

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian terdahulu

1. Penelitian (Badrah *et al.*, 2021) “Pemanfaatan Mikroorganisme Efektif 4 (EM-4) Menggunakan Media Biofilm untuk Mengurangi Amonia dan Fosfat Pada Limbah Cair Rumah Sakit” oleh Badrah dkk., 2021 merupakan kajian Universitas Mulawarman mengenai penurunan parameter Amonia dan Fosfat pada limbah cair rumah sakit. Desain kelompok kontrol non-ekuivalen dan desain eksperimen semu digunakan dalam penelitian ini. Limbah cair rumah sakit dimanfaatkan oleh masyarakat. Grab sampling digunakan dalam teknik pengambilan sampel. Dengan penambahan EM-4 konsentrasi 5% rata-rata penurunan kadar amonia sebesar 92,5 persen, dan dengan penambahan EM-4 konsentrasi 10% rata-rata penurunan kadar amonia sebesar 92,1 persen. Sedangkan pada penambahan EM-4 5% rata-rata penurunan kadar fosfat sebesar 92,19 persen, dan pada penambahan EM-4 10% rata-rata penurunan sebesar 65,56 persen. Secara statistik, EM-4 pada media biofilm tidak berbeda kemampuannya dalam menurunkan kadar amonia ($P \text{ value} > \text{atau } 0,941 > 0,05$), namun berbeda dalam kemampuannya dalam menurunkan kadar fosfat ($P \text{ value atau } 0,001 > 0,05$).
2. Penelitian oleh (Triyanta & Maharani, 2019) tentang “Efektivitas Em-4 (*Effective Microorganism-4*) Dalam Menurunkan NH_3 (Amonia) dan TSS (*Total Suspended Solid*) Limbah Cair BBKPM Surakarta” demikian judul penelitian tahun 2019 yang dilakukan oleh peneliti Universitas Bangun Nusantara. Populasi penelitian adalah limbah cair IPAL BBKPM Surakarta. Penelitian ini menggunakan 15 sampel limbah cair. EM-4 sebagai variabel independen, dan NH_3 serta TSS sebagai variabel dependen. Analisis deskriptif digunakan untuk menganalisis data. Pengambilan sampel non-acak, juga dikenal sebagai "pengambilan sampel purposif", adalah metode pengambilan sampel. Analisis deskriptif digunakan dalam analisis data. Penelitian terdahulu menyarankan untuk meningkatkan dosis EM-4 hingga nilai TSS tidak melebihi standar, sedangkan penerapan EM-4 efektif

menurunkan kadar NH₃ namun tidak menurunkan TSS limbah cair BBKPM
Surakarta.

Tabel II.1 Penelitian terdahulu

| No | Nama peneliti | Judul penelitian | Jenis dan desain penelitian | populasi dan sampel | Variabel penelitian | Hasil penelitian |
|----|-------------------------------|--|---|--|--|---|
| 1. | Badrah <i>et al.</i> , (2021) | Pemanfaatan Effective Microorganisms 4 (EM4) konsentrasi 5% dan 10% menggunakan media biofilm. | penelitian quasi experiment dengan rancangan <i>non equivalent control group design</i> . | Sampel pretest diambil sebelum air limbah dimasukkan ke dalam media biofilm reaktor dengan EM4, dan sampel posttest diambil setelah air limbah diproses. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah metode pengambilan grab sampel. | Variable bebas: Microorganisms 4 (EM-4) konsentrasi 5% dan 10% Variable terikat: fosfat, amonia | Penelitian ini menunjukkan rata-rata penurunan kadar amonia sebesar 92,5% dengan penambahan 5% EM-4 dan 92,1% dengan penambahan 10% EM-4. Rata-rata penurunan kadar fosfat sebesar 92,19% pada penambahan 5% EM-4 dan 65,56% pada penambahan 10% EM-4. Temuan ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan penurunan kadar amonia yang signifikan ketika menggunakan EM-4 pada pendukung biofilm ($P \text{ value} > \alpha$ atau $0,941 > 0,05$). Namun terdapat perbedaan penurunan kadar fosfat yang signifikan ketika menggunakan EM-4.menggunakan media biofilm (nilai $P < \alpha$ atau $0,001 < 0,05$). |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|---|
| 2. Triyanta, Nine Elissa Maharani (2019) | Efektifitas Em-4 (<i>Effective Microorganism-4</i>) Dalam Menurunkan NH ₃ (<i>Amoniak</i>) Dan TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) Limbah Cair BBKPM Surakarta | Jeis penelitian: Eksperimen Desain penelitian: (<i>Explanatory atau Confirm Research</i>) | Populasi: limbah cair rumah sakit Teknik pengambilan sampel: (<i>purposive sampling</i>) | Variable bebas: Em-4 Variable terikat: Amonia dan TSS | Sebelum penerapan perlakuan EM-4, kadar amonia (NH ₃) pada limbah cair BBKPM Surakarta tercatat sebesar 1,03 mg/L, sedangkan kadar total padatan tersuspensi (TSS) tercatat sebesar 59 mg/L. Namun, setelah limbah cair tersebut diolah dengan EM-4, kandungan amonia (NH ₃) turun drastis menjadi 0,002 mg/L dengan penambahan EM-4 sebanyak 10 ml, 20 ml, atau 30 ml. Selain itu, kandungan TSS dalam limbah cair mengalami penurunan menjadi 53 mg/L dengan penambahan 10 ml EM-4, 52 mg/L dengan penambahan 20 ml EM-4, dan 51 mg/L dengan penambahan 30 ml EM-4. |
|--|--|--|---|--|---|

Perbedaannya dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini menggunakan bakteri bioinokulan non pabrikan pada bak equalisasi sebanyak 0,6 ppm selama 24 jam yang akan diamati setelah penambahan bioinokulan 1 hari, 3 hari, 5 hari. Sebagai data pembandingan kontrol dilakukan pada minggu sebelum penambahan bioinokulan pada bak equalisasi dengan tujuan untuk menurunkan kandungan amonia pada limbah cair rumah sakit.

