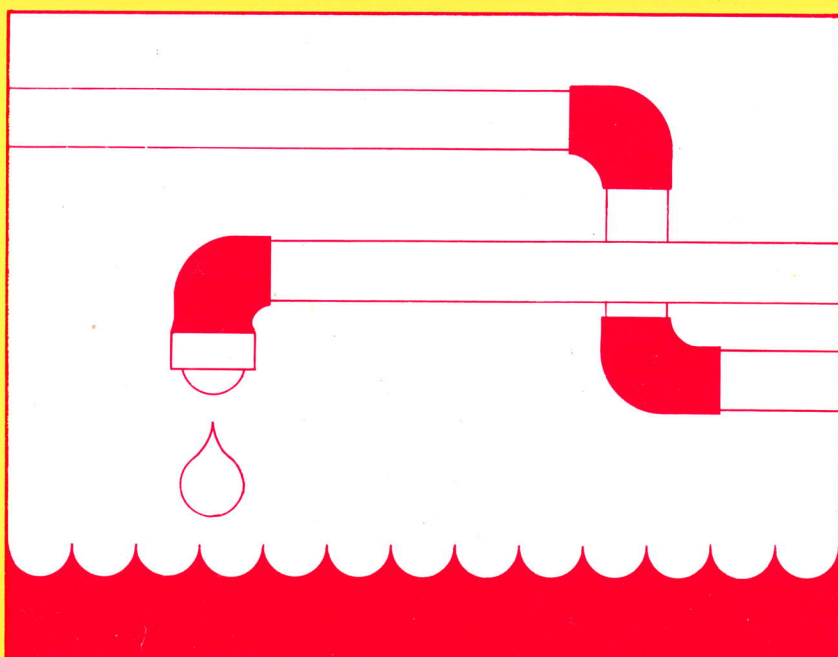


DASAR-DASAR PENGELOLAAN AIR LIMBAH

SUGIHARTO



29000
202

DASAR-DASAR PENGELOLAAN AIR LIMBAH

SUGIHARTO



**Penerbit Universitas Indonesia
(UI-Press), 2008**

Perpustakaan Nasional : katalog dalam terbitan (KDT)

Sugiharto

Dasar-dasar pengelolaan air limbah/oleh Sugiharto. — Cet. 1. — Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 1987.

vii, 198 hlm.; 23 cm.

Bibliografi : hlm. 184.

ISBN 979-8034-89-9.

1. Air limbah — Manajemen. I. Judul.

628.506 8

DASAR-DASAR PENGELOLAAN AIR LIMBAH

© Hak pengarang dan penerbit dilindungi Undang-Undang
Cetakan 2008

Pengarang: Sugiharto

Dicetak oleh: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press)

Penerbit: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press)

Jl. Salemba Raya 4, Jakarta 10430. Telp. (021) 31935373,

(021) 31930172; Fax. (021) 31930172

website: www.penerbit-ui.com; e-mail: info@penerbit-ui.com

Kata Pengantar

Sudah tidak bisa kita pungkiri lagi bahwa kita saat ini sedang giat-giatnya melaksanakan pembangunan demi terciptanya masyarakat yang adil dan makmur melalui proses industrialisasi. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan industri yang beraneka-ragam ini, sudah barang tentu akan semakin beraneka-ragam pula hasil buangan sampingannya. Salah satu dari buangan tersebut adalah yang berupa buangan air limbah industri. Dengan adanya air limbah industri ini mau tidak mau akan mengotori sumberdaya alam yang ada di sekitarnya.

Dengan diterbitkannya buku ini diharapkan dapat mengimbangi laju pertumbuhan industri dengan pengertian tentang air limbah industri itu sendiri, sehingga air limbah yang merupakan buangan industri tersebut mendapatkan perhatian yang seksama, di mana pada akhirnya efek buruk dari limbah industri dapat diatasi atau dapat diperkecil seminimal mungkin.

Atas berkat Rakhmat Tuhan Yang Maha Esa dan atas karunia-Nya jualah buku dengan judul *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah* dapat hadir di hadapan pembaca. Mudah-mudahan buku ini dapat merupakan sumbangan pemikiran yang bermanfaat dalam rangka mengisi masa tinggal landas Pelita VI nantinya.

