

BAB II

TINJAUAN TEORI

A. Pengertian

1. Menurut (Sugiharto.1987,h.5)

Air limbah merupakan hasil buangan dari aktivitas masyarakat,rumah tangga, serta bersal dari kegiatan industri,air tanah,air permukaan,dan sumber buangan lainnya. Oleh karena itu,air limbah di anggap sebagai jenis buangan umum. (Wulandari & Ilyas, 2019) juga menyatakan bahwa air limbah domestik atau rumah tangga menjadi penyumbang utama pencemaran badan air di wilayah perkotaan.

2. Menurut (Farizal & Diyanti, 2021)

Air limbah rumah tangga dihasilkan dari pemakaian air ledeng dalam rumah tangga dan dari penggunaan jamban yang terhubung dengan sistem saluran pembuangan (saluran roil), yang menampung seluruh air limbah rumah tangga.

B. Sumber-Sumber Air Limbah

Menurut Sugiharto (1987,hlm.10) sumber air limbah dapat berasal dari berbagai tempat:

1. Air limbah rumah tangga

Sumber utamanya adalah air limbah rumah tangga,yang umumnya berasal dari kawasan pemukiman dan area perdagangan.selain itu, sumber lain yang juga signifikan meliputi gedung perkantoran, institusi, serta fasilitas

rekreasi. Air limbah rumah tangga sendiri dapat diklasifikasikan berdasarkan asal-usulnya dari kegiatan rumah tangga.

Air limbah rumah tangga dapat dibedakan atas air limbah rumah tangga yang berasal dari :

a. Daerah Pemukiman

Merupakan kawasan tempat tinggal masyarakat yang menjadi salah satu penghasil utama air limbah.

b. Kawasan perdagangan dan usaha

Termasuk pasar, tempat usaha, hotel, dan sejenisnya yang menghasilkan air limbah dari kegiatan operasionalnya.

c. Area kelembagaan

Mencakup kantor-kantor pemerintahan maupun swasta yang juga menyumbang limbah cair.

d. Zona Rekreasi

Tempat-tempat hiburan dan rekreasi turut menghasilkan air limbah dari aktivitas pengunjung dan pengelola.

2. Air Limbah Industri

Volume air limbah dari sektor industri sangat tergantung pada jenis usaha, skala produksi, efisiensi penggunaan air, serta tingkat pengolahan limbah yang diterapkan. Pengendalian proses produksi dan penggunaan tangki penahan atau bak penampung dapat membantu menjaga lonjakan aliran limbah yang berlebihan. Contoh sumber air limbah termasuk dari gedung perkantoran, pusat perdagangan, selokan, serta tempat ibadah.

3. Air Limbah Rembesan dan Tambahan

Saat hujan turun, air hujan cenderung langsung mengalir ke saluran drainase atau got. Namun, jika kapasitas saluran tidak mencukupi, air akan meluap dan masuk ke saluran air limbah, sehingga menambah volume aliran limbah secara signifikan.

C. Karakteristik Air Limbah

Menurut Usman et al, (2024), air limbah memiliki berbagai karakteristik yang diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Karakteristik fisika

a. Padatan

Terdiri dari zat organik dan anorganik, baik yang larut, tersuspensi, maupun yang mengendap. Padatan ini dapat mengendap di dasar badan air penerima.

b. Bau

Dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme yang menguraikan zat organik dan memproduksi gas tertentu, atau dari reaksi kimia yang menghasilkan gas berbau.

c. Warna

Warna limbah dapat muncul akibat zat terlarut atau tersuspensi, serta dari zat pewarna yang mengandung logam berat.

d. Suhu

Suhu biasanya lebih tinggi dibandingkan air biasa, karena adanya proses dekomposisi atau pembusukan zat organik.

e. Kekeruhan

Disebabkan oleh adanya partikel organik dan anorganik seperti lumpur dan limbah rumah tangga yang bercampur dalam air.

