BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Pengertian SPPG

SPPG (Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi) merupakan suatu fasilitas pelayanan yang berfungsi untuk menyediakan, mengolah, dan mendistribusikan makanan bergizi kepada kelompok sasaran tertentu. Kegiatan yang dilakukan di SPPG meliputi pengolahan bahan makanan, pencucian bahan pangan, pencucian alat masak dan alat makan, hingga kegiatan sanitasi lingkungan. Aktivitas tersebut menghasilkan limbah cair yang berasal dari sisa makanan, minyak dan lemak, deterjen, serta air bekas pencucian (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023).

Dalam operasionalnya, SPPG memiliki potensi menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi. Limbah cair tersebut apabila tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, menimbulkan bau, meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme patogen, dan menurunkan kualitas badan air di sekitar lokasi. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair menjadi bagian penting dalam penerapan higiene dan sanitasi lingkungan pada fasilitas pelayanan pangan (Herliana, 2025).

Limbah cair merupakan sisa hasil suatu kegiatan yang berwujud cair dan mengandung zat pencemar yang dapat mempengaruhi kualitas lingkungan. Limbah cair dapat berasal dari kegiatan domestik, industri, pelayanan kesehatan, maupun kegiatan pengolahan makanan. Kandungan pencemar dalam limbah cair umumnya terdiri dari bahan organik, bahan anorganik, minyak dan lemak, deterjen, mikroorganisme, serta padatan tersuspensi (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

Limbah cair dari kegiatan pengolahan makanan biasanya memiliki kandungan Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), serta minyak dan lemak yang cukup tinggi. Kandungan tersebut dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut di perairan sehingga mengganggu kehidupan organisme air apabila limbah dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu (Putri, 2022).

Pengolahan limbah cair dilakukan melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dirancang untuk menurunkan kadar pencemar sebelum air limbah dibuang ke lingkungan. Sistem IPAL umumnya menggunakan proses fisik, kimia, dan biologis untuk mengurangi kandungan bahan pencemar agar memenuhi baku mutu yang berlaku. Keberadaan IPAL sangat penting dalam mendukung upaya perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat (Ardhianto, 2024).

Evaluasi terhadap kinerja IPAL perlu dilakukan secara berkala untuk mengetahui efektivitas sistem pengolahan yang digunakan. Evaluasi meliputi pemeriksaan kondisi unit pengolahan, pengukuran debit limbah, serta analisis kualitas air limbah sebelum dan sesudah pengolahan. Hasil evaluasi dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan perbaikan maupun redesign sistem IPAL apabila ditemukan ketidaksesuaian dengan baku mutu air limbah (Septiana, 2024).

Redesign atau perencanaan ulang IPAL dilakukan apabila sistem pengolahan yang ada sudah tidak mampu mengolah limbah secara optimal. Hal tersebut dapat disebabkan oleh peningkatan debit limbah, perubahan karakteristik limbah, kerusakan unit pengolahan, atau desain yang kurang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Redesign bertujuan meningkatkan efisiensi pengolahan sehingga kualitas efluen dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan (Sah, 2022).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap kegiatan yang menghasilkan air limbah wajib melakukan pengelolaan agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair melalui sistem IPAL yang efektif menjadi salah satu upaya penting dalam menjaga kualitas lingkungan dan mendukung terciptanya sanitasi yang sehat (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

a. Pengertian Limbah Cair

Limbah cair merupakan sisa hasil suatu kegiatan yang berwujud cair dan sudah tidak digunakan lagi sehingga berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair dapat berasal dari berbagai aktivitas, seperti kegiatan domestik, industri, pelayanan kesehatan, perdagangan, maupun pengolahan makanan. Kandungan dalam limbah cair umumnya terdiri dari bahan organik, bahan anorganik, mikroorganisme, minyak dan lemak, deterjen, serta zat kimia lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas lingkungan perairan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, limbah cair merupakan air sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan pencemar sehingga memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Pengelolaan limbah cair dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran air yang dapat mengganggu ekosistem dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, setiap kegiatan yang menghasilkan limbah cair wajib melakukan pengolahan sesuai dengan ketentuan yang berlaku (KLHK RI, 2022).

Limbah cair memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologis yang berbeda tergantung sumber kegiatan yang menghasilkannya.

Karakteristik fisik meliputi warna, bau, suhu, dan kekeruhan. Karakteristik kimia meliputi kandungan Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), pH, amonia, minyak dan lemak, serta Total Suspended Solid (TSS). Sementara itu, karakteristik biologis berkaitan dengan keberadaan mikroorganisme patogen yang dapat menimbulkan penyakit (Metcalf & Eddy, 2021).

Limbah cair dari kegiatan pengolahan makanan umumnya memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi. Kandungan tersebut berasal dari sisa makanan, minyak goreng, lemak, protein, serta bahan pencuci seperti deterjen. Apabila limbah cair dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan, maka dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut di perairan dan mengganggu kehidupan organisme akuatik (Putri, 2022).

Pencemaran akibat limbah cair dapat menimbulkan berbagai dampak terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dampak lingkungan yang dapat terjadi antara lain menurunnya kualitas air, timbulnya bau tidak sedap, meningkatnya pertumbuhan mikroorganisme patogen, serta kerusakan ekosistem perairan. Selain itu, limbah cair yang tercemar juga dapat menjadi media penyebaran penyakit berbasis lingkungan seperti diare, kolera, dan penyakit kulit (Herliana, 2025).

Untuk mengurangi dampak pencemaran, limbah cair perlu diolah menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sistem pengolahan limbah cair dapat dilakukan melalui proses fisik, kimia, maupun biologis. Pengolahan fisik dilakukan melalui penyaringan dan sedimentasi, pengolahan kimia dilakukan dengan penambahan bahan tertentu, sedangkan pengolahan biologis memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam limbah cair (Ardhianto, 2024).

