

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah adalah zat atau bahan buangan yang dihasilkan dari proses kegiatan manusia (Suharto, 2011 : 226). Berdasarkan keputusan menteri RI No. 231/MPP/Kep/7/1997 pasal 1 tentang prosedur impor limbah, menyatakan bahwa limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya. Berdasarkan peraturan pemerintah No.18/1999 Jo.PP 85/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan kegiatan manusia.

2.2 Air Limbah

Menurut Undang-undang No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pengertian air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Sedangkan menurut Metcalf & Eddy (2003), air limbah didefinisikan sebagai kombinasi cairan atau air limbah yang membawa sampah dari perumahan, perkantoran, dan perdagangan dan perindustrian bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada.

2.3 Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air bekas pemakaian yang berasal dari aktivitas daerah pemukiman yang kontaminannya didominasi oleh bahan organik dan langsung dapat diolah secara biologis.

Sumber pencemaran berasal dari kegiatan yang dilakukan setiap hari yang berasal dari kegiatan memasak, mandi, mencuci, dsb. Komposisi limbah penduduk terdiri atas 99,9% air dan 0,1% padatan, yang pada umumnya terdiri atas 70% substansi organik dan 30% substansi organik. Substansi organik

tersebut umumnya terdiri atas protein 65%, karbohidrat 25%, dan lemak 10%, sedangkan substansi anorganik terdiri dari pasir, garam, dan logam. Parameter bermakna untuk limbah ini adalah parameter BOD, padatan tersuspensi, ammonia, dan nitrat. Cemaran air limbah domestik yang dominan umumnya bersifat organomikrobiologis. Tipikal komposisi air limbah domestik yang belum diolah disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tipikal komposisi air limbah domestik mentah

No	Kontaminan	Satuan	Kelas dan Konsentrasi		
			Lemah	Sedang	Kuat
1	TDS	mg/L	250	500	850
2	TSS	mg/L	100	220	350
3	BOD ₅	mg/L	110	220	400
4	TOC	mg/L	80	160	290
5	COD	mg/L	250	500	1000
6	N Total	mg/L	20	40	85
7	-N organik	mg/L	8	15	35
	-Amonia bebas	mg/L	12	25	50
8	P total	mg/L	4	8	15
9	Klorida	mg/L	30	50	100
10	Sulfat a)	mg/L	20	30	50
11	Alkalinitas (sebagai CaCO ₃)	mg/L	50	100	200
12	Lemak	mg/L	50	100	150
13	Total coliform b)	no/100 mL	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
14	VOCs	ug/L	<100	100-400	>400

a) Harganya harus ditambah dengan jumlah persen dalam PAM.

b) Harga tipikal 10⁵-10⁶ no/mL

Sumber : Metcalf & Eddy

2.4 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah yaitu perhitungan yang bertujuan untuk mengetahui jumlah suatu debit air limbah.

a. Perhitungan debit air limbah domestik

Perhitungan debit air limbah domestik didasarkan atas jumlah penduduk yang menempati daerah tersebut. Jumlah penduduk akan merefleksikan jumlah penggunaan air bersih. Diperkirakan besarnya air bersih yang akan menjadi air limbah adalah 70% hingga 80% dari total kebutuhan air bersih. Berdasarkan basis data lingkungan DKI Jakarta tahun 2005, debit air limbah domestik diperoleh dari 80% konsumsi air bersih. Besarnya pemakaian air bersih dan limbah yang dihasilkan berdasarkan atas berbagai kegiatan domestik dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini. Perhitungan debit air limbah adalah sebagai berikut :

$$\text{Debit Air Limbah} = (70-80\%) \times \text{Debit Air Bersih} \times \text{Jumlah Penduduk} \dots\dots(2.1)$$

Tabel 2.2 Besaran Population Equivalent (PE), Pemakaian Air Bersih, dan Debit Air Limbah