2. Karakteristik kimia

Air limbah mengandung berbagai zat kimia, antara lain:

a. pH (Derajat Keasaman)

Derajat keasaman air diukur menggunakan alat pH meter, yang menunjukkan jumlah ion hidrogen dalam air. Apabila nilai pH terlalu tinggi atau rendah, air buangan dapat menjadi steril sehingga mikroorganisme yang dibutuhkan tidak dapat bertahan hidup. Air dengan pH rendah juga dapat menyebabkan korosi pada material logam.

b. Alkalinitas

Tingkat alkalinitas dalam air dipengaruhi oleh senyawa karbonat, hidroksida, serta unsur kalium, magnesium, dan natrium. Dalam penggunaannya, seperti pada ketel uap, air sebaiknya memiliki kesadahan yang rendah agar tidak menyebabkan kerak dan kerusakan pada dinding ketel.

c. Kandungan besi dan mangan

Kedua unsur ini, saat mengalami oksidasi di dalam air, akan membentuk warna kecoklatan dan sulit larut. Sumber utama saat ini biasanya berasal dari batuan yang mengandung senyawa besi (Fe) dan mangan (Mn), atau dari pipa yang mengalami karat.

d. Sulfat

Sulfat dalam jumlah tinggi dapat meningkatkan keasaman air. Dalam kondisi tanpa oksigen (anaerob), bakteri dapat mereduksi ion sulfat menjadi sulfida, yang kemudian berubah menjadi hidrogen sulfida (H_2S). Dalam suasana aerob, H_2S ini dapat teroksidasi kembali menjadi sulfat. H_2S dikenal sebagai zat beracun dan berbau tidak sedap.

e. Fosfat (Phospat)

Tingginya kandungan fosfat dalam air limbah dapat merangsang pertumbuhan alga dan mikroorganisme lainnya secara berlebihan. fosfat ini umumnya berasal dari produk pembersih yang mengandung senyawa fosfat. Oleh karena itu, penting untuk mengendalikan kadar fosfat agar kadar oksigen terlarut dalam air tetap seimbang.

f. Nitrogen

Dalam air limbah, nitrogen biasanya berbentuk senyawa organik oleh bakteri akan diubah menjadi amonia. Dalam kondisi aerob, amonia ini kemudian dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat.

3. Karakteristik Bakteriologi

Air limbah juga mengandung mikroorganisme yang penting dalam proses penguraian bahan organik, seperti protista dan alga, yang berperan dalam stabilitas zat organik. Selain itu, keberadaan bakteri coliform digunakan sebagai indikator adanya pencemaran oleh tinja.

D. Dampak Negatif Air Limbah Terhadap Kesehatan dan Lingkungan

Menurut Salmawati (2023), air limbah dapat menimbulkan berbagai gangguan terhadap kesehatan dan lingkungan, antara lain:

1. Dampak Terhadap Kesehatan

Air limbah berpontesi besar menimbulkan berbagai penyakit yang dapat menular, karena sering kali mengandung bakteri patogen berbahaya. Beberapa mikroorganisme penyebab penyakit yang terdapat dalam air limbah adalah:

a. Virus

Virus dalam air limbah dapat menimbulkan penyakit seperti polio dan hepatitis. Meskipun jalur penularan pastinya belum diketahui secara rinci, virus ini sering ditemukan dalam hasil akhir pengolahan air limbah (effluent).

b. *Vibrio cholera*

Bakteri *vibrio cholera* merupakan penyebab penyakit kolera asiatica. Penyebarannya umumnya terjadi melalui air limbah yang telah terkontaminasi oleh tinja manusia yang mengandung bakteri tersebut.

c. *Salmonella typhosa*

Salmonella typhosa adalah bakteri penyebab penyakit *typhus abdominalis* dan *para typhus*. Bakteri ini banyak ditemukan dalam air limbah saat terjadi wabah. Penularannya terutama melalui konsumsi air atau makanan yang sudah tercemar oleh tinja dari penderita tifus.