Keberhasilan pengolahan limbah cair ditentukan oleh kemampuan sistem IPAL dalam menurunkan kadar pencemar hingga memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Oleh karena itu, evaluasi dan pengelolaan sistem pengolahan limbah cair perlu dilakukan secara berkala agar kualitas efluen tetap aman bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat (Septiana, 2024).

b. Air Limbah

Air limbah merupakan sisa air dari suatu kegiatan yang telah mengalami penurunan kualitas akibat adanya bahan pencemar sehingga tidak dapat langsung digunakan sesuai peruntukannya. Air limbah dapat berasal dari kegiatan domestik, komersial, industri, maupun fasilitas pelayanan umum yang menghasilkan kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, minyak dan lemak, serta mikroorganisme pathogen.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair dan dibuang ke lingkungan sehingga perlu diolah terlebih dahulu agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

c. Karakteristik Limbah Cair SPPG

Karakteristik limbah cair merupakan gambaran mengenai sifat fisik, kimia, dan biologis yang terkandung dalam air limbah sebagai hasil buangan dari suatu kegiatan. Karakteristik limbah cair perlu diketahui untuk menentukan tingkat pencemaran, memilih metode pengolahan yang sesuai, serta mengevaluasi efektivitas sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Setiap jenis kegiatan menghasilkan karakteristik limbah yang berbeda-beda tergantung pada bahan baku, proses produksi, penggunaan air, serta aktivitas operasional yang dilakukan. Limbah cair dari kegiatan domestik dan pengolahan makanan umumnya didominasi oleh

kandungan bahan organik, minyak dan lemak, deterjen, serta mikroorganisme patogen (Metcalf & Eddy, 2021).

1) Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik limbah cair meliputi warna, bau, suhu, kekeruhan, dan kandungan padatan. Warna limbah cair biasanya dipengaruhi oleh sisa bahan organik, zat kimia, maupun partikel tersuspensi yang terdapat di dalam air limbah. Limbah cair dari kegiatan pengolahan makanan cenderung berwarna keruh kecoklatan akibat campuran sisa makanan, minyak, dan bahan pencuci. Bau pada limbah cair umumnya muncul akibat proses penguraian bahan organik secara anaerob yang menghasilkan gas seperti amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S). Bau tidak sedap menjadi salah satu indikator tingginya kandungan bahan organik dalam limbah cair serta menunjukkan terjadinya pembusukan akibat aktivitas mikroorganisme (Tchobanoglous, 2022).

Suhu merupakan salah satu parameter fisik yang penting dalam karakteristik limbah cair. Limbah cair dengan suhu tinggi dapat menurunkan kadar oksigen terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di perairan sehingga mengganggu kehidupan organisme akuatik. Selain itu, suhu yang terlalu tinggi juga dapat mempengaruhi efektivitas proses biologis dalam IPAL karena mikroorganisme memiliki batas toleransi suhu tertentu untuk dapat bekerja secara optimal. Limbah cair dari aktivitas dapur dan pencucian peralatan umumnya memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan suhu lingkungan karena penggunaan air panas dalam proses operasional (KLHK RI, 2022).

Karakteristik fisik lainnya adalah Total Suspended Solid (TSS), yaitu jumlah partikel padat yang melayang atau tersuspensi dalam air limbah. TSS dapat berasal dari sisa makanan, pasir, lumpur, lemak, maupun bahan organik lainnya.

Kandungan TSS yang tinggi menyebabkan air limbah menjadi keruh dan berpotensi menimbulkan sedimentasi pada badan air penerima. Selain mengganggu estetika lingkungan, tingginya TSS juga dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air sehingga mengganggu proses fotosintesis organisme perairan. Pada sistem IPAL, kandungan TSS yang tinggi dapat menyebabkan penyumbatan saluran dan menurunkan efisiensi pengolahan biologis (Metcalf & Eddy, 2021).

2) Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia limbah cair berkaitan dengan kandungan zat pencemar kimia yang terdapat dalam air limbah. Salah satu parameter utama adalah pH yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan limbah cair. Nilai pH yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat mengganggu kehidupan organisme air serta mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam proses pengolahan biologis. Air limbah domestik dan pengolahan makanan umumnya memiliki pH berkisar antara 6–9, namun penggunaan bahan pembersih tertentu dapat menyebabkan perubahan nilai pH menjadi lebih asam atau basa (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

Parameter kimia lainnya adalah Biological Oxygen Demand (BOD), yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah secara biologis. Semakin tinggi nilai BOD, maka semakin besar kandungan bahan organik dalam limbah cair tersebut. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan bahwa air limbah memiliki potensi besar dalam menurunkan kadar oksigen terlarut di badan air penerima. Apabila kadar oksigen menurun drastis, maka organisme perairan seperti ikan dan plankton dapat mengalami kematian akibat kekurangan oksigen (Putri, 2022).

Selain BOD, parameter Chemical Oxygen Demand (COD) juga digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran limbah cair. COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik dan anorganik secara kimiawi. Nilai COD umumnya lebih tinggi dibandingkan BOD karena mencakup seluruh senyawa yang dapat teroksidasi, baik yang dapat diuraikan secara biologis maupun yang sulit terdegradasi. Tingginya nilai COD menunjukkan bahwa limbah cair mengandung zat pencemar dalam jumlah besar sehingga memerlukan pengolahan yang optimal sebelum dibuang ke lingkungan (Metcalf & Eddy, 2021).

3) Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan parameter khas pada limbah cair dari kegiatan pengolahan makanan dan dapur. Kandungan minyak dan lemak berasal dari sisa penggorengan, pencucian alat masak, serta sisa makanan berlemak. Minyak dan lemak dapat membentuk lapisan tipis di permukaan air yang menghambat masuknya oksigen ke dalam air. Selain itu, minyak dan lemak juga dapat menyebabkan penyumbatan pada saluran perpipaan dan mengganggu proses pengolahan biologis di dalam IPAL. Oleh karena itu, limbah cair dengan kandungan minyak dan lemak tinggi umumnya memerlukan unit grease trap sebagai pengolahan awal sebelum memasuki unit pengolahan utama (KLHK RI, 2022).

4) Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia lainnya yang sering ditemukan pada limbah cair adalah kandungan amonia, fosfat, deterjen, dan logam berat. Amonia biasanya berasal dari penguraian protein dan sisa bahan makanan, sedangkan fosfat berasal dari penggunaan deterjen dan bahan pembersih. Kandungan fosfat yang tinggi dapat menyebabkan eutrofikasi pada badan air, yaitu

pertumbuhan alga secara berlebihan akibat tingginya nutrien dalam perairan. Selain itu, deterjen yang terkandung dalam limbah cair dapat menghasilkan busa dan mengganggu kualitas air apabila dibuang tanpa pengolahan yang baik (Herliana et al., 2025).

5) Karakteristik Biologi

Karakteristik biologis limbah cair berkaitan dengan keberadaan mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit yang dapat menyebabkan penyakit. Limbah cair domestik dan pengolahan makanan umumnya mengandung bakteri coliform dan fecal coliform yang digunakan sebagai indikator pencemaran biologis. Keberadaan mikroorganisme patogen dalam limbah cair dapat meningkatkan risiko penularan penyakit berbasis lingkungan seperti diare, tifus, kolera, dan penyakit kulit apabila limbah dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair tidak hanya bertujuan menurunkan kandungan bahan pencemar kimia, tetapi juga mengurangi jumlah mikroorganisme patogen agar aman bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat (Septiana, 2024).

Karakteristik limbah cair dari kegiatan pengolahan makanan memiliki ciri khas berupa kandungan bahan organik, minyak dan lemak, TSS, serta deterjen yang relatif tinggi. Limbah tersebut berasal dari pencucian bahan makanan, pencucian alat makan dan alat masak, sisa kuah, minyak goreng, dan kegiatan sanitasi dapur. Apabila tidak dilakukan pengolahan dengan baik, limbah cair tersebut dapat mencemari lingkungan dan menyebabkan penurunan kualitas badan air di sekitar lokasi kegiatan. Oleh karena itu, diperlukan sistem IPAL yang sesuai dengan karakteristik limbah cair agar proses pengolahan dapat berjalan secara optimal dan

kualitas efluen memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah (Ardhianto et al., 2024).

d. Limbah Cair Pengolahan Pangan

Limbah cair merupakan sisa hasil suatu kegiatan yang berwujud cair dan mengandung bahan pencemar yang dapat menurunkan kualitas lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair dapat berasal dari kegiatan domestik, industri, pelayanan kesehatan, perdagangan, maupun pengolahan makanan. Pada kegiatan pengolahan makanan, limbah cair umumnya berasal dari proses pencucian bahan makanan, pencucian alat masak dan alat makan, sisa kuah makanan, minyak goreng, serta kegiatan sanitasi dapur. Limbah cair tersebut biasanya mengandung bahan organik, minyak dan lemak, deterjen, padatan tersuspensi, serta mikroorganisme patogen yang berpotensi mencemari lingkungan perairan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

Limbah cair dari kegiatan pengolahan makanan memiliki karakteristik dengan kandungan Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), minyak dan lemak yang relatif tinggi. Kandungan bahan organik yang tinggi menunjukkan banyaknya zat pencemar yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Apabila limbah cair dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan, maka proses penguraian bahan organik akan mengurangi kadar oksigen terlarut di perairan sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme akuatik dan menyebabkan pencemaran lingkungan (Metcalf & Eddy, 2021).

Selain bahan organik, limbah cair pengolahan makanan juga mengandung minyak dan lemak yang berasal dari aktivitas memasak dan pencucian peralatan dapur. Kandungan minyak dan

lemak dapat membentuk lapisan di permukaan air yang menghambat proses difusi oksigen ke dalam air. Selain itu, minyak dan lemak dapat menyebabkan penyumbatan saluran perpipaan dan mengganggu proses biologis pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Oleh karena itu, pengolahan awal seperti grease trap sangat diperlukan untuk memisahkan minyak dan lemak sebelum limbah cair memasuki unit pengolahan utama (KLHK RI, 2022).

Pengolahan air limbah merupakan suatu proses yang dilakukan untuk menurunkan kadar pencemar dalam limbah cair agar memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan air limbah dilakukan menggunakan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dirancang sesuai karakteristik limbah yang dihasilkan. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah mengurangi kandungan bahan pencemar, mencegah pencemaran lingkungan, menjaga kualitas sumber air, dan melindungi kesehatan masyarakat dari dampak buruk limbah cair (Ardhianto et al., 2024).

Secara umum, proses pengolahan air limbah terdiri atas pengolahan fisik, kimia, dan biologis. Pengolahan fisik dilakukan untuk memisahkan partikel padat melalui proses penyaringan, sedimentasi, dan flotasi. Proses ini bertujuan mengurangi kandungan Total Suspended Solid (TSS) serta partikel kasar yang dapat mengganggu unit pengolahan berikutnya. Pada limbah cair pengolahan makanan, unit fisik seperti grease trap dan bak pengendap awal menjadi bagian penting dalam mengurangi kandungan minyak, lemak, dan padatan kasar (Tchobanoglous et al., 2022).

Pengolahan kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tertentu untuk membantu proses pengendapan, netralisasi, maupun oksidasi bahan pencemar. Proses kimia umumnya

digunakan apabila limbah cair mengandung zat pencemar yang sulit diuraikan secara biologis. Contoh pengolahan kimia antara lain koagulasi, flokulasi, penyesuaian pH, dan desinfeksi menggunakan klorin atau bahan kimia lainnya. Pengolahan kimia dapat meningkatkan efektivitas penyisihan bahan pencemar sebelum limbah dibuang ke lingkungan (Metcalf & Eddy, 2021).

Pengolahan biologis merupakan metode yang paling umum digunakan pada pengolahan limbah cair domestik dan pengolahan makanan. Proses ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pengolahan biologis dapat dilakukan secara aerob maupun anaerob. Sistem aerob memerlukan suplai oksigen untuk membantu pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan sistem anaerob bekerja tanpa oksigen. Beberapa teknologi biologis yang banyak digunakan antara lain activated sludge, biofilter, anaerobic baffled reactor (ABR), dan moving bed biofilm reactor (MBBR) (Putri et al., 2022).