No	Bangunan	Pemakaian Air Bersih	Debit Air Limbah	Satuan	PE	Acuan
1	Rumah Biasa	150	120	Liter/Penghuni/hari	1,00	Study JICA 1990 (proyeksi 2010)
2	Apartment	250	200	Liter/Penghuni/hari	1,67	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura.
3	Klinik / Puskesmas	3	2,7	Liter/Pengujung/hari	0,02	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura.
4	Rumah Sakit Umum	425	340	Liter/jumlah tempat tidur pasien/hari	2,83	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura.
5	Sekolah Dasar	40	32	Liter/Siswa/hari	0,27	SNI 03-7065-2005
6	SLTP	50	40	Liter/Siswa/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
7	SLTA	80	64	Liter/Siswa/hari	0,53	SNI 03-7065-2005
8	Perguruan Tinggi	80	64	Liter/Mahasiswa/hari	0,53	SNI 03-7065-2005
9	Rumah Toko	100	80	Liter/Penghuni dan pegawai/ hari	0,67	SNI 03-7065-2005
10	Gedung Kantor	50	40	Liter/pegawai/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
11	Pabrik/Industri	50	40	Liter/pegawai/hari	0,33	SNI 03-7065-2005

12	Stasiun/Terminal	3	2,7	Liter/penumpang dan pergi/hari	tiba	0,02	SNI 03-7065-2005
13	Bandar Udara	3	2,7	Liter/penumpang dan pergi/hari	tiba	0,02	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura.
14	Restoran	15	13,5	Liter/kursi/hari		0,11	SNI 03-7065-2005
15	Gedung Peribadatan	25	22,5	Liter/orang/hari (belum dengan air wudhu)		0,04	SNI 03-7065-2005

Sumber : Lampiran Pergub DKI Jakarta 122 tahun 2005

b. Perhitungan beban air limbah domestik

Perhitungan beban air limbah didasarkan atas jumlah penduduk dimana tiap penduduknya memiliki beban limbah. Beban limbah per orang dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Beban air limbah domestik dari tiap negara

Negara	BOD (g/capita.day)	TSS (g/capita.day)	TKN (g/capita.day)	NH ₃ -N (g/capita.day)
Germany	55-68	82-96	11-16	Not Defined
India	27-41	Not Defined	Not Defined	Not Defined
Japan	40-45	Not Defined	1-3	Not Defined
USA	50-120	60-150	9-22	5-12

Sumber : Metcalf & Eddy

2.5 Badan Air Penerima Atau Air Laut

a. Air Laut

Air laut merupakan air yang berasal dari laut atau samudera yang memiliki kadar garam rata-rata 3,5%, artinya dalam 1 liter air laut terdapat 35 gram garam (Peureulak,2009). Perbedaan utama antara air tawar dan air laut adalah pada air tawar tidak mengandung garam sedangkan air laut terdapat kandungan garam.

Garam yang terkandung didalam air laut yaitu: NaCl (68,1%), HgCl₂ (14,4%), NaSO₄ (11,4%), KCl (3,9%), CaCl₂ (3,2%), NaHCO₃ (0,3%), KBr (0,3%), lain-lain (0,1%).

b. Karakteristik Kualitas Air Laut Berdasarkan Beberapa Parameter Utama

Adapun parameter dan metode analisis kualitas air laut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Parameter dan metode analisis kualitas air laut

Parameter	Tipe Analisis	Spesifikasi Alat/Metode Analisis
Parameter Fisika:		
Kecerahan	<i>In situ</i>	Secchi disk
Suhu	<i>In situ</i>	Thermometer digital
Parameter Kimia:		
Salinitas	<i>In situ</i>	Refraktometer
pH	<i>In situ</i>	pH meter
<i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	<i>In situ</i>	DO meter
<i>Biochemical Oxygen Demand (BOD₅)</i>	Lab. IKL	Lovibond OxiDirect/Manometric
Ammonia Total (NH ₃ -N)	Lab. KESDA	SNI 19-6964.3-2003
Nitrat (NO ₃ -N)	Lab. KESDA	SNI 19-6964.7-2003
Fosfat (PO ₄ -P)	Lab. KESDA	Standard Method 2005, Section 4500-P.C
Sulfida (H ₂ S)	Lab. KESDA	SNI 19-6964.4-2003