d. *Salmonella sp*

Bakteri *Salmonella sp* dapat memicu keracunan makanan dan sering ditemukan pada air hasil proses pengolahan limbah.

e. *Shigella sp*

Shigella sp merupakan penyebab penyakit disentri basiler. Bakteri ini banyak ditemukan dalam air yang telah terkontaminasi, dan penularannya dapat terjadi melalui kontak langsung dengan tinja manusia, serta melalui perantara seperti makanan, lalat, dan tanah.

f. *Bacillus anthracis*

Bakteri ini menjadi penyebab penyakit antraks, dan dapat ditemukan dalam air limbah. Spora dari bakteri ini juga dapat bertahan dalam tanah meskipun telah melalui proses pengolahan.

g. *Brucella sp*

Brucella sp merupakan bakteri penyebab penyakit brucellosis dan demam malta. Bakteri ini juga dikenal dapat menyebabkan keguguran pada hewan seperti domba.

h. *Mycobacterium tuberculosis*

Bakteri ini menyebabkan penyakit tuberkulosis dan sering kali ditemukan dalam air limbah yang berasal dari tempat perawatan penderita TBC (sanatorium).

i. *Leptospira*

Leptospira adalah bakteri penyebab penyakit weil, dengan penularan utama berasal dari tikus yang hidup di saluran pembuangan atau selokan.

j. *Entamoeba histolytica*

Protozoa ini menyebabkan penyakit disentri amuba. penularannya terjadi melalui tanah atau lumpur yang terkontaminasi kista dari parasit ini.

k. *Schistosoma* sp

Parasit ini menjadi penyebab penyakit skistosomiasis. Namun, organisme ini dapat dimatikan melalui proses pengolahan air limbah yang baik.

l. *Taenia* sp

Parasit ini menyebabkan infeksi cacing pita. *taenia* memiliki daya tahan tinggi terhadap perubahan cuaca ekstrem.

m. *Ascaris* sp dan *enterobius* sp

Kedua jenis cacing ini merupakan penyebab penyakit cacingan dan banyak ditemukan pada air limbah yang telah diproses serta lumpur. kehadirannya sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

2. Gangguan Terhadap Kehidupan Biotik

Kandungan zat pencemar yang tinggi dalam air limbah dapat menurunkan kadar oksigen terlarut. Akibatnya, makhluk hidup di dalam air yang memerlukan oksigen untuk bertahan hidup akan terganggu, sehingga pertumbuhan dan perkembangannya menjadi terhambat.

3. Gangguan Terhadap Keindahan

Semakin banyak perusahaan yang memproduksi bahan organik seperti tapioka, maka semakin besar pula volume zat organik yang dibuang setiap

harinya. Limbah cair yang dihasilkan dalam jumlah besar ini, apabila dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan, dapat menyebabkan bau menyengat, mencemari lingkungan, dan menarik datangnya berbagai vektor penyakit.

E. Pengelolaan Air Limbah

Menurut Syamsudin et al, (2021) terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam pengelolaan air limbah, yaitu:

1. Pengenceran (Disposal by Dilution)

Air limbah dibuang ke sungai atau danau agar tercampur dan mengalami pengenceran secara alami. Meskipun metode ini dapat menyebabkan purifikasi alami, namun berisiko mencemari air permukaan karena masih mengandung bakteri patogen, larva, telur cacing, serta bibit penyakit lainnya.

2. Cesspool (Tangki Septik Sederhana)

Cesspool berbentuk seperti sumur dan berfungsi untuk pembuangan air limbah. Dibangun di tanah yang berpori (berpasir) agar limbah mudah meresap. Jarak ideal dari sumur air bersih adalah 45 meter, dan minimal 6 meter dari bangunan rumah.

3. Sumur Resapan (Seepage Pit)

Merupakan sumur untuk menampung air limbah yang telah diolah, misalnya dari septic tank atau aqua privy. Dibuat di tanah yang porous, dengan diameter 1-2,5 meter dan kedalaman sekitar 2,5 meter. Umumnya dapat digunakan selama 6-10 tahun.