Keberhasilan sistem pengolahan air limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti debit limbah, karakteristik limbah, waktu tinggal hidrolik (Hydraulic Retention Time/HRT), kondisi operasional, serta pemeliharaan unit pengolahan. Apabila sistem IPAL tidak dirancang sesuai karakteristik limbah, maka efisiensi pengolahan dapat menurun dan kualitas efluen berpotensi tidak memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, evaluasi dan pemeliharaan sistem pengolahan air limbah perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan seluruh unit bekerja secara optimal (Septiana et al., 2024).

Pengolahan air limbah yang tidak optimal dapat menyebabkan berbagai dampak lingkungan seperti pencemaran air permukaan, pencemaran tanah, timbulnya bau tidak sedap, serta peningkatan pertumbuhan mikroorganisme patogen. Selain

itu, air limbah yang tidak memenuhi baku mutu juga dapat membahayakan kesehatan masyarakat melalui penyebaran penyakit berbasis lingkungan. Oleh sebab itu, setiap kegiatan yang menghasilkan limbah cair wajib memiliki sistem pengolahan air limbah yang memadai sesuai ketentuan yang berlaku (Herliana et al., 2025).

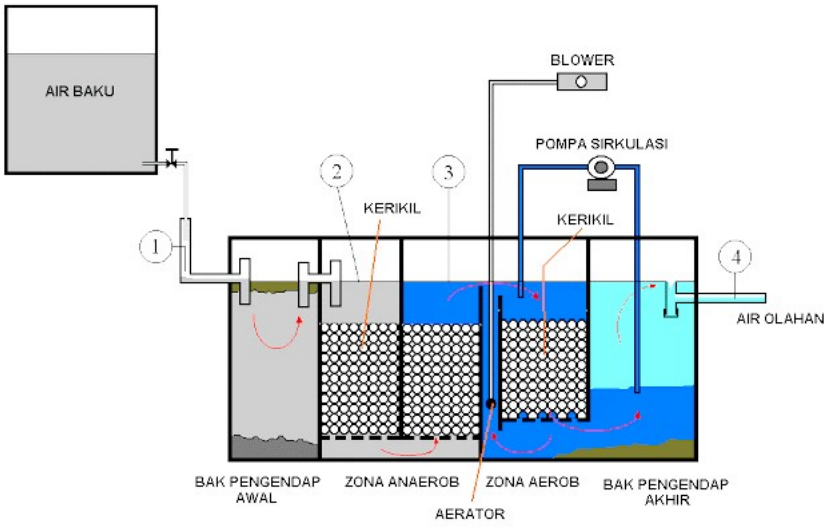
Bedasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah diwajibkan untuk melakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum air limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Ketentuan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang dapat disebabkan oleh masuknya zat pencemar, energi, maupun komponen lain yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat serta ekosistem perairan.

Pengolahan air limbah dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi proses fisik, kimia, dan biologis, guna mengurangi kandungan bahan pencemar seperti Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), minyak dan lemak, amoniak, serta parameter pencemar lainnya agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Apabila limbah cair dibuang tanpa melalui proses pengolahan yang baik, maka dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran badan air, penurunan kadar oksigen terlarut, munculnya bau tidak sedap, peningkatan pertumbuhan mikroorganisme patogen, dan terganggunya keseimbangan ekosistem lingkungan.

Peraturan tersebut juga menegaskan bahwa setiap penanggung jawab usaha wajib memastikan kualitas efluen hasil pengolahan memenuhi standar baku mutu air limbah sebelum

dialirkan ke lingkungan. Selain itu, pengelolaan air limbah harus dilakukan secara berkesinambungan melalui kegiatan pemantauan kualitas limbah, pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), serta penerapan teknologi pengolahan yang disesuaikan dengan karakteristik limbah yang dihasilkan. (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

e. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)



Gambar 1. Gambar IPAL

(sumber : https://environmentalsanitation.wordpress.com/)

Proses aerob dan anaerob merupakan metode pengolahan biologis yang banyak digunakan dalam sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk menurunkan kandungan bahan pencemar organik dalam limbah cair. Kedua proses tersebut memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga air limbah menjadi lebih aman sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan biologis menjadi salah satu metode yang paling efektif karena sebagian besar limbah cair domestik maupun limbah pengolahan makanan mengandung bahan organik dalam jumlah tinggi, seperti

protein, lemak, karbohidrat, minyak, serta sisa bahan makanan (Metcalf & Eddy, 2021).

Pada pengolahan biologis, mikroorganisme menggunakan bahan organik sebagai sumber makanan dan energi untuk pertumbuhan serta aktivitas metabolisme. Selama proses penguraian berlangsung, bahan organik akan diubah menjadi senyawa yang lebih stabil seperti karbon dioksida, air, metana, dan biomassa mikroorganisme. Efektivitas proses biologis dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu, pH, kandungan oksigen terlarut, waktu tinggal hidrolik (Hydraulic Retention Time/HRT), konsentrasi bahan organik, dan kondisi operasional sistem IPAL (Tchobanoglous et al., 2022).

a) Proses Aerob

Proses aerob adalah proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik dengan bantuan oksigen terlarut. Pada proses ini, bakteri aerob menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron dalam proses metabolisme untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida (CO_2), air (H_2O), energi, dan biomassa baru. Oksigen menjadi komponen utama dalam proses aerob karena tanpa oksigen aktivitas mikroorganisme tidak dapat berlangsung secara optimal (Metcalf & Eddy, 2021).

Dalam sistem IPAL, proses aerob biasanya dilakukan pada unit aerasi yang dilengkapi dengan blower, diffuser, atau aerator mekanik untuk memasukkan oksigen ke dalam air limbah. Oksigen yang cukup akan membantu pertumbuhan mikroorganisme sehingga proses penguraian bahan organik berjalan lebih cepat dan efektif. Proses aerob sangat cocok digunakan pada limbah cair dengan kandungan bahan organik sedang hingga tinggi, terutama pada limbah

domestik dan limbah pengolahan makanan yang banyak mengandung senyawa biodegradable (Putri et al., 2022).