B. Landasan teori

1. Air Limbah

a. Pengertian Air Limbah

Air limbah adalah sisa sisa usaha dan/atau kegiatan yang apabila dibuang ke lingkungan hidup menjadi cair dan dapat mempengaruhi mutu lingkungan hidup (Gubernur Jawa Timur, 2013).

b. Pengertian Limbah Cair

Limbah cair terdiri dari berbagai jenis limbah cair, termasuk air dari toilet, yang mengandung banyak mikroorganisme, zat kimia beracun, dan bahan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan. (Tony Kurtis Timpua, 2019).

Menurut (Suhairin *et al.*, 2020) Limbah cair merupakan bahan pencemar yang bersifat cair. Air limbah adalah air yang terdapat zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber diantaranya dari rumah tangga, dunia usaha, dan industri.

c. Jenis Limbah Cair

Secara umum, limbah cair yang dihasilkan oleh rumah sakit terbagi menjadi dua kelompok (Sumardiningsih *et al.*, 2019):

1) Limbah Cair Klinis

Limbah klinis berasal dari berbagai jenis kesehatan, termasuk kedokteran gigi, farmasi, terapi, keperawatan, penelitian, dan pendidikan, di mana bahan beracun, berbahaya, dan menular digunakan.

2) Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik pada rumah sakit bersumber dari kamar mandi, gizi, dan laundry

d. Karakteristik

Untuk menentukan pengolahan limbah cair yang tepat perlu diketahui karakteristiknya agar efektivitas dan efisiensi pengolahan tercapai. Adapun karakteristik limbah cair dikelompokkan menjadi 3 yaitu (Akhir & Hibatullah, 2019):

1) Sifat Fisik

Penentuan derajat pencemaran air limbah dipengaruhi oleh sifat fisik yang mudah dikenali. Sifat fisiknya adalah TSS, bau, kekeruhan, warna, dan suhu.

a) Total Suspended Solid (TSS)

Partikel yang mempengaruhi tinggi rendahnya kekeruhan air partikel ini tidak terlarut dan sulit untuk dapat mengendap langsung (Triyanta & Maharani, 2019)

b) Warna

Warna adalah salah satu kriteria terpenting untuk air limbah. Warna ini disebabkan oleh bahan organik dan lumut. Warna merupakan karakteristik kualitas yang dapat digunakan sebagai kriteria untuk mengevaluasi kondisi awal air limbah. Seiring waktu, air limbah berubah warna dari abu-abu menjadi hitam.

c) Bau

Bau merupakan indikator dari proses pembusukan air limbah. Bau ini disebabkan oleh bahan yang mengandung zat mudah menguap, zat terlarut, dan produk samping dari proses pembusukan bahan organik. Umumnya, bau yang ditimbulkan dari air limbah disebabkan oleh penguraian bahan organik yang terkandung di dalamnya.

d) Suhu

Suhu air limbah berbeda dengan air biasa. Hal ini disebabkan oleh sampah dari dapur dan aktivitas lainnya. Hal ini dapat mempengaruhi umur biologis, viskositas, serta kadar oksigen atau gas terlarut dalam air limbah.

e) Kekeruhan

Kekeruhan adalah keadaan di mana cahaya tidak dapat masuk ke dalam air karena partikel dan zat tersuspensi yang terurai oleh hewan, bahan organik, mikroorganisme, lumpur, tanah, dan bahan tersuspensi lainnya.

2) Sifat kimia

a) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Jumlah oksigen yang diperlukan untuk oksidasi bahan organik diperoleh dengan mengoksidasi limbah dengan larutan asam dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) yang mendidih. Secara umum nilai COD (kebutuhan oksigen kimia) lebih besar dibandingkan dengan nilai BOD (kebutuhan oksigen biokimia). Hasil COD menunjukkan seberapa banyak air yang dihasilkan dari bahan organik yang dapat teroksidasi secara alami melalui proses mikroba sehingga mengurangi jumlah oksigen terlarut dalam air.

b) BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Parameter yang paling umum digunakan untuk menilai air limbah dan air baku adalah parameter BOD.

Spesifikasi ini dimaksudkan untuk mempelajari mikroorganisme yang menggunakan oksigen terlarut untuk mendegradasi bahan organik.

c) Minyak dan Lemak

Lemak dan minyak merupakan zat organik yang sulit diubah oleh bakteri menjadi senyawa sederhana dan relatif stabil. Komponen utamanya adalah minyak dan lemak nabati, serta banyak mengandung limbah. Lemak dan minyak yang terdapat pada limbah cair rumah tangga sering dibuang ke saluran pembuangan sebagai sisa makanan dari pabrik makanan.

