuhi standar baku mutu.

Artikel selanjutnya oleh Timpua dan Pianaung (2019) yang melakukan penelitian terhadap uji coba desain media biofilter anaerob aerob dalam menurunkan kadar bod, cod, tss dan coliform limbah cair rumah sakit dengan desain penelitian eksperimen. Treatment terhadap limbah cair rumah sakit yang dilakukan yaitu dengan menggunakan variasi waktu tinggal 3 jam dan 6 jam. Selain itu digunakan pula variasi debit alir yaitu 30 l/jam dan 60 l/jam. Sementara itu, media filter yang digunakan adalah media botol kemasan air mineral 330 ml dan 600 ml. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan media filter botol kemasan air mineral 330 ml dan waktu tinggal 6 jam serta debit alir 30 l/jam.

Diperoleh hasil efektivitas penurunan kadar BOD memenuhi standar baku mutu dan COD nya tidak memenuhi standar baku mutu.

Artikel selanjutnya Risa dan Pradana (2016) yang melakukan kajian metode biofiltrasi menggunakan media spuit bekas pakai (alat suntik tanpa jarum) untuk menurunkan kadar bod dan cod pada air limbah laundry rumah sakit Dr. Soedarso Pontianak tahun 2015 dengan desain penelitian eksperimen. Media biofilter yang digunakan adalah spuit bekas pakai (pompa suntik tanpa jarum) dengan ukuran 3ml, 5ml, dan 10 ml sebanyak 450 buah (masing-masing 150). Spuit bekas tersebut dimasukan kedalam reaktor bak anaerob, bak aerob, dan bak pengendap akhir dengan masingmasing bak 150 spuit. Reaktor biologis yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor fiber dengan kapasitas volume ($p \times l \times t = 160 \times 75 \times 100$). Yang terdiri dari 4 bagian yaitu bak pengumpul awal, bak anaerob, bak aerob, dan bak penampung akhir. Reaktor pengolahan yang digunakan dilengkapi dengan lubang inlet dan lubang outlet yang terletak pada keempat reaktor. Sementara itu, waktu tinggal yang digunakan yaitu 1 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Setelah itu diambil rata rata penurunan kadar BOD dan COD dari keseluruhan. Diperoleh hasil efektivitas penurunan kadar BOD memenuhi standar baku mutu dan CODnya tidak memenuhi standar baku mutu.

4.2 Pembahasan

Literature review dilakukan terhadap 4 penelitian yang sesuai dengan tema penelitian penulis yaitu tentang efektivitas penggunaan berbagai media filter pada sistem biofilter anaerob-aerob terhadap penurunan kadar BOD dan COD pada

limbah cair rumah sakit. Berikut penulis sampaikan penjelasan hasil dari review penelitian yang tercantum pada tabel 4.1.

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian Sasiang dkk (2019) yaitu metode survei deskriptif berbasis uji laboratorium. Metode survei deskriptif adalah metode yang diarahkan untuk memperoleh gambaran dan menjelaskan serta menguraikan suatu keadaan (Siyoto dan Sodik, 2015). Sementara itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Diadon dkk (2019) dan pada penelitian yang dilakukan oleh Timpua dan Pianaung (2019) serta penelitian yang dilakukan oleh Risa dan Pradana (2016) adalah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah metode penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian treatment atau perlakuan terhadap subjek penelitian (Adriani, 2018).

Pada keempat jurnal penelitian menggunakan pengolahan limbah yang sama yaitu kombinasi anaerob-aerob dengan media biofilter. Kombinasi anaerob aerob adalah gabungan antara pengolahan anaerob (tanpa udara) dengan pengolahan aerob (dengan udara). Proses pengolahannya yaitu limbah cair dialirkan ke dalam reaktor anaerob (tanpa udara), kemudian dari reaktor anaerob dialirkan ke dalam reaktor aerob (dengan udara). Udara tersebut berasal dari hembusan blower atau pompa sirkulasi. Sementara itu, media filter yang digunakan pada sistem anaerob-aerob berfungsi sebagai tempat pembentukan biofilm. Biofilm ini adalah kumpulan sel bakteri yang akan mengurai atau mengoksidasi polutan organik pada limbah. Bakteri pengurai tersebut melekat dan tumbuh pada permukaan media filter.