Beberapa teknologi pengolahan aerob yang umum digunakan antara lain activated sludge (lumpur aktif), oxidation ditch, trickling filter, rotating biological contactor (RBC), biofilter aerob, dan moving bed biofilm reactor (MBBR). Sistem lumpur aktif merupakan metode yang paling banyak digunakan karena memiliki efisiensi tinggi dalam menurunkan parameter BOD dan COD. Pada sistem ini, mikroorganisme bercampur dengan air limbah di dalam bak aerasi sehingga terjadi kontak langsung antara bahan organik dan biomassa bakteri (Tchobanoglous et al., 2022).

Keunggulan proses aerob adalah kemampuan penyisihan bahan organik yang tinggi serta kualitas efluen yang dihasilkan relatif lebih baik. Proses aerob juga mampu menurunkan kadar amonia melalui proses nitrifikasi dan menghasilkan air limbah yang lebih jernih serta minim bau apabila pengoperasian berjalan optimal. Selain itu, waktu pengolahan aerob relatif lebih cepat dibandingkan proses anaerob karena aktivitas mikroorganisme berlangsung lebih intensif dengan bantuan oksigen (KLHK RI, 2022).

Namun demikian, proses aerob memiliki beberapa kelemahan. Sistem ini membutuhkan energi listrik yang cukup besar untuk pengoperasian blower dan aerator sehingga biaya operasional menjadi tinggi. Selain itu, proses aerob menghasilkan lumpur biologis dalam jumlah cukup banyak yang memerlukan pengolahan lanjutan sebelum dibuang. Apabila suplai oksigen tidak mencukupi, maka proses aerob dapat terganggu dan menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan serta timbulnya bau akibat kondisi anaerob di dalam bak pengolahan (Metcalf & Eddy, 2021).

b) Proses Anaerob

Proses anaerob adalah proses pengolahan air limbah yang berlangsung tanpa adanya oksigen bebas. Dalam proses ini, mikroorganisme anaerob menguraikan bahan organik menjadi gas metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia, dan biomassa mikroorganisme. Proses anaerob umumnya digunakan pada limbah cair dengan kandungan bahan organik tinggi karena mampu mengolah beban pencemar dalam jumlah besar dengan kebutuhan energi yang lebih rendah dibandingkan sistem aerob (Ardhianto, 2024).

Proses anaerob berlangsung melalui beberapa tahapan biologis yang kompleks. Tahap pertama adalah hidrolisis, yaitu penguraian senyawa organik kompleks seperti protein, lemak, dan karbohidrat menjadi molekul sederhana. Tahap kedua adalah asidogenesis, yaitu pembentukan asam-asam organik oleh bakteri fermentatif. Selanjutnya terjadi proses asetogenesis yang menghasilkan asam asetat, karbon dioksida, dan hidrogen. Tahap terakhir adalah metanogenesis, yaitu pembentukan gas metana oleh bakteri metanogen dari asam asetat dan hidrogen yang terbentuk sebelumnya (Tchobanoglous, 2022).

Keunggulan utama proses anaerob adalah kebutuhan energi yang rendah karena tidak memerlukan aerasi atau suplai oksigen. Selain itu, proses anaerob menghasilkan lumpur lebih sedikit dibandingkan proses aerob dan mampu menghasilkan biogas berupa gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Sistem anaerob juga relatif lebih sederhana dan cocok digunakan pada daerah dengan keterbatasan energi listrik maupun biaya operasional (KLHK RI, 2022).

Meskipun demikian, proses anaerob memiliki beberapa kelemahan, seperti waktu pengolahan yang lebih lama, sensitivitas tinggi terhadap perubahan suhu dan pH, serta potensi timbulnya bau akibat pembentukan gas hidrogen sulfida (H_2S). Apabila sistem tidak dikelola dengan baik, proses anaerob dapat menghasilkan efluen dengan kualitas yang belum memenuhi baku mutu sehingga memerlukan pengolahan lanjutan menggunakan sistem aerob (Metcalf & Eddy, 2021).

Dalam praktik pengolahan air limbah, proses anaerob dan aerob sering dikombinasikan untuk memperoleh hasil pengolahan yang lebih optimal. Proses anaerob biasanya digunakan sebagai pengolahan awal untuk menurunkan beban organik tinggi, sedangkan proses aerob digunakan sebagai pengolahan lanjutan (secondary treatment) untuk menyempurnakan penyisihan bahan pencemar. Kombinasi kedua proses tersebut mampu meningkatkan efisiensi pengolahan limbah cair sehingga kualitas efluen memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah dan aman dibuang ke lingkungan (Herliana, 2025).

f. Media Sarang Tawon dan *Bioball*

Media biofilter merupakan bagian penting dalam proses pengolahan air limbah secara biologis. Media ini berfungsi sebagai tempat melekat dan berkembangnya mikroorganisme yang berperan dalam menguraikan bahan pencemar organik yang terkandung di dalam air limbah. Dalam sistem pengolahan biologis, keberadaan media biofilter sangat berpengaruh terhadap kemampuan penurunan parameter pencemar seperti Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), amonia, minyak, dan lemak. Semakin

optimal media dalam mendukung pertumbuhan mikroorganisme, maka proses penguraian limbah oleh mikroba akan semakin efektif.