Lemak dan minyak sulit terurai dan tidak larut dalam air. Residu minyak tertinggal di permukaan air, menutupi permukaan air dan mencegah cahaya menembus air. Keberadaan lapisan minyak ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut dalam air melalui proses oksigenasi. Hal ini menyebabkan ketidakseimbangan dalam rantai makanan perairan.

d) pH

Kadar pH pada limbah yang baik ialah yang memungkinkan hidupnya mikroorganisme. Apabila konsentrasi air limbah asam atau basa mempersulit proses biologi sehingga menghambat proses pengolahan. Nilai pH yang cocok untuk air minum dan air limbah adalah netral 7. Apabila nilai pH rendah, semakin asam air tersebut.

e) Amonia

Amonia adalah gas yang tidak berwarna tetapi berbau mengiritasi. Amonia (NH_3) bersifat iritasi dan korosif, meningkatkan pertumbuhan bakteri dan menghambat proses klorinasi. Amonia (NH_3) dalam larutan dan dapat berbentuk senyawa ionik ammonium

3) Sifat Biologis

Pemeriksaan biologi pada limbah untuk mengetahui apakah terdapat bakteri patogen yang terkandung. Pasalnya, sebagian besar bakteri yang terkandung dalam limbah memiliki peranan yang sangat penting dalam proses penguraian penguasaan parameter.

a) Coliform Dalam Bentuk Total Coliform

Bakteri koliform terdapat dalam kotoran manusia dan termasuk *Escherichia coli*. Keberadaan *E. coli* pada air limbah dapat berbahaya jika masuk ke sumber air dan dapat menyebabkan diare.

b) Jamur

Kondisi lingkungan yang lembab dapat menyebabkan tumbuhnya jamur di sekitar drainase. Kelompok koloni jamur dibentuk oleh jamur yang membantu menguraikan senyawa karbon seperti karbohidrat menjadi karbon dioksida dan energi.

c) Bakteri Pathogen Lainnya

Bakteri patogen lain yang dapat ditemukan pada air limbah berasal dari pembersihan peralatan dapur dan peralatan sanitasi. Kehadiran bakteri tersebut dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kolera, demam tifoid, dan disentri bila air limbah merembes ke sumber air minum.

2. Limbah cair rumah sakit

a. Pengertian Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair yang berasal dari fasilitas kesehatan adalah limbah cair yang dapat mengandung bahan kimia beracun dan radioaktif (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2013). Diperlukan upaya pengelolaan yang tepat, antara lain pengelolaan sumber daya manusia, peralatan dan perlengkapan, pembiayaan, serta penerapan praktik pengelolaan perumahan ramah lingkungan. (Departemen Kesehatan RI, 2013).

Pengelolaan limbah cair mengatakan bahwa salah satu cara untuk mengelola limbah cair adalah dengan mendistribusikan, mengolah, dan memeriksa limbah cair. Mereka berharap ini dapat mengurangi bahaya bagi kesehatan dan lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair. Limbah cair rumah sakit mengandung zat pencemar yang dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke lingkungan,

harus diolah terlebih dahulu untuk memastikan bahwa kualitasnya memenuhi standar kualitas air limbah.

b. Sumber Dan Karakteristik

- 1) Ruang laboratorium menghasilkan limbah cair dari proses pemeriksaan spesimen, reagen yang digunakan, pencucian peralatan, dan limbah cair dari kamar mandi dan WC.
- 2) Ruang operasi menghasilkan limbah cair seperti cairan tubuh bekas operasi, pencucian peralatan, dan limbah cair dari kamar mandi dan WC.
- 3) Ruang bersalin menghasilkan limbah cair dari bahan yang digunakan, seperti sabun bekas darah persalinan.
- 4) Instalasi gawat darurat menghasilkan limbah cair dari bahan yang dipakai
- 5) Instalasi gawat darurat, menghasilkan limbah cair dari UGD berupa air bekas pencucian luka dan lain-lain
- 6) Pelayanan medis, menghasilkan limbah cair dari air cuci tangan dan alat-alat yang di cuci.
- 7) Perawatan gigi, menghasilkan limbah cair dari pelayanan perawatan, air cuci tangan dan pencucian alat yang digunakan.
- 8) Farmasi, menghasilkan limbah cair berasal dari sisa sisa bungkus obat-obatan dan cuci tangan
- 9) Perawatan, menghasilkan limbah cair berasal dari kamar mandi dan WC.
- 10) Kamar mandi, menghasilkan limbah cair dari ruang perawatan ini berasal dari kamar mandi
- 11) Instalasi gizi, menghasilkan limbah cair dari instalasi gizi pada umumnya adalah proses pencucian dan pengolahan makanan untuk pasien.
- 12) Laundry, menghasilkan limbah cair dari hasil pencucian baik pakaian pasien, sprei, sarung bantal, handuk selimut dan linen rumah sakit.

c. Parameter Air Limbah

Untuk limbah rumah sakit, Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya menetapkan delapan kriteria. Limbah harus memenuhi standar mutu. Parameternya termasuk pH, BOD, COD, TSS, amonia (NH_3), fosfat, dan morfologi MPN E. coli. Penelitian ini secara khusus berkonsentrasi pada parameter amonia (NH_3).

d. Amonia (NH_3)

Amonia merupakan gas yang tidak terlihat, namun memiliki bau yang merangsang indra penciuman. Amonia dapat menyebabkan iritasi dan korosi, meningkatkan pertumbuhan mikroba, dan mengganggu proses klorinasi (Mallongi & B, 2018).