Parameter yang diukur pada setiap jurnal sama yaitu *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme khususnya bakteri untuk memecah atau mengoksidasi bahan organik didalam air. Sedangkan, COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik yang terdapat didalam air.

Media filter yang digunakan pada setiap penelitian berbeda. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sasiang dkk (2019) media filter yang digunakan yaitu plastik tipe sarang tawon. Media tersebut merupakan media yang termasuk kategori bahan organik yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan. Media ini disusun dari lembaran-lembaran PVC yang disambung membentuk blok segi-empat. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Diadon dkk (2019) media filter yang digunakan yaitu media bata styrofoam. Media filter ini terbuat dari sampah styrofoam yang dibentuk menjadi batako atau bahan bangunan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Timpua dan Pianaung (2019) media filter yang digunakan yaitu botol kemasan air mineral 330 ml. Media filter ini berasal dari sampah plastik yang mudah diperoleh dan mudah dibentuk. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Risa dan Pradana (2016) media filter yang digunakan yaitu media filter spuit bekas pakai (alat suntik tanpa jarum). Media filter ini berasal dari limbah medis yang telah di bersihkan dan di pisahkan dengan jarumnya.

Berikut perbedaan efektivitas yang dihasilkan dari penggunaan berbagai media filter pada sistem biofilter anaerob-aerob dan standar baku mutunya.

Tabel 4.2 Perbedaan efektivitas dan standar baku mutu

Media Filter	Parameter							
	BOD				COD			
	Inlet ^a (mg/l)	Outlet ^b (mg/l)	Efektivitas (%)	Standar baku mutu (50 mg/l)	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Efektivitas (%)	Standar baku mutu (80 mg/l)
Plastik type sarang tawon	119,28	11,93	90,0%	Memenuhi	182	19	89,56 %	Memenuhi
Bata Styrofoam	164,32	10,43	93,65%	Memenuhi	516,42	30	94,19%	Memenuhi
Botol kemasan air mineral 600 ml	60,65	16,2	73,29 %	Memenuhi	620	143	76,94 %	Tidak Memenuhi
Sputik bekas	103,63	46,41	55,21%	Memenuhi	362,21	195,88	45,92%	Tidak Memenuhi

^aInlet : Air limbah sebelum pengolahan

^bOutlet : Air limbah setelah pengolahan

Media filter plastic type sarang tawon menghasilkan selisih penurunan kadar BOD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 107,35 mg/l dengan efektivitas 90,0%. Kadar BOD outlet yang diperoleh sebesar 11,93 mg/l. Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan. Sementara itu, untuk selisih penurunan kadar COD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 163 mg/l dengan efektivitas 89,56 %. Kadar COD outlet yang diperoleh sebesar 19 mg/l. Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan.

Media filter bata Styrofoam menghasilkan selisih penurunan kadar BOD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 153,89 mg/l dengan efektivitas 93,65%. Kadar BOD outlet yang diperoleh sebesar 10,43 mg/l. Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan. Sementara itu, untuk selisih penurunan kadar COD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 486.42 mg/l dengan efektivitas 94,19%. Kadar COD outlet yang diperoleh sebesar 30 mg/l. Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan.

Media botol kemasan air mineral 330 ml menghasilkan selisih penurunan kadar BOD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 44,45 mg/l dengan efektivitas 73,29%. Kadar BOD outlet yang diperoleh sebesar 16,2 mg/l. Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan. Sementara itu, untuk selisih penurunan kadar COD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 477 mg/l dengan efektivitas 76,94%. Kadar COD outlet yang diperoleh sebesar 143 mg/l. Hasil tersebut belum memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan.

Media spuit bekas menghasilkan selisih penurunan kadar BOD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 57,22 mg/l dengan efektivitas 55,21%. Kadar BOD outlet yang diperoleh sebesar 46,41 mg/l. Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan. Sementara itu, untuk selisih penurunan kadar COD antara inlet dan outlet yaitu sebesar 166,33 mg/l dengan efektivitas 45,92%. Kadar COD outlet yang diperoleh sebesar 195,88 mg/l. Hasil tersebut belum memenuhi standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan.