Penggunaan media biofilter pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) memiliki berbagai manfaat, di antaranya memperluas area pertumbuhan biofilm, menjaga kestabilan proses pengolahan, serta meningkatkan efisiensi penurunan zat pencemar. Selain itu, media biofilter mampu mempertahankan keberadaan mikroorganisme di dalam reaktor sehingga proses pengolahan limbah dapat berlangsung secara lebih stabil dan optimal. Beragam jenis media biofilter telah diterapkan dalam pengolahan air limbah, termasuk media sarang tawon dan *bioball* yang memiliki karakteristik dan fungsi tersendiri dalam menunjang proses pengolahan limbah biologis.

a. Media Sarang Tawon



Gambar 2. Media Sarang Tawon

*(sumber : https://shopee.co.id/Media-Sarang-Tawon-IPAL-Honeycomb-Biofilter-120*30*30)*

Media sarang tawon merupakan salah satu jenis media biofilter yang banyak digunakan dalam sistem pengolahan air limbah biologis, baik pada proses aerob maupun anaerob. Media ini dikenal sebagai honeycomb media karena memiliki bentuk menyerupai sarang lebah dengan susunan rongga-rongga yang teratur. Struktur tersebut memberikan luas permukaan yang besar sehingga mampu mendukung pertumbuhan mikroorganisme secara optimal dalam proses penguraian bahan pencemar organik pada air limbah. Media sarang tawon umumnya dibuat dari bahan PVC (Polyvinyl Chloride) atau plastik khusus yang tahan terhadap korosi, bahan kimia, serta memiliki daya tahan tinggi dalam penggunaan jangka panjang. Bentuknya yang bergelombang dan tersusun silang memungkinkan aliran air limbah dan oksigen dapat tersebar secara merata ke seluruh bagian media. Kondisi tersebut membantu meningkatkan kontak antara mikroorganisme dengan zat pencemar sehingga proses biodegradasi berlangsung lebih efektif (Rahmatiah dkk., 2022).

Pada proses pengolahan biologis, media sarang tawon berfungsi sebagai tempat melekatnya mikroorganisme atau biofilm. Biofilm merupakan kumpulan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media dan berperan dalam menguraikan kandungan bahan organik di dalam air limbah. Mikroorganisme tersebut akan memanfaatkan zat organik sebagai sumber nutrisi sehingga kadar pencemar seperti Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), amonia, minyak, dan lemak dapat mengalami penurunan (Aristiana & Purnomo, 2023).

Keunggulan media sarang tawon dibandingkan media lainnya yaitu memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi

sehingga jumlah mikroorganisme yang tumbuh menjadi lebih banyak. Selain itu, media ini tidak mudah tersumbat karena memiliki rongga yang cukup besar, ringan sehingga mudah dipasang, serta mampu mempertahankan biomassa di dalam reaktor pengolahan limbah. Dengan kemampuan tersebut, proses pengolahan limbah menjadi lebih stabil dan efisien (Subrata dkk., 2023).

b. Media *Bioball*

Bioball merupakan salah satu media biofilter yang digunakan dalam sistem pengolahan air limbah biologis. Media ini berbentuk bola berongga dengan permukaan bertekstur yang dirancang untuk meningkatkan luas permukaan tempat tumbuh mikroorganisme. *Bioball* umumnya terbuat dari bahan plastik polypropylene atau polyethylene yang ringan, tahan terhadap korosi, dan memiliki umur penggunaan yang cukup panjang (Fahyra dkk., 2023).



Gambar 3. Media *Bioball*

(sumber : https://www.aquaticexperts.com/products/bio-balls-filter-media-1-inch-small-bio-ball-for-aquarium-and-pond-filter-perfect-bio-balls-for-aquarium-filter-media-made-in-the-usa)

Dalam proses pengolahan air limbah, *bioball* berfungsi sebagai media tempat melekatnya biofilm atau mikroorganisme pengurai bahan organik. Struktur rongga pada *bioball* memungkinkan air limbah dan oksigen bersirkulasi dengan baik sehingga aktivitas mikroorganisme aerob dapat berlangsung secara optimal. Mikroorganisme tersebut akan menguraikan kandungan zat organik dan bahan pencemar di dalam limbah sehingga kualitas air limbah menjadi lebih baik (Salamah & Rachmanto, 2023).

Penggunaan media *bioball* memiliki beberapa kelebihan, yaitu ringan, mudah dipasang, tidak mudah mengalami penyumbatan, serta mampu meningkatkan transfer oksigen di dalam reaktor biologis. Selain itu, bentuk rongga yang dimiliki *bioball* dapat membantu menjaga kestabilan populasi mikroorganisme sehingga proses biodegradasi bahan organik berlangsung lebih efektif (Subrata dkk., 2023).

Media *bioball* banyak diaplikasikan pada sistem biofilter aerob, Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), dan sistem pengolahan biologis lainnya. Penggunaan media ini dinilai mampu meningkatkan efisiensi penyisihan parameter pencemar seperti BOD, COD, TSS, amonia, minyak, dan lemak karena memiliki luas permukaan kontak yang cukup besar untuk pertumbuhan mikroorganisme (Sa'diyah dkk., 2024).

Selain digunakan secara tunggal, media *bioball* juga sering dikombinasikan dengan media lain seperti sarang tawon untuk meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah. Kombinasi kedua media tersebut dapat memperluas area pertumbuhan biofilm dan meningkatkan kontak antara mikroorganisme dengan air limbah sehingga proses pengolahan menjadi lebih stabil dan optimal. Dengan demikian, penggunaan media

bioball dapat membantu meningkatkan kualitas efluen agar memenuhi baku mutu air limbah yang berlaku

g. Hydraulic Retention Time (HRT)

Hydraulic Retention Time merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan air limbah untuk berada di dalam suatu unit pengolahan sebelum keluar sebagai efluen. HRT menjadi salah satu parameter penting dalam perancangan dan evaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) karena berpengaruh terhadap efektivitas proses pengolahan yang berlangsung di dalam unit tersebut. Secara matematis, HRT diperoleh dari perbandingan antara volume reaktor dengan debit aliran air limbah yang masuk. Nilai HRT umumnya dinyatakan dalam satuan jam atau hari dan digunakan sebagai dasar dalam menentukan ukuran unit pengolahan air limbah (Tchobanoglous, 2014).