Sebagaimana peribahasa mengatakan bahwa tiada gading yang tak retak, maka demikian juga halnya dengan tulisan ini masih terdapat banyak kekurangan di sana-sini. Untuk itulah kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan dari pembaca demi melengkapi tulisan ini.

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada teman sejawat serta semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan sampai diterbitkannya buku ini.

Semoga dengan tulisan ini dapat lebih meningkatkan perhatian kita terhadap permasalahan air limbah sehingga air limbah tersebut tidak memberikan efek yang buruk terhadap kehidupan dan kesejahteraan manusia.

Jakarta, Maret 1987

Sugiharto

Daftar Isi

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
1. RUANG LINGKUP PEMBAHASAN	1
PENDAHULUAN	1
RUANG LINGKUP PEMBAHASAN	3
Teknis Administrasi	3
Teknis Operasional	3
2. AIR LIMBAH DAN MASALAH YANG DAPAT DITIMBULKANNYA	5
BEBERAPA ISTILAH YANG SERING DIPER- GUNAKAN PADA PENGELOLAAN AIR LIM- BAH	5
SUMBER AIR LIMBAH	10
Air Limbah Rumah tangga	10
Air Limbah Industri	13
Air Limbah Rembesan dan Tambahan	14
KOMPOSISI AIR LIMBAH	16
ANALISIS SIFAT-SIFAT AIR LIMBAH	19
Sifat Fisik Air Limbah	21
Sifat Kimia Air Limbah	23
Sifat Biologis Air Limbah	35
Pertumbuhan Mikroorganisme	40
EFEK BURUK AIR LIMBAH	41
Gangguan Terhadap Kesehatan	45

Gangguan Terhadap Kehidupan Biotik	47
Gangguan Terhadap Keindahan	48
Gangguan Terhadap Kerusakan Renda	50
3. PENGALIRAN AIR LIMBAH DI DAERAH PERKOTAAN DAN PERMASALAHANNYA	52
PERMASALAHAN UMUM	52
BEBERAPA KETENTUAN TEKNIS	54
PERLENGKAPAN YANG DIPERLUKAN DALAM PEMBUANGAN AIR LIMBAH	66
Pipa Penyaluran	66
Sumur Pemeriksaan	76
Pusat Pemompaan	79
Peralatan Pemeliharaan	87
4. PENGOLAHAN AIR LIMBAH	95
PENGOLAHAN PENDAHULUAN (<i>PRETREATMENT</i>)	96
Pengambilan Benda Terapung	98
Pengambilan Benda Mengendap (Pasir)	101
PENGOLAHAN PERTAMA (<i>PRIMARY TREATMENT</i>)	102
Bak Pengendapan Ideal	103
Pengentalan dan Pengapungan	110
PENGOLAHAN KEDUA (<i>SECONDARY TREATMENT</i>)	113
Proses Penambahan Oksigen (Aerasi)	114
Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor	115
PENGOLAHAN KETIGA (<i>TERTIARY TREATMENT</i>)	120
Saringan Pasir	121
Saringan Multi Media	121
Precoal Filter	122
Mikrostraining	122
Vacum Filter	122
Penyerapan (<i>Adsorbtion</i>)	123
Pengurangan Besi dan Mangan	126

Perubahan CN	127
Osmosis Bolak-balik	128
PEMBUNUHAN BAKTERI (<i>DESINFEKTION</i>) ..	129
PENGOLAHAN LANJUTAN (<i>ULTIMATE DISPOSAL</i>)	132
Proses Pemekatan	133
Proses Stabilisasi (<i>Stabilization</i>)	133
Proses Pengaturan (<i>Conditioning</i>)	139
Proses Pengurangan Air (<i>Dewatering</i>)	140
Proses Pengeringan	142
Proses Pembuangan	143
5. PENERAPAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DI MASYARAKAT	147
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DAN KOTORAN MANUSIA DI RUMAH	147
Septic Tank	148
Percobaan Daya Resap Tanah	150
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DI PERUSAHAAN PENGOLAHAN SUSU	156
Sumber Air Limbah	156
Cara Pengolahan Air Limbah	158
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DARI PABRIK PENGHASIL BARANG-BARANG YANG TERBUAT DARI LOGAM	165
Keadaan Pabrik/Perusahaan	165
Pengolahan Air Limbah	169
LAMPIRAN	173
DAFTAR PUSTAKA	184
INDEKS	187