Dari keempat jurnal penelitian diatas dapat dilihat perbandingan efektivitas dan standar baku mutu yang dihasilkan dari masing masing jurnal penelitian. Efektivitas penurunan kadar BOD dan COD diperoleh hasil terbesar yaitu pada media filter bata styrofoam dengan efektivitas BOD 93,56% dan COD 94,19%. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan bata styrofoam sebagai media filter telah memenuhi sebagian besar kriteria dari media filter yang baik digunakan. Sementara itu standar baku mutu yang dihasilkan pada masing-masing penelitianpun berbeda. Pada jurnal penelitian pertama dan kedua sama yaitu baik

kadar BOD maupun COD nya telah memenuhi standar baku mutu yang sudah ditetapkan. Sementara itu, jurnal penelitian ketiga dan keempat yaitu kadar COD nya tidak memenuhi standar baku mutu. Hal ini disebabkan oleh kadar COD nya yang tinggi. Nilai COD ditentukan dari bahan organik yang biodegradable maupun non biodegradable sehingga nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD dan memerlukan penguraian lebih besar.

Media filter merupakan bagian yang terpenting dari sistem biofilter anaerob aerob oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah. Untuk memilih jenis atau tipe media filter yang akan digunakan harus dikaji secara menyeluruh. Beberapa aspek yang berpengaruh di dalam proses biofilter baik secara teknis maupun ekonomis. Aspek penting yang perlu diperhatikan antara lain luas permukaan spesifik, fraksi volume rongga, diameter celah bebas, ketahanan terhadap kebuntuan, jenis material, harga per satuan luas permukaan, kekuatan mekanik, berat media, fleksibilitas, perawatan, konsumsi energi, serta sifat dapat basah atau wettability (Kemenkes RI,2011).

Hal diatas sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Haerun dkk (2018) yang melakukan observasional terhadap efisiensi pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan biofilter system upflow dengan penambahan efektif mikroorganisme 4 di Kelurahan Bara-Barayya Kecamatan Makassar Kota Makassar. Media filter yang digunakan yaitu tutup gallon bekas dan diperoleh efektivitas penurunan kadar BOD 62% dan COD 29%. Selain itu disebutkan bahwa semakin tebal media filter semakin tinggi luas permukaan, memungkinkan

mikroorganisme lebih banyak melakukan kolonisasi, sehingga pada suplai oksigen yang memadai, mikroorganisme akan aktif melakukan degradasi senyawa organik dalam air imbah.

Sementara itu hasil penelitian Effendi dkk (2014) yang melakukan observasional terhadap remediation of organic pollutants tofu liquid waste anaerobic - aerobic biofilter combination of media phytoremediation plastic bottle with fish for life media di kecamatan Tambang kabupaten Kampar provinsi Riau. Media biofilter yang digunakan adalah botol plastik yang dirangkai saling berkaitan dengan menggunakan Cable Tie dan diisi dengan potongan plastik dengan ukuran 2 cm (L) x 12 cm (P) sebanyak 11 potong diperoleh efektivitas penurunan *biochemical oxygen demand* (BOD) 90,5% dan penurunan *chemical oxygen demand* (COD) sebesar 89,7%.

Analisis dari studi literature review ini ada 3 jurnal yang tidak menyebutkan analisis datanya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Diadon dkk (2019) menggunakan SPSS 20. Uji SPSS 20 merupakan aplikasi yang digunakan dalam pengolahan data statistik pengolahan ilmiah (Sugianto,2012) Sedangkan, pada penelitian yang dilakukan oleh Sasiang dkk (2019) dan pada penelitian yang dilakukan oleh Timpua dan Pianaung (2019) serta Risa dan Pradana (2016) tidak menyebutkan analisis datanya.

Adapun faktor-faktor lain yang mempengaruhi penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit diantaranya:

- 1) Hydraulic Retention Time (HRT)

Waktu tinggal hidrolis (Hydraulic Retention Time/HRT) adalah lamanya waktu limbah didalam rector untuk proses penguraian senyawa organik dan anorganik (Anggarini dkk., 2015). Menurut S. Zahra, S. Sumiyati, E. Sutrisno (2015) yang melakukan penelitian terhadap pengolahan limbah cair tahu menggunakan system biofilter anaerob-aerob dengan variasi waktu tinggal hidrolis 1 jam, 2 jam, dan 3 jam diperoleh hasil terbaik pada waktu tinggal hidrolis 3 jam dengan efisiensi penguraian *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 19,51% dan *Chemycal Oxigen Demand* (COD) sebesar 41,13%. Semakin lama waktu tinggal hidrolis maka penurunan kadar BOD dan COD semakin besar.