Pada sistem pengolahan biologis, HRT berperan penting dalam memberikan waktu kontak yang cukup antara mikroorganisme dan bahan pencemar organik yang terkandung dalam air limbah. Waktu tinggal yang terlalu singkat dapat menyebabkan proses degradasi bahan organik tidak berlangsung secara optimal karena mikroorganisme tidak memiliki waktu yang cukup untuk menguraikan senyawa pencemar. Sebaliknya, HRT yang terlalu lama dapat menyebabkan ukuran unit pengolahan menjadi lebih besar sehingga meningkatkan kebutuhan lahan dan biaya konstruksi. Oleh karena itu, penentuan nilai HRT harus disesuaikan dengan karakteristik air limbah, jenis proses pengolahan, dan target kualitas efluen yang ingin dicapai (Metcalf & Eddy, 2014).

Dalam pengolahan air limbah yang mengandung bahan organik tinggi, seperti limbah dari kegiatan pengolahan makanan dan dapur SPPG, nilai HRT yang memadai diperlukan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan parameter BOD, COD, dan

TSS. Semakin lama waktu tinggal air limbah di dalam unit pengolahan biologis, semakin besar peluang mikroorganisme untuk memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi sehingga konsentrasi pencemar dapat berkurang secara signifikan. Namun, peningkatan HRT tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi pengolahan karena terdapat kondisi optimum yang dipengaruhi oleh desain reaktor, beban organik, dan kondisi operasional sistem (Said, 2021).

Pada tahap evaluasi dan redesign IPAL, analisis HRT diperlukan untuk mengetahui apakah waktu tinggal yang tersedia pada unit pengolahan telah memenuhi kriteria desain yang direkomendasikan. Apabila nilai HRT aktual lebih kecil dibandingkan nilai desain, maka proses pengolahan berpotensi tidak berjalan optimal sehingga kualitas efluen tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Sebaliknya, apabila nilai HRT terlalu besar, kapasitas unit pengolahan mungkin belum dimanfaatkan secara efisien. Oleh karena itu, perhitungan HRT menjadi salah satu aspek penting dalam menentukan kebutuhan perbaikan atau redesign unit pengolahan air limbah, terutama pada fasilitas pengolahan makanan seperti SPPG yang menghasilkan fluktuasi debit dan beban pencemar setiap hari (Kementerian PUPR, 2021).

h. Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah domestik yang diatur dalam Permen LHK Nomor P.68 Tahun 2016 meliputi beberapa parameter penting, yaitu pH sebesar 6–9, BOD maksimum 30 mg/L, COD maksimum 100 mg/L, TSS maksimum 30 mg/L, minyak dan lemak maksimum 5 mg/L, amoniak maksimum 10 mg/L, serta total coliform maksimum 3.000 jumlah/100 mL. Parameter tersebut digunakan sebagai indikator kualitas air limbah sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan. Nilai BOD dan COD menunjukkan

kandungan bahan organik dalam limbah, sedangkan TSS menunjukkan jumlah padatan tersuspensi yang dapat menyebabkan kekeruhan pada perairan. Kadar minyak dan lemak yang tinggi juga dapat mengganggu proses pengolahan biologis serta mencemari lingkungan perairan.

Baku mutu air limbah merupakan batas kadar unsur pencemar atau jumlah zat yang diperbolehkan terdapat dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Baku mutu ditetapkan oleh pemerintah sebagai upaya pengendalian pencemaran lingkungan agar air limbah yang dibuang tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas air, ekosistem, maupun kesehatan masyarakat. Setiap kegiatan usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan limbah cair wajib melakukan pengolahan terlebih dahulu sehingga kualitas efluen memenuhi standar yang telah ditetapkan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

Penetapan baku mutu air limbah bertujuan untuk menjaga kualitas lingkungan perairan agar tetap sesuai dengan daya dukung lingkungan. Apabila air limbah dibuang tanpa pengolahan atau melebihi baku mutu, maka dapat menyebabkan pencemaran air, penurunan kadar oksigen terlarut, kerusakan ekosistem perairan, serta meningkatnya risiko penyakit berbasis lingkungan. Oleh karena itu, baku mutu menjadi salah satu indikator penting dalam menilai keberhasilan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (KLHK RI, 2022).

Baku mutu air limbah di Indonesia diatur dalam berbagai peraturan pemerintah maupun peraturan menteri sesuai dengan jenis kegiatan yang menghasilkan limbah cair. Secara umum, parameter yang digunakan dalam baku mutu meliputi parameter fisik, kimia, dan biologis. Parameter fisik meliputi suhu, warna, bau, dan Total Suspended Solid (TSS). Parameter kimia meliputi pH, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen

Demand (COD), minyak dan lemak, amonia, fosfat, serta deterjen. Sementara itu, parameter biologis meliputi total coliform dan fecal coliform sebagai indikator pencemaran mikrobiologis (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2021).

Salah satu parameter utama dalam baku mutu air limbah adalah Biological Oxygen Demand (BOD). Parameter BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah secara biologis. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan bahan organik yang dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut di perairan. Selain BOD, Chemical Oxygen Demand (COD) juga menjadi parameter penting karena menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik dan anorganik dalam air limbah secara kimiawi (Metcalf & Eddy, 2021).

Parameter Total Suspended Solid (TSS) juga menjadi bagian penting dalam baku mutu air limbah. TSS merupakan jumlah partikel padat yang tersuspensi dalam air limbah dan dapat menyebabkan kekeruhan pada badan air. Kandungan TSS yang tinggi dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan serta menyebabkan sedimentasi yang mengganggu habitat organisme akuatik. Pada limbah cair pengolahan makanan, kandungan TSS biasanya berasal dari sisa makanan, lemak, dan partikel organik lainnya (Tchobanoglous et al., 2022).