Amonia dalam air adalah amonium total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia bebas tidak dapat terionisasi, tetapi amonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Kandungan amonia bebas meningkat seiring dengan meningkatnya pH dan suhu. Dalam penelitian yang dilakukan (Suparno, 2016) menyatakan bahwa peningkatan pH air berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar amonia. Amonia dan garamnya mudah larut dalam air, kelarutan amonia dalam air dipengaruhi oleh suhu, dan kelarutan amonia menurun pada suhu tinggi. Suhu optimum untuk limbah cair adalah 25°C hingga 30°C . Tinggi rendahnya suhu mempengaruhi proses aktivitas mikroba dan merusak proses (Triyanta & Maharani, 2019). Sedangkan pH yang disarankan untuk air limbah beradadalam kisaran 6 -8 Jika kadar pH di atas (8) maka aktivitas mikroba berkurang atau tidak aktif bahkan mati Sebaliknya, nilai pH di bawah 6 memungkinkan jamur tumbuh dan bersaing dengan bakteri dalam metabolisme zat organik (Triyanta & Maharani, 2019)

1) Penguraian Amonia

Proses pengolahan amonia menggunakan bakteri aerob mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 , H_2O , NH_4 , dan energi. Sepanjang proses ini, jumlah massa mikroba dalam reaktor dipertahankan dan tercampur rata. Selain pemanfaatan bakteri, ketersediaan pasokan oksigen melalui alat mekanis seperti aerator/blower juga sangat penting. Selain fungsi suplai oksigen, diperlukan pencampuran yang memadai. Treatment untuk mendapatkan massa mikroba padat merupakan daur ulang lumpur dan pembuangan lumpur sampai batas tertentu (Said & Sya'bani, 2014)

2) Sumber

Amonia di limbah cair rumah sakit berasal dari urin, feses dan juga oksidasi mikrobiologis zat organik yang bersumber dari air alami atau limbah pabrik atau limbah rumah tangga. Sumber amonia lainnya adalah reduksi gas nitrogen dari limbah. Konsentrasi amonia yang tinggi selalu menunjukkan adanya indikator pencemaran, ketika amonia meningkat dalam air, konsentrasi amonia menyebabkan keracunan pada mikroorganisme yang hidup dalam air (Said & Sya'bani, 2014). Air limbah dari kegiatan pelayanan rumah sakit mengandung banyak zat organik, yang mana bakteri menghasilkan produk dan energi melalui proses penguraian secara aerobik. Apabila terjadi kekurangan oksigen pada proses penguraian senyawa organik maka akan mempengaruhi hasil akhir dari proses penguraian tersebut,

misalnya kandungan amoniak dan parameter lainnya tinggi dan melebihi baku mutu yang telah ditentukan (Rohmawati, 2019)

3) Pengolahan limbah cair rumah sakit

Teknologi pengolahan air limbah untuk mengolah air limbah rumah sakit pada dasarnya sama dengan teknologi pengolahan air limbah yang mengandung bahan pencemar organik lainnya. Beberapa faktor harus dipertimbangkan ketika memilih jenis prosedur yang akan digunakan antara lain:

- a) Kualitas limbah
- b) Kualitas air hasil olahan yang diharapkan
- c) Jumlah air limbah
- d) Lahan yang tersedia
- e) Sumber energi yang tersedia

Proses yang biasa digunakan untuk mengolah air limbah rumah sakit antara lain proses lumpur aktif, bioreaktor berputar (RBC), aerasi, biofiltrasi (upflow), dan proses pengolahan sistem biofilter aerobik dan anaerobic (W. M. Sari, 2015).

Menurut (W. M. Sari, 2015) Proses pengolahan air limbah rumah sakit menggunakan sistem filtrasi biologis anaerobik dan aerobik yang menggunakan mikroorganisme tambahan, termasuk bakteri *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Pseudomonas*, dan *Bacillus sp*, untuk memecah bahan organik (protein, karbohidrat, lemak, dapat menguraikan NH_3 dan NO secara anaerob, menghilangkannya). bau, dan meminimalkan jumlah patogen.

Menurut (Nugroho et al., 2022) Penambahan bakteri *growth bacteria 102* yang terdiri dari spesies mutan *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter* dan *Aeromonas* diuji mampu menurunkan konsentrasi air limbah. Proses pengolahan biologis (oksidasi biokimia) setelah tangki perantara sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi air limbah, logam berat mengalami penurunan sebesar 90,93% dan PB sebesar 87,9% pada indeks BOD yang berdampak signifikan.

Hasil penelitian (Pramaningsih et al., 2020) Efektivitas penurunan amonia di IPAL RSUD Abdul Wahab Sjahranie mencapai 99,88%. Hasil ini didasarkan pada waktu tinggal 24 jam di instalasi pengolahan air limbah konvensional. Perlakuan khusus meliputi peningkatan aerasi dan pemberian zat kimia, terutama amonia, untuk membantu proses penguraian limbah.