Sumber : *KepMen LH No. 51 Tahun 2004*

i. Kecerahan Perairan

Kecerahan merupakan tingkat transparansi perairan yang dapat diamati secara visual menggunakan *secchi disk*. Tujuan dari kecerahan ini adalah untuk mengetahui proses asimilasi dalam air, lapisan-lapisan yang tidak keruh maupun yang paling keruh. Serta memberikan petunjuk atau indikasi adanya partikel-partikel tersuspensi dalam perairan.

ii. Suhu Perairan

Suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang paling mudah untuk diteliti. Aktivitas metabolisme serta penyebaran organisme air banyak dipengaruhi oleh suhu air (Nontji, 2005). Suhu perairan berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003). Perubahan suhu permukaan dapat berpengaruh terhadap proses fisik, kimia dan biologi di perairan tersebut (Kusumaningtyas et al., 2014).

iii. Salinitas

Salinitas merupakan konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut, salinitas air berpengaruh terhadap tekanan osmotik air, semakin tinggi salinitas maka akan semakin besar pula tekanan osmotiknya (Widiadmoko, 2013). Perbedaan salinitas perairan terjadi karena adanya perbedaan penguapan dan presipitasi.

iv. pH (Derajat Keasaman)

Derajat keasaman (pH) merupakan indikator baik buruknya suatu perairan. pH suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup

penting dalam memantau kestabilan perairan (Simanjuntak, 2009). Tingginya nilai pH menentukan dominasi fitoplankton yang mempengaruhi tingkat produktivitas primer suatu perairan, keberadaan fitoplankton didukung oleh ketersediaannya nutrisi di perairan laut (Megawati et al., 2014).

v. *Dissolved Oxygen (DO)*

Oksigen terlarut (Dissolved Oxygen/DO) adalah total jumlah oksigen yang ada (terlarut) di air. DO dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Umumnya oksigen dijumpai pada lapisan permukaan karena oksigen dari udara di dekatnya dapat secara langsung larut berdifusi ke dalam air laut (Hutabarat dan Evans, 1985). Kebutuhan organisme terhadap oksigen terlarut relatif bervariasi tergantung pada jenis, stadium dan aktifitasnya (Gemilang et al., 2017).

vi. *Biochemical Oxygen Demand (BOD₅)*

BOD₅ merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD adalah angka indeks untuk tolak ukur pencemar dari limbah yang berada dalam suatu perairan. Makin besar konsentrasi BOD suatu perairan, menunjukkan konsentrasi bahan organik di dalam air juga tinggi (Yudo, 2010).

vii. *Ammonia Total (NH₃-N)*

Salah satu bahan kimia yang umum terkandung dalam limbah adalah ammonia (NH₃) (Bonnin et al., 2008). Kadar ammonia dalam air laut sangat bervariasi dan dapat berubah secara cepat. Ammonia dapat bersifat toksik bagi biota jika kadarnya melebihi ambang batas maksimum.

viii. *Fosfat (PO₄-P)*

Fosfat merupakan salah satu senyawa nutrisi yang sangat penting di laut. Di laut, fosfat berada dalam bentuk anorganik dan organik terlarut serta partikulat fosfat (Affan, 2010). Fosfat merupakan zat hara yang dibutuhkan

untuk proses pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton dan organisme laut lainnya dalam menentukan kesuburan perairan, kondisinya tidak stabil karena mudah mengalami proses pengikisan, pelapukan dan pengenceran.

ix. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Nitrat merupakan salah satu nutrient senyawa yang penting dalam sintesa protein hewan dan tumbuhan. Konsentrasi nitrat yang tinggi di perairan dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkembangan organisme perairan apabila didukung oleh ketersediaan nutrient. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri nitrosomonas, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh nitrobacter (Effendi, 2003).

x. Sulfida (H_2S)

Sulfida merupakan gas yang dihasil dari dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri anaerob dan merupakan gas yang sangat berbahaya bagi biota perairan serta menghasilkan bau yang tidak enak. Sulfida yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap kehidupan biota perairan.