Selain parameter organik, minyak dan lemak juga menjadi parameter penting terutama pada limbah cair dari kegiatan pengolahan makanan dan dapur. Minyak dan lemak dapat membentuk lapisan di permukaan air yang menghambat proses difusi oksigen serta mengganggu kehidupan organisme air. Kandungan minyak dan lemak yang tinggi juga dapat

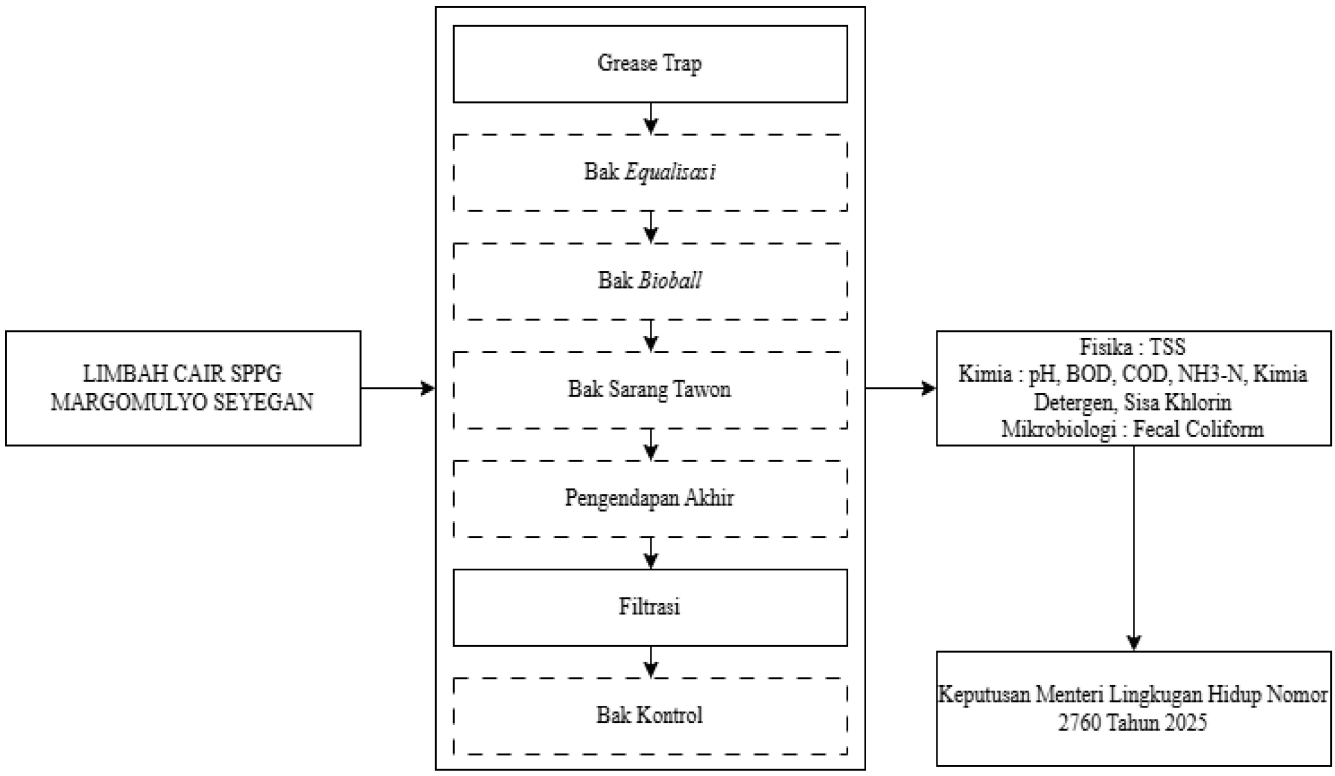
menyebabkan penyumbatan saluran perpipaan dan menurunkan efektivitas proses biologis pada IPAL. Oleh karena itu, baku mutu minyak dan lemak perlu diperhatikan agar air limbah yang dibuang tidak mencemari lingkungan (Putri et al., 2022).

Parameter pH dalam baku mutu digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air limbah. Air limbah dengan pH terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat bersifat korosif dan berbahaya bagi organisme perairan. Selain itu, pH yang tidak sesuai dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme pada proses pengolahan biologis di dalam IPAL. Umumnya, baku mutu pH air limbah berada pada kisaran netral, yaitu sekitar 6–9 agar aman bagi lingkungan dan proses biologis pengolahan limbah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

Pemenuhan baku mutu air limbah sangat dipengaruhi oleh efektivitas sistem pengolahan air limbah yang digunakan. Sistem IPAL yang tidak dirancang sesuai karakteristik limbah dapat menyebabkan kualitas efluen masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Oleh karena itu, evaluasi dan pemantauan kualitas air limbah perlu dilakukan secara berkala melalui pemeriksaan laboratorium terhadap parameter-parameter pencemar. Hasil evaluasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam perbaikan maupun redesign sistem IPAL agar proses pengolahan berjalan lebih optimal (Septiana et al., 2024).

Pengawasan terhadap pemenuhan baku mutu air limbah dilakukan oleh pemerintah melalui kegiatan monitoring dan pengendalian pencemaran lingkungan. Setiap pelaku usaha yang menghasilkan limbah cair wajib melakukan pengelolaan dan pemantauan kualitas efluen secara berkala. Apabila hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa air limbah melebihi baku mutu, maka diperlukan tindakan perbaikan pada sistem pengolahan agar pencemaran lingkungan dapat dicegah (Herliana et al., 2025).

B. Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

Keterangan :

Variabel yang diteliti :

Variabel yang tidak di teliti :

C. Hipotesis

1. Hipotesis Mayor

Ada perbedaan kualitas air limbah antara inlet dan outlet yang signifikan dari setiap chamber pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) SPPG Margomulyo Seyegan dalam menurunkan beban pencemar air limbah.

2. Hipotesis Minor

a. .Ada perbedaan kualitas parameter pencemar limbah pada Bak *Equalisasi* IPAL SPPG Margomulyo Seyegan.

b. Ada perbedaan kualitas parameter pencemar limbah pada Bak *Bioball* IPAL SPPG Margomulyo Seyegan.
c. Ada perbedaan kualitas parameter pencemar limbah pada Bak Sarang Tawon IPAL SPPG Margomulyo Seyegan.
d. Ada perbedaan kualitas parameter pencemar limbah pada Bak Pengendapan Akhir IPAL SPPG Margomulyo Seyegan.
e. Ada perbedaan kualitas parameter pencemar limbah pada Bak Kontrol IPAL SPPG Margomulyo Seyegan