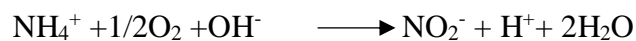
Berdasarkan penelitian (Harahap, 2013) Reduksi amonia menggunakan bakteri alami pada limbah cair (waktu tinggal 1, 3,

dan 5 hari). Rata-rata nilai efektif pada hari pertama sebesar 11,87%, pada hari ketiga sebesar 26,05, dan pada hari kelima sebesar 43,42%. melihat dari hasil tersebut waktu tinggal mempengaruhi tingkat efektivitas amonia, semakin lama waktu tinggal semakin tinggi juga nilai efektifitasnya, selain waktu tinggal jumlah beban pencemar dan debit air limbah merupakan salah satu faktor yang juga mempengaruhi turunya nilai efektivitas.

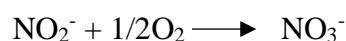
4) Prinsip Kerja Bioinokulan Dalam Menurunkan Amonia

Prinsip kerja bioinokulan untuk penguraian amonia adalah proses nitrifikasi berlangsung dalam kondisi aerobik. Proses nitrifikasi yang berlangsung terdiri dari dua tahap yaitu nitritasi dan nitritasi dengan reaksi sebagai berikut(Laksana & Purnomo, 2021):

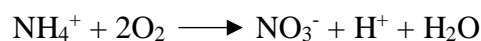
- a) Tahap nitritasi adalah tahapan dimana proses merubah amonia menjadi nitrit yang dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* dalam kondisi aerob



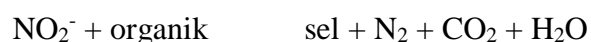
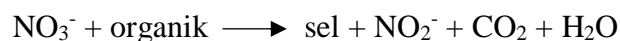
- b) Tahap nitritasi adalah tahapan dimana proses merubah nitrit menjadi nitrat yang dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* dalam kondisi aerob



Secara keseluruhan proses nitrifikasi sebagai berikut:



Sementara itu, denitrifikasi ialah proses nitrat menjadi nitrit dan kemudian menjadi gas nitrogen. Berikut proses Reaksi penguraian nitrit dan nitrat :



Proses berkelanjutan dicirikan oleh persentase stabil yang meningkat secara signifikan dari waktu ke waktu. Dapat disimpulkan bahwa ketika kondisi stabil tercapai, bakteri

pengurai dapat tumbuh dan berfungsi secara optimal sehingga menurunkan kadar amonia.

e. Teknik Pengambilan Sampel

Dalam pengambilan sampel air, serng dapat menggunakan metode berikut:

- 1) Sampel sesaat, atau sampel, yang diambil langsung dari badan air yang dipantau. Sampel ini hanya menunjukkan sifat air saat pengambilan sampel.
- 2) Sampel komposit adalah campuran sampel dari berbagai waktu pengamatan. Jika Anda ingin mengetahui karakteristik kualitas air secara terus-menerus, pengambilan sampel komposit dapat dilakukan secara manual atau secara otomatis dengan menggunakan peralatan yang dapat mengambil sampel pada waktu tertentu sambil mengukur debit air. Pengambilan sampel secara otomatis hanya dapat dilakukan jika Anda ingin mengetahui karakteristik kualitas air secara terus-menerus.
- 3) Sampel gabungan tempat, juga disebut integrate sampel, adalah sampel gabungan yang memiliki volume yang sama yang diambil secara terpisah dari berbagai tempat.

f. Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Satu bagian dari upaya rumah sakit untuk menyehatkan lingkungannya adalah pengelolaan limbah cair. Pengolahan limbah cair bertujuan untuk melindungi masyarakat sekitar dari bahan pencemar lingkungan. Berikut adalah persyaratan pengolahan limbah cair yang harus dipenuhi untuk air limbah yang tidak diolah (Einha Eunike, 2019):

- 1) Dari perspektif kesehatan, organisme patogen tidak dapat menyebar secara langsung selama proses pengolahan, baik tanpa kontak langsung maupun secara kontak langsung.
- 2) Dalam hal penggunaan, pengolahan limbah cair dapat menjadi produk yang bermanfaat.

- 3) Secara ekologi, effluent dan lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan harus memenuhi standar mutu limbah cair rumah sakit.
- 4) Dari segi biaya, untuk keperluan biaya operasional dan pemeliharaan instalasi pengolahan air limbah tersedia dengan kondisi ekonomi cukup untuk pembiayaan operasional dan pemeliharaan.

Berdasarkan dari setiap tahap pengolahan limbah cair terdapat tahapan-tahapan dalam pengolahannya:

a) Pengolahan awal (*Pre Treatment*)

Limbah cair sebelum masuk proses pengolahan dilakukan pembersihan yang berguna untuk mempercepat proses pengolahan serta melindungi instalasi pengolahan air limbah dari kerusakan system, pada tahap ini pengolahan yang berlangsung yaitu berupa pemilahan benda berukuran besar dan yang mengapung misalnya sampah lainnya.

b) Pengolahan Tahap Pertama (*Primary Treatment*)

Pengolahan primer adalah proses pengolahan fisik. Pengolahan ini dilakukan untuk menghilangkan zat-zat yang mengapung seperti lemak dan zat-zat yang mengendap seperti solid suspensi. Pada tahap ini, partikel berukuran besar akan dipilah melalui proses penyaringan dan pengendapan. Pada tahap pertama, mereka memiliki kemampuan untuk mengurangi 30% BOD dan 60% partikel terlarut. Mereka juga mengolah limbah sebelum memasuki tahap pengolahan kedua. Salah satu contoh unit pengolahan pertama adalah saringan kasar (dikenal sebagai bar screen), saringan halus (dikenal sebagai screening), dan bak equalisasi.

