

II. TINJAUAN PUSTAKA

a. Limbah

Limbah berbahaya adalah limbah yang mempunyai sifat-sifat antara lain mudah terbakar, korosif, reaktif, dan beracun. Bahan-bahan yang paling utama ditemukan dalam limbah antara lain senyawa-senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, senyawa organik yang mudah menguap, senyawa organik yang sulit terurai (*rekalsitran*), logam berat yang toksik, padatan yang tersuspensi, nutrisi (nitrogen dan fosfor), mikrobia patogen, dan parasit (Waluyo, 2009).

Berdasarkan wujudnya, limbah dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas.

a. Limbah padat

Merupakan limbah yang berwujud padat, limbah yang bersifat kering, dan tidak dapat berpindah kecuali ada yang memindahkannya. Limbah padat ini misalnya sisa makanan, sayuran, potongan kayu, dan lain-lain.

b. Limbah cair

Merupakan limbah yang berwujud cair. Limbah cair terlarutkan dalam air, selalu berpindah, dan tidak pernah diam (kecuali jika ditempatkan dalam wadah). Contohnya adalah air bekas mencuci pakaian dan bekas mencuci piring.

c. Limbah gas

Merupakan limbah yang berujud gas. Limbah gas dapat dilihat dalam bentuk asap, selalu bergerak sehingga penyebarannya sangat luas. Contohnya adalah gas buangan kendaraan bermotor

(Abdurahman, 2008)

Menurut Suriawiria (1996), limbah berdasarkan sumbernya terbagi menjadi limbah domestik dan limbah non-domestik.

1. Limbah domestik

Limbah domestik merupakan semua limbah yang berasal dari kamar mandi, dapur, tempat cuci pakaian, dan lain-lain yang secara kuantitatif terdiri atas zat organik, baik padat maupun cair, bahan berbahaya dan beracun (B3), garam terlarut, dan lemak.

2. Limbah non-domestik

Limbah non-domestik merupakan limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, dan transportasi serta sumber-sumber lainnya.

Menurut Sugiharto (1987), limbah cair domestik mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat terdiri dari 85% protein; 25% karbohidrat; 10% lemak dan sisanya zat anorganik terutama butiran pasir, garam-garam dan logam. Limbah adalah sisa hasil kegiatan sehingga sebelum dibuang harus diolah terlebih dahulu agar tidak menimbulkan efek negatif. Dampak atau efek negatif yang dapat ditimbulkan oleh limbah, adalah:

1. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya bagi manusia karena terdapat banyak bakteri patogen dan dapat menjadi media penularan penyakit. Selain itu air limbah juga dapat mengandung bahan beracun, penyebab iritasi, bau, suhu yang tinggi serta bahan yang mudah terbakar.

2. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Banyak zat yang terkandung di dalam limbah menyebabkan kadar oksigen terlarut menurun sehingga kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu. Kematian bakteri akan menyebabkan penjernihan air limbah menjadi terhambat dan sukar diuraikan.

3. Gangguan terhadap keindahan

Limbah yang mengandung ampas, lemak, dan minyak akan menimbulkan bau, wilayah sekitar akan licin oleh minyak, tumpukan ampas yang mengganggu, dan gangguan pemandangan.

4. Gangguan terhadap benda

Air limbah yang mengandung gas CO_2 akan mempercepat proses terbentuknya karat pada benda yang terbuat dari besi dan bangunan. Kadar pH limbah yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada benda yang dilaluinya. Lemak pada air limbah akan menyebabkan terjadinya penyumbatan dan membocorkan saluran air limbah, hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan materil karena biaya perawatan yang semakin besar.

(Sugiharto, 1987)

b. Pengolahan Limbah

Pembuangan limbah cair secara langsung ke badan air akan menimbulkan masalah kesehatan sehingga perlu dibangun fasilitas pengolahan limbah cair. Jenis penanganan limbah domestik di daerah perkotaan maupun pedesaan beberapa paket teknologi telah tersedia, antara lain berupa tangki pembusukan. Setelah keluar dari unit pengolahan efluennya telah memenuhi standar (Soeparman dan Suparmin, 2002). Penyaluran limbah cair dari perumahan diawali oleh sistem perpipaan limbah cair dari kamar mandi, *wastafel*, tempat cuci, dan toilet umum yang menyalurkan limbah cair menuju saluran induk.

Sistem perpipaan dalam rumah atau bangunan harus kedap air dan udara agar terhindar dari kebocoran limbah cair dan pengaruh bau. Selain itu sistem perpipaan harus menggunakan bahan yang kuat, mudah dipelihara serta diperbaiki. Sistem saluran limbah mengalirkan limbah cair rumah tangga dan industri dengan aliran gravitasi ke sarana pengolahan. Limbah cair dari rumah-rumah dikumpulkan dan dialirkan menggunakan sambungan rumah (*lateral sewer*) ke saluran cabang (*branch/submain sewer*). Selanjutnya dari saluran cabang ini dialirkan ke saluran induk (*main/trunk sewer*). Saluran induk akan mengalirkan limbah cair dari daerah yang dilayani ke bangunan pengolahan (Soeparman dan Suparmin, 2002).