4. Tangki septik (Septic Tank)

Menurut WHO, septic tank merupakan metode paling efektif dalam pengelolaan air limbah. Namun, sistem ini membutuhkan biaya besar, perencanaan yang kompleks, serta lahan yang luas.

F. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme, terutama bakteri, untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988; Eddy, 1991).

Boyd (1990) menegaskan bahwa BOD hanya mencerminkan bahan organik yang mudah terdekomposisi. Sementara itu, Widyastuti & Haryono (2016) menyatakan bahwa BOD adalah ukuran konsumsi oksigen oleh mikroba di perairan sebagai respon terhadap kehadiran bahan organik yang dapat diurai.

Dari berbagai definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun BOD mengukur jumlah oksigen, secara praktis nilai BOD dapat dianggap sebagai indikator jumlah bahan organik yang mudah terurai (*biodegradable organics*) di perairan.

Penentuan BOD memiliki beberapa kelemahan, seperti waktu analisis yang cukup lama, kebutuhan akan inokulum (benih bakteri) yang aktif dan telah beradaptasi, serta perlakuan khusus jika air mengandung zat toksik. Selain itu, efek dari organisme nitrifikasi perlu diminimalkan (Utami, 2025).

Meski memiliki keterbatasan, BOD tetap digunakan secara luas, terutama dalam kaitannya dengan pengelolaan dan pengolahan air limbah.

Alasan mengapa Biochemical Oxygen Demand (BOD) masih terus digunakan dalam pengelolaan air limbah antara lain:

1. Untuk menentukan ukuran atau kapasitas yang tepat dari unit pengolahan limbah.
2. Untuk mengevaluasi sejauh mana efektifitas atau efisiensi suatu proses pengolahan limbah.
3. Untuk memastikan bahwa kualitas air limbah yang di buang telah sesuai dengan baku mutu atau standar yang ditetapkan.

Karena BOD diperkirakan akan tetap menjadi parameter penting dalam waktu yang cukup lama, maka pemahaman yang mendalam mengenai konsep ini sangatlah diperlukan.

G. *Potensial hydrogen* (pH)

Potensial hydrogen (pH) merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas air maupun air limbah. Menurut Nadhif., Rismawati & Ma'shum (2022). pH memiliki peran krusial dalam kehidupan biologis dan mikrobiologis.

Dalam proses pengolahan air limbah, pH sangat mempengaruhi efektifitas pengolahan. Baku mutu pH yang diperbolehkan untuk air limbah berkisar antara 6 hingga 9. Jika pH terlalu rendah, dapat menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut, penurunan konsumsi oksigen, meningkatnya aktivitas respirasi organisme, serta hilangnya nafsu makan.

Oleh karena itu, sebelum proses pengolahan dilakukan, perlu dilakukan pemeriksaan nilai pH. Jika diperlukan, larutan penyangga (buffer) dapat ditambahkan untuk menjaga kestabilan pH. Terdapat dua jenis larutan penyangga yang digunakan, yaitu:

1. Larutan Penyangga Asam, misalnya:
 - a. Asam asetat (CH_3COOH) + Natrium asetat (CH_3COONa)
 - b. Asam fosfat (H_3PO_4) + Natrium dihidrogen sulfat (NaH_2PO_4)
2. Larutan Penyangga Basa, misalnya:

Amonium hidroksida (NH_4OH) + Amonium klorida (NH_4Cl).