c) Pengolahan Tahap Kedua (*Secondary Treatment*)

Dalam pengolahan kedua, juga dikenal sebagai pengolahan sekunder, proses perlakuan biologis digunakan untuk mengubah bahan organik dalam limbah cair menjadi padatan terlarut yang dapat diendapkan pada bak sedimentasi. Contoh pengolahan

pada tahap ini meliputi flokulasi, koagulasi, sludge yang diaktifkan, dan filter yang berputar.

d) Pembunuhan Kuman (*Desinfection*)

Tujuan dari proses desinfeksi adalah untuk mengurangi atau membunuh bakteri pathogen dalam limbah cair. Kedua zat pembunuh dan mikroorganismenya sendiri memengaruhi kematian mikroorganismenya. Dalam memilih desinfektan, Anda harus mempertimbangkan daya racun kimia, waktu kontak yang diperlukan, dosis yang rendah, tidak berbahaya bagi manusia atau hewan, dan biaya penggunaan massal yang murah.

e) Pengolahan Akhir

Lumpur yang sudah tidak terpakai tidak mencemari lingkungan karena kadar air lumpur turun selama pengolahan terakhir.

g. Proses Pengolahan Limbah Aerob Dan Anaerob

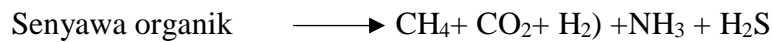
1) Aerob

Tidak seperti proses anaerobik, proses aerobik menghasilkan lebih banyak pengolahan dari proses anaerobik yang masih mengandung zat organik, dan nutrisi diubah oleh sel bakteri menjadi sel bakteri baru dalam kondisi kandungan oksigen yang cukup. Dalam proses biofilter aerobik, senyawa amonium diubah menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat. Ini adalah mekanisme penguraian senyawa amonium yang ada pada lapisan biofilm (Rahayu & JAR, 2019)

2) Anaerob

Pengolahan limbah anaerobik menguraikan zat organik atau anorganik tanpa oksigen. Hasil akhir dari dekomposisi anaerobik adalah gas, terutama metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), tetapi juga hidrogen sulfida (H_2S) dan hidrogen (H_2). Dalam proses anaerobik ini, bahan organik dipecah oleh mikroorganismenya. Dalam proses mikrobiologis penguraian anaerobik, kelompok mikroorganismenya, biasanya berperan dalam transformasi senyawa

organik kompleks menjadi metana. reaksi digambarkan sebagai berikut (Rahayu & JAR, 2019):



h. Dampak Limbah Cair Rumah Sakit

Jika air limbah yang kaya akan zat organik dan anorganik tidak dikelola dengan baik, dapat berdampak buruk pada orang dan lingkungan sekitarnya. Beberapa efek buruk air limbah mobil adalah sebagai berikut:

1) Gangguan Kesehatan

Air limbah mengandung berbagai jenis penyakit yang ditransmisikan melalui air, yang dapat menyebabkan gejala melalui perantara air. Penyakit yang ditransmisikan melalui air kesehatan tubuh sangat mudah menular kepada orang yang mengkonsumsinya. Air limbah yang kotor dapat menjadi sarang ektor seperti nyamuk, kecoa, lalat, dan lain-lain. Anda mungkin tidak menyadarinya. Karena air limbah mengandung berbagai senyawa organik dan anorganik, senyawa yang bersifat racun juga dapat menyebabkan kematian dan penderitaan bagi individu yang mengkonsumsinya.

2) Krusakan Lingkungan

Pencemaran air dapat terjadi pada permukaan badan air jika air limbah yang dibuang ke badan air tidak memenuhi standar.

Ketika bahan organik dalam sampah mengalir langsung ke badan air, hal ini dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut di dalam air. Kurangnya oksigen terlarut mengganggu kehidupan di dalam air, membunuh bakteri di dalam air, menimbulkan bau tidak sedap dan menghentikan proses pembusukan.

3) Gangguan Terhadap Nilai Estetika

Air limbah yang tercemar mengandung berbagai zat pencemar yang mengganggu kesehatan maupun yang tidak mengganggu kesehatan dapat mengurangi nilai ke estetikan. Contohnya limbah yang berwarna keruh menjadikan perubahan warna pada badan air hal ini lah sudah termasuk gangguan nilai estetika pada badan air yang

menjadi tempat saluran pembuangan air limbah, selain itu limbah yang dibuang juga mengandung sisa bahan-bahan yang belum terurai dengan sempurna sehingga menghasilkan gas-gas yang berbau.

4) Gangguan Kerusakan Benda

Limbah cair yang terdiri dari berbagai zat kimia dan berbagai jenis bakteri, termasuk bakteri anaerobik, berubah menjadi senyawa H₂S, yang mempercepat proses korosi bahan besi, menyebabkan biaya perawatan yang lebih tinggi dan kerugian material.