Berbeda dengan sistem penyediaan air minum, aliran limbah cair lebih banyak mengalir secara gravitasi, meskipun pada suatu kondisi tertentu memerlukan pemompaan untuk mendapatkan tekanan yang diinginkan. Arah aliran berasal dari elevasi tinggi menuju ke elevasi yang rendah sehingga diperoleh kecepatan rendah,

benda padat yang terdapat pada limbah cair tersebut cenderung mengendap dalam pipa. Pipa yang digunakan tidak hanya satu jenis karena ditentukan oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Kondisi lapangan (drainase, topografi, jenis tanah, kemiringan);
- b. Karakteristik aliran, koefisien gesekan;
- c. Ketahanan material terhadap kondisi setempat;
- d. Ketahanan terhadap gerusan;
- e. Ketahanan asam, basa, dan korosi;
- f. Kemudahan dalam penanganan dan instalasinya;
- g. Ketersediaan dalam berbagai ukuran yang dibutuhkan;
- h. Kehematan.

(Soeparman dan Suparmin, 2002)

c. Bioremediasi

Salah satu alternatif teknologi pengolahan limbah cair yang baik, berwawasan lingkungan, serta mudah diterapkan di masyarakat ialah penggunaan bakteri potensial perombak polutan untuk membantu pembersihan daerah yang tercemar produk-produk kontaminan berbahaya, dikenal dengan teknologi bioremediasi (Wignyanto dkk., 2009). Bioremediasi yang memanfaatkan makhluk hidup untuk merombak substansi yang berbahaya menjadi komponen yang tidak berbahaya. Optimalisasi kondisi lingkungan dilakukan agar aktivitas metabolisme mikroba dapat terselenggara dengan baik (Wignyanto dkk, 2009).

Keberhasilan dari proses bioremediasi dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang memengaruhi aktivitas mikrobia untuk mengatasi limbah logam berat yang terdiri atas faktor lingkungan biotik dan abiotik. Faktor lingkungan biotik meliputi sifat karakteristik dari mikrobia dan kepadatan sel, sedangkan faktor lingkungan abiotik meliputi pH, kandungan nutrisi, suhu dan cahaya (Mallick dan Rai, 1993).

Sifat karakteristik dari mikrobia berbeda-beda dan secara langsung berpengaruh terhadap aktivitasnya pada lingkungan tertentu. Sebagai contoh kepadatan sel *Chlorella vulgaris* dan *Anabaena doliolum* berpengaruh terhadap meningkatnya daya penangkapan logam berat di lingkungan, walaupun tidak sebanding dengan peningkatan kepadatan sel (Mallick dan Rai, 1993).

Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang besar pada aktivitas mikrobia untuk mengatasi limbah logam berat. Aktivitas mikrobia dalam *bioleaching* membutuhkan suasana asam, sedangkan untuk bioakumulasi cenderung netral. Pada pH basa ion logam secara spontan bereaksi dengan ion hidroksida membentuk ikatan logam-hidroksida, sedangkan pada pH asam akan terjadi persaingan antara ion logam dengan ion H^+ untuk berikatan dengan dinding sel mikrobia (Mallick dan Rai, 1993).

Jumlah dan macam nutrisi yang terdapat di lingkungan memengaruhi aktivitas mikrobia untuk mengatasi limbah logam berat. Suhu yang optimum untuk aktivitas mikrobia tergantung jenis spesiesnya tergolong mesofil atau termofil. Misalnya *Thiobacillus ferrooxidans* (mesofil) untuk *bioleaching* ion Cu^{2+} suhu

optimumnya sebesar 30°C, sedangkan *Sulfolobus* sp dan *Thiobacillus* sp (termofil) terperatur optimumnya adalah 50°C atau lebih (Atlas dan Bartha, 1993).

d. Parameter Uji Limbah Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2003 tentang baku mutu air limbah, ada beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam mengelola limbah domestik. Parameter tersebut tercantum pada lampiran XLVI (dapat dilihat pada Tabel 1), antara lain derajat keasaman (pH), BOD, TSS, serta minyak dan lemak. Nilai baku mutu untuk pH yang dianjurkan adalah 6 hingga 9, nilai baku mutu untuk BOD yang dianjurkan adalah 100 mg/l, nilai baku mutu untuk TSS yang dianjurkan adalah 100 mg/l, sedangkan nilai baku mutu untuk minyak dan lemak yang dianjurkan adalah 10 mg/l.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2003

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
pH		6 – 9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

(Anonim A, 2003)

1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH dalam limbah dapat mencerminkan keseimbangan antar asam dan basa dalam limbah tersebut. Limbah domestik biasanya mempunyai pH mendekati netral (Jenie dan Rahayu, 1993). Menurut Wahyono dkk (2011),

Keasaman atau pH memengaruhi ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dan juga dapat berdampak pada aktivitas metabolisme. Secara umum, kondisi pH yang optimum untuk kehidupan mikroorganisme sekitar 6 hingga 8.