Pada literature review ini, Hidraulic Retention Time (HRT) atau waktu tinggal hidrolis limbah cair rumah sakit yang dilakukan pada penelitian Diadon dkk (2019) yaitu selama 5 jam, 6 jam, 8 jam, 11 jam, dan 18 jam. Sementara itu penelitian yang dilakukan oleh Timpua dan Pianaung (2019) yaitu selama 3 jam dan 6 jam. Sedangkan pada penelitian Risa dan Pradana (2016) yaitu selama 1 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Sedangkan pada penelitian Sasiang dkk (2019) tidak menyebutkannya.

2) Debit alir

Debit alir atau laju alir merupakan banyaknya air limbah yang dialirkan ke dalam system biofilter anaerob-aerob dalam satuan volume per waktu. Hasil pengolahan limbah cair rumah sakit menggunakan sistem biofilter anaerob-aerob dengan variasi debit alir 500 ml/menit, 750 ml/menit dan 1000 ml/menit mampu mempengaruhi penurunan kadar BOD dan COD.

Semakin rendah laju alir maka kadar BOD dan COD akan semakin rendah pula (Sari, 2015).

Pada literature review ini, debit alir limbah cair rumah sakit yang digunakan pada penelitian Diadon dkk (2019) yaitu 18 l/jam, 30 l/jam, 42 l/jam, 54 l/jam dan 60 l/jam. Sementara itu penelitian yang dilakukan oleh Timpua dan Pianaung (2019) yaitu 30 l/jam dan 60 l/jam. Sedangkan pada penelitian Sasiang dkk (2019) dan pada penelitian Risa dan Pradana (2016) tidak menyebutkannya.

Berdasarkan review dari keempat jurnal penelitian diatas penulis dapat melihat bahwa penggunaan media filter pada sistem biofilter anarob-aerob efektif menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah sakit. Hal ini diakibatkan oleh media filter yang merupakan tempat pelekatan dan pertumbuhan bakteri pengurai (biofilm). Biofilm yang terbentuk ini dipengaruhi oleh media filter yang digunakan. Semakin terpenuhi kriteria desain media filter yang digunakan serta jumlah unitnya memadai maka pembentukan biofilm akan lebih maksimal sehingga efektivitas penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair tahu dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014. Media filter bata styrofoam merupakan media filter yang nilai efektivitasnya paling tinggi dibandingkan dengan media filter yang lain. Hal ini disebabkan oleh desainnya sebagian besar memenuhi kriteria. Akan tetapi, tidak bisa ditentukan media filter yang paling efektif dikarenakan perlakuan dari masing-masing penelitian berbeda.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari 4 artikel penelitian yang sudah direview dapat disimpulkan bahwa Proses penurunan BOD dan COD pada sistem biofilter anaerob-aerob dipengaruhi oleh media filter yang digunakan serta penggunaan media filter (Sarang tawon, bata styrofoam, botol kemasan air mineral 330 ml dan spuit bekas) efektif menurunkan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair rumah sakit.

5.2 Saran

5.2.1 Saran untuk tindak lanjut penelitian

- 1) Diharapkan ada penelitian lanjutan untuk meninjau pengaruh Hydraulic Retention Time (HRT), debit alir, pH dan suhu terhadap penurunan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada pengolahan limbah cair rumah sakit sistem biofilter anaerob-aerob.
- 2) Dilakukan pemeriksaan secara eksperimen murni atau langsung menggunakan berbagai media filter dengan perlakuan yang sama (Hydraulic Retention Time (HRT), debit alir, Ph dan suhu) sehingga bisa membandingkan hasil dan diperoleh media filter yang paling efektif

terhadap penurunan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair rumah sakit.

5.2.3 Saran untuk Sarana Fasilitas Kesehatan

Diharapkan seluruh fasilitas pelayanan kesehatan melakukan pengolahan limbah dengan sistem biofilter anerob-aerob dengan memperhatikan pemilihan media filter yang digunakan.