Karena air limbah rumah sakit dihasilkan dari berbagai aktivitas rumah sakit, termasuk nutrisi, atau makanan itu sendiri, banyak limbah yang mengandung lemak yang menggumpal pada suhu ruangan dan meleleh pada suhu lingkungan yang tinggi. Lemak cair yang dibuang melalui saluran limbah lama kelamaan akan menumpuk sehingga menyebabkan penyumbatan pada saluran limbah, selain mengalami penyumbatan lemak yang menempel dapat merusak benda dimana lemak itu menempel hal tersebut biasanya awal mulanya kerusakan saluran limbah.

3. Bioinokulan

a. Pengertian

Bioinokulan merupakan bakteri yang mampu mendegradasi limbah cair, bioinokulan ini merupakan salah satu hasil teknologi tepat guna. Bakteri fotosintetik, jamur fermentasi, bakteri asam laktat, dan ragi adalah kelompok mikroorganisme fermentatif yang bermanfaat (Badrah *et al.*, 2021).

b. Tujuan Penambahan Bioinokulan

Tujuan penambahan bioinokulan pada masukan bak pengumpul adalah untuk membantu dalam proses menurunkan parameter pencemar. Mikroorganisme ini sangat spesifik dalam bekerja sama untuk mendegradasi senyawa organik dan menangkap gas berbau seperti H₂S, amonia, dll (Badrah *et al.*, 2021).

c. Peranan Bakteri Yang Ada Di Bioinokulan

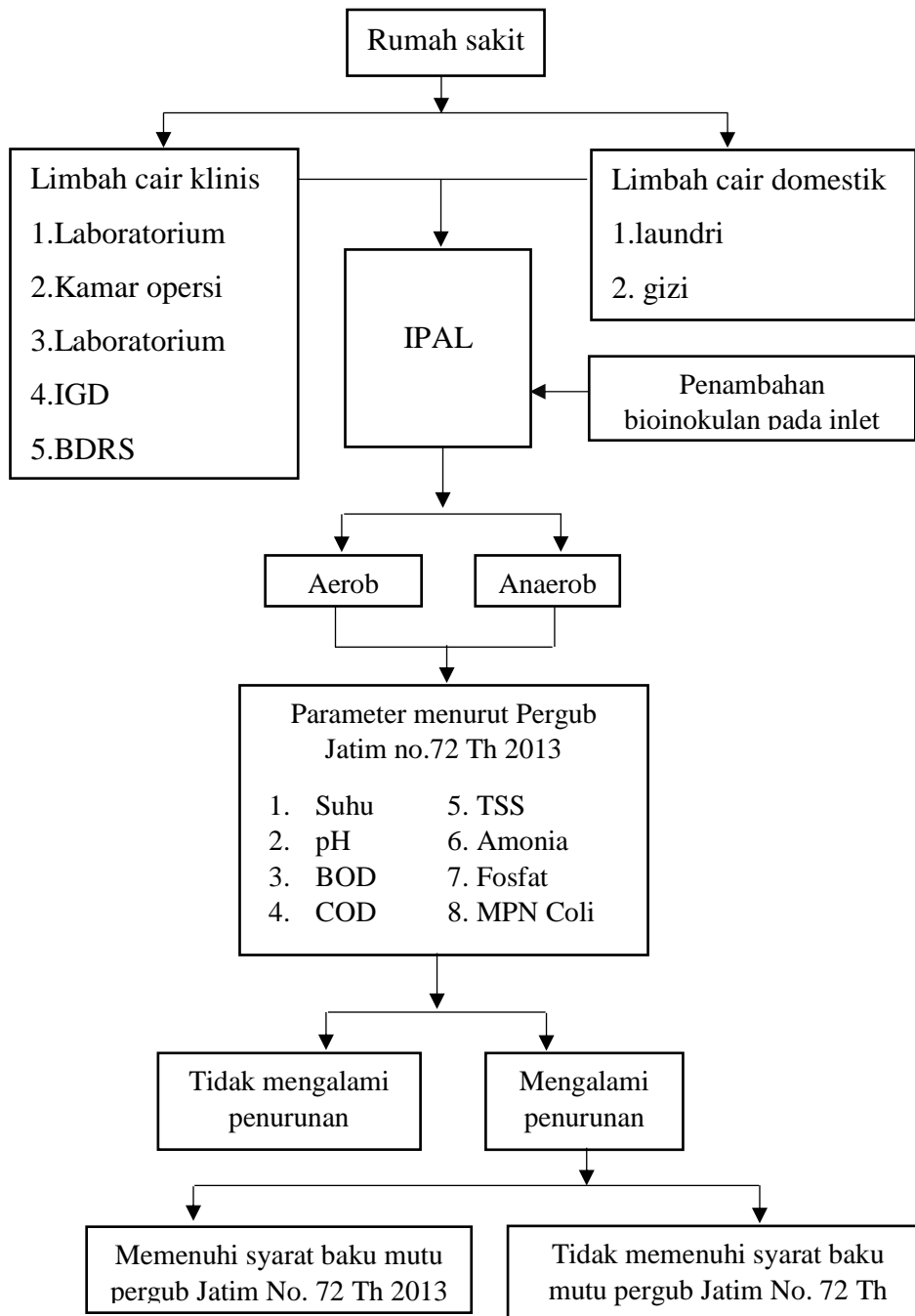
Sebagian air limbah bersifat biodegradable, artinya mudah terurai oleh alam atau mikroba. Akibat aktivitas mikroba yang berlebihan, komposisi bahan organik limbah pasti mencemari lingkungan. Namun, sistem biodegradasi ini sebenarnya merupakan metode yang ideal untuk pengolahan air limbah jika dipantau dengan baik dan dikelola dengan baik. Teknologi bioinokulan adalah solusi alternatif untuk menangani limbah cair. Bakteri dalam bioinokulan termasuk *Nitrobacter sp.*, *Nitrosomonas sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Saccharomyces sp.*, dan *Acetobacter sp.*, yang memiliki kemampuan untuk mengurai limbah. Bakteri ini melakukan berbagai fungsi di dalam bioinokulan:

- 1) *Nitrobacter sp* dan *Nitrosomonas sp* berperan dalam proses penguraian amonia, bakteri *Nitrosomonas sp* mengubah amonia menjadi nitrit dan bakteri *Nitrobacter sp* mengubah nitrit menjadi nitrat (Laksana & Purnomo, 2021).
- 2) *Pseudomonas sp* merupakan salah satu mikroorganisme yang dimanfaatkan sebagai penanganan limbah secara biologi (Dano et al., 2014). Bakteri *Pseudomonas sp* memiliki peranan penting dalam proses dekomposisi, biodegradasi siklus karbon dan nitrogen, bakteri ini banyak ditemukan di air dan di tanah
- 3) *Bacillus sp* dapat memfermentasi gula seperti glukosa, laktosa dan maltosa. *Bacillus sp* juga memiliki kemampuan memanfaatkan bahan organik dalam limbah dengan melepaskan enzim. Tujuan pelepasan enzim adalah untuk memecah senyawa organik untuk menghasilkan produk samping seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), hidrogen (H₂), dan air (H₂O), serta membantu proses metabolisme menghasilkan energi. *Bacillus sp* bakteri berasal dari tanah, air, udara, dan bahan tanaman yang membusuk. (Indriyasari, 2021)

- 4) *Lactobacillus sp* adalah bakteri asam laktat yang memecah glukosa, asam amino, asam lemak, dan bahan organik yang terlarut dalam limbah cair. (Akhirruliawati & Amal, 2009)
Merurut (S. A. Sari et al., 2022) Jamur fermentasi (*Saccharomyces sp.*) membantu bakteri asam laktat memfermentasi bahan organik menjadi asam laktat, yang mempercepat penguraiannya.
 - 5) *Saccharomyces sp* mengubah bahan organik menjadi senyawa organik yang lebih kecil saat difermentasi (S. A. Sari et al., 2022). Selain itu, dia berpartisipasi dalam proses fermentasi, yang membuat bahan organik membusuk lebih cepat (Akhirruliawati & Amal, 2009).
 - 6) *Acetobacter sp* berpartisipasi dalam proses pembusukan, menghilangkan bau, dan mengontrol bakteri patogen karena bakteri ini menghasilkan antibiotik (Akhirruliawati & Amal, 2009)
- d. Faktor-faktor Pengontrol Nitrifikasi: Dalam proses pengolahan air, faktor-faktor berikut mengontrol proses nitrifikasi, yang menyebabkan penurunan amonia (Widayat et al., 2018):
- 1) Oksigen Terlarut (Oxygen Dissolved)
Nitrifikasi terjadi dalam kondisi aerob, jadi sangat penting untuk memiliki oksigen. Proses nitrifikasi berjalan dengan baik jika DO lebih dari 1 mg/l.
 - 2) Suhu pertumbuhan bakteri antara 8 dan 30 derajat Celcius, dengan suhu terbaik sekitar 30 derajat Celcius.
 - 3) pH pertumbuhan *nitrosomonas* dan *nitrobacter* ideal adalah 7,5-8,5, dan pertumbuhan terhambat pada pH di bawah 6.

C. Kerangka Teori

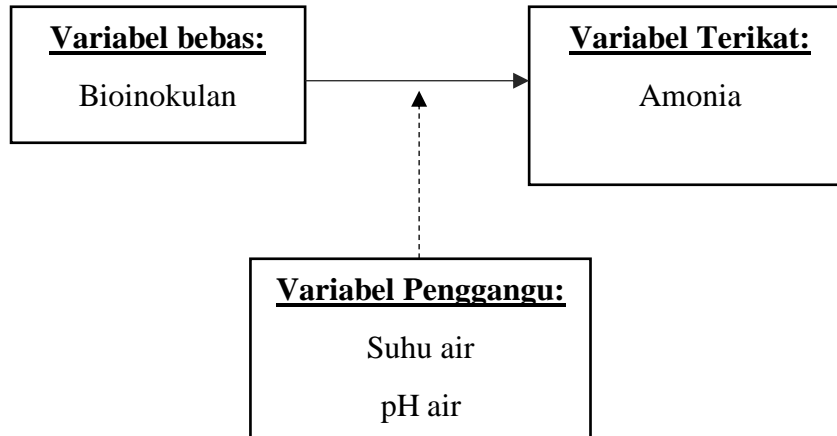
Kerangka teori dalam penelitian kali ini sebagai berikut:



Gambar II.1 Kerangka Teori

D. Kerangka konsep

Kerangka konsep dalam penelitian kali ini sebagai berikut:



Gambar II.2 Kerangka Konsep

Keterangan :

Diteliti : —————>

Tidak diteliti : - - - - ->