H. Tanaman Semangka

Semangka, yang secara ilmiah dikenal dengan nama *Citrullus lanatus*, merupakan tanaman dari keluarga Cucurbitaceae yang memiliki buah dengan kandungan air yang tinggi, sekitar 90%. Tanaman semangka tumbuh dengan baik di daerah beriklim panas dan sering dibudidayakan di Indonesia, baik untuk konsumsi langsung maupun untuk tujuan industri. Buah semangka memiliki kandungan gizi yang baik, seperti vitamin C, karoten, dan likopen, namun tidak hanya buahnya yang bermanfaat. Bagian lain dari tanaman semangka, seperti biji, akar, batang, dan daun, juga memiliki potensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan koagulan alami yang dapat digunakan untuk menurunkan BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan pH pada air limbah.

Biji semangka, yang biasanya dibuang, ternyata mengandung senyawa bioaktif yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan koagulan alami. Koagulan ini

dapat digunakan dalam proses pengolahan air, khususnya dalam menurunkan BOD dan pH. Penelitian oleh Rahmawati., Romadhona & Afifa (2024) menyebutkan bahwa ekstrak biji semangka dapat berfungsi sebagai koagulan yang efektif dalam pengolahan air limbah domestik, karena memiliki kandungan protein dan senyawa aktif yang dapat mengikat partikel dan kotoran dalam air, sehingga mengurangi tingkat BOD. Selain itu, biji semangka juga dapat menurunkan pH air yang terkontaminasi, menjadikannya alternatif yang ramah lingkungan untuk proses koagulasi kimia yang menggunakan bahan sintesis berbahaya (Rahmawati., Romadhona & Afifa (2024).

Bagian lain dari tanaman semangka, seperti akar, batang, dan daun, juga memiliki manfaat yang beragam. Akar semangka diketahui mengandung senyawa flavonoid dan saponin yang memiliki sifat antimikroba, sementara batang dan daun semangka kaya akan senyawa fitokimia yang dapat digunakan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi berbagai penyakit, seperti diabetes dan hipertensi (Wulandari, 2023). Meskipun penelitian tentang manfaat akar, batang, dan daun semangka untuk koagulasi air masih terbatas, potensi senyawa aktif yang terkandung di dalamnya menunjukkan bahwa mereka dapat menjadi sumber bahan alam yang bermanfaat dalam pengolahan air.

Biji semangka juga dikenal mengandung sejumlah nutrisi penting, termasuk protein, lemak, dan karbohidrat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Putri (2020), biji semangka mengandung sekitar 30% lemak, yang sebagian besar terdiri dari asam lemak tak jenuh ganda yang baik untuk kesehatan

jantung. Selain itu, biji semangka juga kaya akan protein (sekitar 25-30%) dan karbohidrat (sekitar 15-20%), menjadikannya bahan baku potensial untuk produk pangan atau bahkan suplemen gizi (Hadiyanto et al., 2021). Kandungan nutrisi ini juga menjadikan biji semangka sebagai bahan yang berpotensi dalam pengolahan berbagai produk makanan, seperti minyak biji semangka, tepung, dan snack berbasis biji.

I. Pengertian Laundry

Laundry merupakan proses pembersihan pakaian yang melibatkan interaksi antara faktor fisik dan kimia. Dalam proses ini, kotoran yang menempel pada pakaian dihilangkan menggunakan air dan deterjen. Tahapan utama dalam proses laundry adalah pelepasan kotoran oleh larutan deterjen, kemudian diikuti dengan proses stabilisasi agar kotoran tidak kembali menempel pada permukaan pakaian.

Efektifitas pembersihan dalam proses laundry sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis bahan pakaian, jenis kotoran, kualitas air, peralatan pencuci, dan komposisi deterjen yang digunakan (Telan, 2017). Di antara semua faktor tersebut, komposisi deterjen merupakan faktor yang paling berpengaruh.

Air limbah yang dihasilkan dari proses laundry memiliki komposisi yang bervariasi. Hal ini bergantung pada jenis dan jumlah kotoran yang terdapat pada pakaian, komposisi dan volume deterjen yang digunakan, serta teknologi pencucian yang diterapkan.