5.2.3 Saran untuk UKL/UPL

Diharapkan penelitian ini bisa dijadikan sebagai acuan sumber data dalam penerapan sistem pengolahan limbah di fasilitas pelayanan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini S, Hidayat N, Sunyoto NMS, Wulandari PS. 2015. *Optimization of hydraulic retention time (hrt) and inoculums addition in wastewater treatment using anaerobic digestion system*. Agriculture and Agricultural Science Procedia. Vol 3. Hal. 95–101. Url<<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.020>>
- S HR. 2018. *Metodologi Penelitian Kesehatan dan Pendidikan*. Yogyakarta: Penebar Media Pustaka. Melalui<<https://www.google.co.id/books> > [Diakses 21 Maret 2021]
- Arief LM. 2016. *Pengolahan limbah*. Yogyakarta. CV ANDI OFFSET. Melalui <<https://books.google.co.id/books>>. [Diakses 6 Desember 2021]
- Ahmad H, Adiningsih R. 2019. Efektivitas metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dan kangkung air dalam menurunkan kadar BOD dan tss pada limbah cair industri tahu. Farmasetis. Vol 8.No 2. Hal 31–38. Url<<https://doi.org/10.32583/farmasetis.v8i2.599>>
- Barbara L. 2020. *Syistemaic Review dalam Kesehatan*. Sleman. CV Budi Utama. Melalui<<https://books.google.co.id/books>>. [Diakses 31 Januari 2021]
- Ethica SN. 2018. *Bioremediasi Limbah Biomedik Cair*. CV Budi Utama. Melalui<<https://books.google.co.id/books>>. [Diakses 01 Maret 2021]
- Irnani C, Sugito S. 2016. *Redesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terpusat menggunakan sistem anaerobik aerobik biofilter di RSUD Dr. Soetomo Surabaya*. Jurnal Teknik UNIPA. Vol 14. No 01. Hal 52–60. Url<<http://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/waktu/article/view/08/36>>
- Kemenkes. 2011. *Pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob aerob pada fasilitas pelayanan kesehatan*. Jakarta. Kementerian Kesehatan RI Direktorat Jenderal Bina Upaya Kesehatan.
- Kemkes RI. 2020. *Pertumbuhan Rumah Sakit di Indonesia*. Melalui <<http://sirs.yankes.kemkes.go.id/fo/>>. [31 Januari 2021]
- Kholif MAI. 2020. *Pengolahan Air Limbah Domestik*. Surabaya. CV SCOPINDO. Melalui< <https://books.google.co.id/books>>. [Diakses 11 Desember 2020]
- Hidayat N. 2016. *Bioproses Limbah Cair*. Yogyakarta. CV ANDI OFFSET. Melalui<<https://www.google.co.id/books>> [Diakses 22 Desember 2020]

- Noor EA. 2020. *Pertanggung jawaban rumah sakit terhadap limbah bahan beracun berbahaya(B3)*. JPHI. Vol 1. No 1. Hal 30–46 .Url<<https://ojs.bdproject.id/index.php/jphi/article/view/4/5>>
- Pramite AC, Yamin M, Kusmianti. 2020. *Studi Analisa Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Daerah Kota Mataram*. Unmas Mataram. Vol 1. No 1. Hal 1–7. Url<<http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/SOSINTEK/article/view/168/160>>
- Rahmat B, Mallongi A. 2018. *Studi karakteristik dan kualitas BOD dan COD limbah cair rumah sakit umum daerah Lanto DG. Pasewang Kabupaten Jeneponto*. Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan. Vol 1. Hal 1–16. Url<<http://journal-old.unhas.ac.id/index.php/jnik/article/view/4285/2696>>
- Sari KL, As ZA, Hardiono. 2017. *Penurunan kadar bod, cod dan tss pada limbah tahu menggunakan efektif microorganism-4 (em4) secara aerob*. Kesehatan Lingkungan. Vol 14. No 1. Hal 449–458. Url<<http://www.ejournal.keslingpoltekkesbjm.com/index.php/JKL/article/view/61/42>>
- Sari WM. 2015. *Pengolahan air limbah rumah sakit Muhammadiyah Palembang (RSMP) dengan distem biofilter anaerob-aerob*. Jurnal Distilasi. Vol 1. No 1. Hal 7–16. Url<<https://doi.org/10.32502/jd.v1i1.4>>
- Siyoto S, Sodik A. 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Literasi Media Publishing. Melalui <<https://doi.org/https://www.google.co.id/books>> . [Diakses 23 Maret]
- Sugianto, M. 2012. *Mengolah Data Bisnis dengan SPSS 20*. PT Elex Media Komputindo. Melalui <<https://www.google.co.id/books>>. [Diakses 22 Maret]
- Sigalingging BH, Nadiroh, Suchayanto. 2020. *Gambaran Rumah Sakit Ramah Lingkungan*. Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan. Vol 9. No 2. Hal 61–70. Url<https://doi.org/10.21009/jgg.092.03>
- Sukadewi NMTE, Astuti NPW, Sumadewi NLU. 2020. *Efektivitas Sistem Pengolahan Limbah Cair di Rumah Sakit Bali Med Denpasar Tahun 2020*. HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan. Vol 6. No 3. Hal 113–120. Url<<http://103.55.216.56/index.php/higiene/article/view/15781>>
- Suwondo WSyafi'i, R Amethys, Rama Febriza. 2016. *Analisis pengolahan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan sistem biofilter anaerob-aerob sebagai potensi rancangan lembar kerja siswa biologi smk*. Jurnal Biogenesis. Vol 13. No 1. Hal 123–