Namun, untuk spesifikasinya masing-masing jenis mikroorganisme memiliki rentang pH optimum yang berbeda. Bakteri dapat berkembang optimum pada kisaran pH 6,0 hingga 7,5. Air limbah dengan konsentrasi pH yang tidak netral akan menyulitkan proses biologi, sehingga mengganggu proses penjernihannya (Sugiharto, 1987).

Menurut Romayanto dkk (2006), perubahan pH (pH turun) terjadi pada saat pengolahan air limbah domestik baik aerobik maupun anaerobik yang menghasilkan asam-asam seperti HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 (proses aerobik) maupun H_2S (proses anaerobik). Akan tetapi karena adanya sisa bahan pembersih dalam air limbah domestik seperti deterjen, sabun, sampo dan bahan pembersih lainnya yang bersifat alkalis menjadikan air limbah domestik dengan pH dibawah 7 menjadi dalam keadaan netral kembali, bahkan naik mencapai pH lebih dari 8 karena adanya bahan-bahan yang bersifat basa, tetapi kenaikan tersebut masih dibawah 9, karena disisi lain bakteri-bakteri aerobik dalam proses degradasi menghasilkan asam organik. Bahan organik atau substrat (unsur C, H, O, N, S, P) dalam proses aerobik menghasilkan asam-asam HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 sedangkan dalam proses anaerobik terjadi proses fermentasi yang menghasilkan gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) serta H_2S .

2. Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD)

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Pescod,1973). Parameter BOD, secara umum banyak dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran air buangan. Penentuan BOD sangat penting untuk menelusuri aliran pencemaran dari tingkat hulu ke muara (Sawyer dan Carty, 1978).

Kebutuhan Oksigen Biologi merupakan suatu prosedur *bioassay* yang menyangkut pengukuran banyaknya oksigen yang digunakan oleh organisme selama organisme tersebut menguraikan bahan organik yang ada dalam suatu perairan, pada kondisi yang hampir sama dengan kondisi yang ada di alam. Selama pemeriksaan BOD, contoh yang diperiksa harus bebas dari udara luar untuk mencegah kontaminasi dari oksigen yang ada di udara bebas. Konsentrasi air buangan/sampel tersebut juga harus berada pada suatu tingkat pencemaran tertentu, hal ini untuk menjaga supaya oksigen terlarut selalu ada selama pemeriksaan (Sawyer dan Carty, 1978).

Berkurangnya oksigen selama oksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesis sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi,

maka semakin banyak pula kandungan bahanbahan organik di dalamnya (Kristanto, 2002).

3. Padatan Tersuspensi (TSS)

Menurut Fardiaz, *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan padatan tersuspensi yang menyebabkan air sungai menjadi keruh dan tidak dapat mengendap secara langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan lain sebagainya. Air buangan dari industri mengandung jumlah padatan tersuspensi dalam jumlah bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Adanya padatan tersuspensi yang berlebihan dalam suatu perairan dapat mengurangi penetrasi sinar/cahaya matahari ke dalam air sehingga memengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis.

4. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapat di dalam air limbah. Kandungan zat minyak dan lemak dapat ditentukan melalui contoh air limbah dengan heksana. Minyak dan lemak membentuk ester dan alkohol. Minyak dapat sampai ke saluran air limbah, sebagian besar minyak ini mengapung di dalam air limbah, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Sebagai petunjuk dalam mengolah air limbah, maka efek buruk yang

dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan (Sugiharto, 1987).

Minyak dan lemak yang telah dipisahkan dari jaringan asalnya, mengandung sejumlah kecil komponen selain trigliserida (bahan pengotor atau impurities), yaitu asam lemak bebas, hidrokarbon, pigmen yang larut dalam lemak, sterol dan lipida kompleks seperti fosfatida dan lesitin. Komponen tersebut mempengaruhi warna dan kadar produk serta berperan pada proses ketengikan (Thomas, 1985).

Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) merupakan hidrokarbon aromatik yang terdapat di lingkungan baik secara alami maupun sebagai hasil dari kegiatan manusia. PAH yang memiliki berat molekul tinggi sebagai akibat kegiatan manusia dapat mencapai konsentrasi beracun yang akan menurunkan kualitas lingkungan dan memengaruhi kesehatan manusia, karena bersifat sitotoksik, mutagenic dan karsinogenik bagi jaringan tubuh (Hilyard dkk., 2008).

Penurunan kadar minyak dan lemak pada effluent terjadi karena pemanfaatan minyak dan lemak sebagai substrat oleh bakteri aerobik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Priyani dkk. (2002), didapatkan bahwa *Pseudomonas* sp banyak ditemukan pada limbah cair Pabrik Kelapa Sawit di Medan. Pengujian terhadap aktivitas enzim lipase ekstrasel dari spesies tersebut menunjukkan bahwa enzim tersebut mampu menguraikan trigliserida (minyak zaitun) menjadi asam lemak bebas.