Menurut Telan (2017), penggunaan air untuk kegiatan laundry diperkirakan sekitar 17 liter, yang setara dengan 13% dari kebutuhan air bersih, atau sekitar 8% dari total air yang masuk ke sistem pembuangan. Selain menyumbang volume air buangan, limbah dari aktivitas laundry juga mengandung beban pencemar yang cukup tinggi.

Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak pencemaran yang ditimbulkan, diperlukan adanya pengolahan air limbah terutama di tempat usaha laundry yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar.

J. Pengertian Detergen

Secara umum, deterjen merujuk pada zat atau produk yang berfungsi untuk meningkatkan efektivitas dalam melepaskan suatu zat dari permukaan suatu benda, seperti kotoran dari pakaian, sisa makanan dari peralatan makan, atau buih sabun dari permukaan lainnya. Selain itu, deterjen juga berperan dalam mendispersi dan menstabilkan partikel-partikel seperti minyak dalam medium cair seperti air (Wulandari & Ilyas, (2019).

Deterjen merupakan kombinasi dari berbagai bahan kimia yang berasal dari turunan minyak bumi dan diformulasikan untuk membantu proses pembersihan. Detergen biasanya mengandung beberapa komponen utama berikut ini:

1. Surfaktan (Surface Active Agent)

Surfaktan adalah molekul yang memiliki dua sifat berbeda: satu bagian bersifat hidrofilik (menyukai air) dan bagian lainnya bersifat lipofilik (menyukai minyak). Sifat ini memungkinkan surfaktan untuk mengemulsi atau menyatukan campuran minyak dan air. Sebagai zat aktif permukaan, surfaktan berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan cairan. Keaktifan ini berasal dari struktur molekulnya yang memiliki dua kutub: bagian polar yang bisa bermuatan positif, negatif, atau netral dengan gugus hidroksil, dan bagian non-polar yang umumnya berupa rantai alkil panjang. Surfaktan biasanya dibuat dari bahan turunan minyak bumi. Namun, limbah surfaktan berpotensi mencemari lingkungan karena dapat menyebabkan racun pada makhluk hidup di air dan menurunkan kualitas air, meskipun relatif mudah terurai oleh mikroorganisme.

2. Builder

Builder merupakan komponen yang berfungsi untuk meningkatkan efektivitas kerja surfaktan dalam proses pencucian dengan cara menetralkan ion mineral penyebab kesadahan pada air.

3. Filler (bahan pengisi)

Filler atau bahan pengisi adalah bahan tambahan yang digunakan dalam formulasi detergen untuk melengkapi komposisi bahan utama. Umumnya, filler berupa natrium sulfat berbentuk serbuk putih yang mudah larut dalam air.

4. Aditif

Aditif merupakan zat tambahan yang digunakan untuk memberikan nilai tambah pada produk detergen, seperti memberikan aroma, warna, atau efek tertentu. Aditif ini tidak secara langsung mempengaruhi kemampuan mencuci. Contohnya termasuk enzim, pewangi, pemutih, pelarut, boraks, dan zat pewarna.

Pada awalnya, bahan aktif (surfaktan) yang digunakan dalam detergen adalah **Branched Alkylbenzene Sulphonate (BAS)**, yaitu senyawa dengan rantai karbon bercabang. BAS dikenal sebagai detergen keras karena sulit terurai secara biologis, sehingga berpotensi mencemari lingkungan perairan dan bersifat racun bagi organisme air (Awewomom et al, (2024).

Seiring perkembangan, para peneliti berhasil mengembangkan jenis surfaktan baru yang lebih ramah lingkungan, yaitu Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS) pada tahun 1965. LAS merupakan surfaktan anionik dengan struktur rantai alkil lurus. Meski lebih mudah terurai dibandingkan BAS, LAS tetap berpotensi menjadi racun jika terus menerus terakumulasi di lingkungan. Rantai lurusnya membuat LAS lebih mudah larut dalam lemak (lipofilik), sehingga mampu merusak membran sel organisme air dan membunuh bakteri menguntungkan di lingkungan perairan.