2.6 Pengendalian Pencemaran Air

Pencemaran lingkungan hidup menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, disebutkan bahwa pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Pada dasarnya pencemaran adalah resiko dari pemanfaatan sumberdaya alam, oleh karena itu pencemaran haruslah merupakan suatu masalah yang mau tidak mau harus dicegah, ditanggulangi dan dikendalikan. Tujuan pengendalian pencemaran air adalah memperkecil atau memaksa gangguan yang ditimbulkan oleh limbah sekecil mungkin. Menurut (Mutiar, 1999) bahwa pencemaran air tidak dapat ditiadakan, namun dapat 37 dikurangi

dengan cara pengolahan sehingga bebannya yang masuk ke lingkungan menjadi sekecil-kecilnya.

Pengolahan limbah atau pembenahan air limbah, pada dasarnya adalah membuang zat pencemar yang terdapat dalam air atau berubah bentuknya sehingga menjadi tidak berbahaya lagi bagi kehidupan organisme. Tingkat pengolahan ini tergantung dari sifat dan volume limbah serta kegunaannya setelah dibuang, yang dimanfaatkan untuk perekonomian air daerah tersebut (Mahida, 1993).

Metode atau cara pengolahan limbah telah banyak diperkenalkan oleh para ahli, namun proses-proses yang berlainan itu pada prinsipnya dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu pengolahan secara fisik, pengolahan secara kimia dan pengolahan secara biologi.

a. Pengolahan secara Fisik

Pengolahan limbah yang dilakukan secara fisik digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung benda padat seperti serat, ampas, lumpur, bulu serta kotoran padat lainnya. Menurut Mahida (1986) cara ini disebut dengan cara pengolahan limbah secara mekanis yang terdiri dari penyaringan, pengambilan buihnya, pengambangan, dan sedimentasi.

b. Pengolahan secara Kimiawi

Pengolahan secara kimiawi banyak dilakukan dengan cara penambahan pereaksi kimia tertentu yang sesuai dengan karakteristik bahan limbah seperti netralisasi, presipitasi, dan pemisahan (Djuangsih, 1981; Mutiara, 1999). Menurut Mahida (1993), pengolahan secara kimiawi dapat berupa pengentalan, penghilangan bau, dan sterilisasi akan mematikan hama.

c. Pengolahan secara Biologi

Pada umumnya pengolahan secara biologi dipergunakan untuk mereduksi atau menurunkan kadar pencemaran organik dalam air limbah dengan menggunakan dan memanfaatkan keaktifan mikroorganisme (Mahida, 1993), misalnya dengan lumpur aktif (*activated sludge*), saringan menetes (*trickling filter*), kolam stabilisasi, dsb.

Mara (1976) mengemukakan untuk kemungkinan perlakuan limbah dan tidak semua tahap ini harus dikerjakan, tergantung dari kualitas dan kebutuhan limbah. Keempat tahap perlakuan limbah tersebut meliputi : perlakuan pendahuluan, primer, sekunder dan tersier, diuraikan sebagai berikut.

i. Perlakuan Pendahuluan

Tahap ini terdiri dari penyaringan (*screening*) dan pembersihan limbah dengan kerikil halus. Tahap awal ini adalah pembersihan limbah dengan dari benda-benda besar yang mengapung seperti potongan-potongan kayu dan parikel padat (pasir dan kerikil). Tahap ini dilakukan untuk melindungi kerusakan peralatan yang dipakai pada tahap perlakuan.