130. Url<<https://biogenesis.ejournal.unri.ac.id/index.php/JPSB/article/view/5141/4820>>

Setyawan FEB, Supriyanto S. 2019. *Manajemen Rumah Sakit*. CV Zifatama jawara. Melalui<<https://books.google.co.id/books>>. [Diakses 10 Desember 2020]

Zahra SA, Sumiyati S, Sutrisno E. 2015. *Penurunan konsentrasi bod dan cod pada limbah cair tahu dengan teknologi kolam (pond) ± biofilm menggunakan media biofilter jaring ikan dan bioball*. Teknik Lingkungan. Vol 4. Hal 1–10. Url<<https://www.neliti.com/id/publications/142309/penurunan-konsentrasi-bod-dan-cod-pada-limbah-cair-tahu-dengan-teknologi-kolam-p>>

Efendi S, Hasbi M, Budijono. 2014. *Remediation of organic pollutants tofu liquid waste anaerobic - aerobic biofilter combination of media phytoremediation plastic bottle with fish for life media*. Hal 3–5. Url <<https://media.neliti.com/media/publications/202640-none.pdf>>

Haerun R, Mallongi A, Natsir MF. 2018. *Efisiensi pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan biofilter sistem upflow dengan penambahan efektif mikroorganisme*. jurnal nasional ilmu kesehatan (jnik). Vol 1. No 1. Hal 1–11. Url<<http://journal-old.unhas.ac.id/index.php/jnik/article/view/5988>>

Kementerian kesehatan RI. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014. Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Pelayanan Kesehatan. Jakarta: Kementrian Kesehatan.

Peraturan Perundang-Undangan nomor 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit.

Lampiran 1

LEMBAR HIMPINGAN KARYA TULIS ILMIAH

Nama : Melisa Triandita
 NIM : KHGR180145
 Judul Penelitian : Efektivitas Penggunaan Berbagai Media Filter Pada Sistem Biofilter Aerobik-Aerob Terhadap Pemurnian Kadar BOD dan COD Pada Limbah Cair Rumah Sakit *Intanone review*
 Pembimbing : Rina Herlina, S.KM, M.A.

No	Materi Himpingan	Tanggal	Tandatangan Mahasiswa	Tandatangan Pembimbing
1	Diskusi Topik Penelitian	13/11/2020		
2	Diskusi Jadwal penelitian	21/11/2020		
3	Pengajuan BAB I	17/12/2020		
4	Revisi BAB I	3/12/2020		
5	Revisi BAB I dan BAB II	00/1/2021		
6	Revisi BAB I, BAB II, BAB III	31/01/2021		
7	Acc Proposal	10/02/2021		
8	Pengajuan BAB IV, BAB V	10/02/2021		
9	Revisi BAB IV, BAB V	20/03/2021		
10	Pengajuan BAB I, II, III, IV, V	10/03/2021		
11	Revisi BAB I, II, III, IV, V	24/03/2021		
12	Acc KTI	10/04/2021		

Kelas Program Studi DIII Analisis Kesehatan
 STIKes Karso Husada Garut

Muhammad Fadel Solihan, S. Si, M.Si