Perlakuan pendahuluan adalah tahap pemisahan sampah berukuran besar dan partikel terlarut dengan cara penyaringan. Mula-mula limbah dialirkan pada sebuah saringan yang berfungsi memisahkan sampah berukuran besar seperti kertas, botol-botol dan lain-lain, sedangkan pasir batu-batu kecil akan diendapkan pada suatu saluran yang akan dialiri limbah dengan konstan atau dapat juga melalui kamar pasir (Dix, 1981). Menurut Mason (1981) yang dimaksud kamar pasir adalah suatu ruangan yang akan dialiri limbah dan diberi aerasi dari dasar kamar untuk menciptakan gerakan spiral, sehingga pasir akan terkumpul pada tempat penampungannya untuk kemudian dibuang. Penggunaan tahap ini yaitu apabila limbah dalam jumlah besar mengandung sampah yang berukuran besar.

ii. Perlakuan Primer

Proses yang menjadi ciri pada tahap ini adalah proses pengendapan yang menurut Mara (1976) merupakan pemisahan suspensi terlarut menjadi komponen cair dan padat. Pada tahap ini limbah ditempatkan pada tangki terbuka dan partikel-partikel terlarut dibiarkan mengendap, sedangkan partikel-partikel yang ringan akan mengapung membentuk busa. Setelah dibiarkan beberapa saat, proses ini dapat dilanjutkan. Menurut Dix (1981) bahwa tahap perlakuan primer dapat mengendapkan 55% partikel terlarut sebagai lumpur dan dapat menurunkan BOD₅ sampai 35%. Ada beberapa macam tangki pengendapan, tetapi yang sering digunakan adalah tangki-tangki

dangkal berpola radier (lingkaran) yang dilengkapi dengan gigi mekanik untuk memindahkan lumpur (Mason, 1981).

iii. Perlakuan Sekunder

Pada prinsipnya tahap perlakuan sekunder adalah tahap oksidasi senyawa organik terlarut dengan adanya mikroorganisme. Limbah dibiarkan dalam waktu yang agak lama pada kondisi optimal untuk pertumbuhan mikrobial (Guthrie dan Perry, 1980; Mutiara, 1999), biasanya dilakukan dengan 3 cara yaitu menggunakan kolam oksidasi, metode lumpur aktif dan *trickling filter*.

Penggunaan kolam oksidasi sebagai instalasi penanggulangan limbah di daerah tropik yang sepanjang tahun menerima cahaya matahari adalah sangat memungkinkan (Mason, 1981). Kolam oksidasi dapat membersihkan limbah dengan menggunakan kerjasama antara bakteri dan alga. Menurut (Mutiara, 1999) bahwa keanekaragaman jenis algae yang terdapat dalam kolam oksidasi tidak dipengaruhi iklim dan letak geografis dan tampaknya lebih dipengaruhi kondisi fisika-kimia limbah serta besarnya jumlah material yang tidak dapat dioksidasi. Kolam oksidasi merupakan kolam terbuka dengan kedalaman 1–2 meter. Limbah yang masuk diperlakukan selama 3 sampai 6 minggu. Bakteri yang terdapat dalam kolam oksidasi menguraikan bahan-bahan organik dan menghasilkan CO₂, amonia, nitrat, dan fosfat. Selanjutnya senyawa-senyawa ini akan digunakan algae untuk mengadakan fotosintesis digunakan oleh jasad-jasad aerob untuk proses kehidupan dan aktivitasnya.

iv. Perlakuan Tersier

Tahap ini akan menghasilkan buangan yang lebih baik dari kualitasnya dan hanya dikerjakan bila sangat diperlukan. Dalam berbagai keadaan limbah yang telah ditanggulangi melalui tahap-tahap penanggulangan di atas, belum cukup memadai bila dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu perlu ditanggulangi lebih lanjut, misalnya dengan penggunaan saringan mikro untuk menyaring bakteri patogen atau zat-zat terlarut yang masih terkandung dalam cairan limbah. Proses ini menurut Mason (1981) dapat menurunkan BOD₅ < 10 mg/L. Limbah yang telah diberi perlakuan pendahuluan, primer, sekunder,

dan tersier diharapkan tidak lagi bersifat racun baik bagi lingkungan maupun organisme air dan manusia.