1

Ruang Lingkup Pembahasan

PENDAHULUAN

Untuk meningkatkan taraf hidup serta kesejahteraan masyarakat yang kita cita-citakan berupa masyarakat yang adil dan makmur baik moril maupun materil, maka berbagai usaha telah dilaksanakan oleh pemerintah pada akhir-akhir ini. Salah satu usaha yang sedang digalakkan sesuai dengan Garis-garis Besar Haluan Negara adalah ditingkatkannya sektor industri baik yang berupa industri berat maupun yang berupa industri ringan. Industri berat yang dimaksudkan adalah industri yang memproduksi mesin-mesin industri serta pengadaan bahan baku maupun industri yang memanfaatkan sumberdaya alam dan energi serta industri untuk pemenuhan kebutuhan pokok rakyat banyak. Tidak ketinggalan juga halnya dengan industri yang dikelola oleh masyarakat itu sendiri berupa industri kecil dan kerajinan rakyat di mana akhir-akhir ini sedang tumbuh bagai cendawan di musim hujan. Tumbuhnya berbagai industri seperti ini menunjukkan bahwa negara kita sedang mengalami pergeseran dari negara agraris menjadi negara industri.

Dengan ditingkatkannya sektor industri maupun sektor pertanian diharapkan taraf hidup masyarakat akan dapat ditingkatkan lagi. Akan tetapi, di samping tujuan-tujuan tersebut di atas, maka dengan munculnya industri perlu dipikirkan juga efek sampingannya yang berupa limbah. Limbah tersebut dapat berupa limbah padat (*solid wastes*), limbah cair

(liquid wastes), maupun limbah gas (gaseous wastes). Ketiga jenis limbah ini dapat dikeluarkan sekaligus oleh satu industri ataupun satu persatu sesuai dengan proses yang ada di perusahaannya.

Adapun efek sampingan dari limbah tersebut dapat berupa¹:

1. Membahayakan kesehatan manusia karena dapat merupakan pembawa suatu penyakit (sebagai *vehicle*).
2. Merugikan segi ekonomi karena dapat menimbulkan kerusakan pada benda/bangunan maupun tanam-tanaman dan peternakan.
3. Dapat merusak atau membunuh kehidupan yang ada di dalam air seperti ikan dan binatang peliharaan lainnya.
4. Dapat merusak keindahan (*aestetika*), karena bau busuk dan pemandangan yang tidak sedap dipandang terutama di daerah hilir sungai yang merupakan daerah rekreasi.

Berdasarkan pertimbangan di atas, perlu kiranya diperhatikan efek sampingan yang akan ditimbulkan oleh adanya suatu industri sebelum industri tersebut mulai beroperasi. Oleh karena itu, perlu dipikirkan juga apakah industri tersebut menghasilkan limbah yang berbahaya atau tidak, sehingga segera dapat ditetapkan perlu tidaknya disediakan bangunan pengolah air limbah serta teknik yang dipergunakan dalam pengolahan. Air limbah suatu industri baru diperbolehkan dibuang ke badan-badan air apabila telah memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Apabila peraturan yang ada ditaati oleh semua pihak, maka diharapkan kasus-kasus yang berhubungan dengan air limbah dapat dicegah seperti halnya kematian ikan di sungai Brantas Wonokromo, karena air yang mengalir menjadi keruh dan berbau tidak sedap. Setelah dilakukan penelitian oleh laboratorium kesehatan daerah Surabaya bekerja sama dengan laboratorium Institut Teknologi Surabaya ditemukan adanya kadar pH, zat besi, Natrium dan bilangan permanganat serta amonium yang

sangat tinggi². Setelah dilakukan pelacakan, ternyata bahwa sumber pencemaran tersebut berasal dari industri yang telah membuang air limbahnya secara terus-menerus ke dalam sungai tanpa melalui proses pengolahan sebelumnya. Kejadian ini merupakan kejadian yang tidak kita harapkan, akan tetapi hal tersebut dapat tercapai apabila semua pihak yang berhubungan dengan air limbah ini memahami akibat buruk dari limbah industri itu. Untuk itu semua perlu adanya kesamaan pendapat/pengertian antara pemerintah, pengusaha dan masyarakat agar saling memberikan masukan/pengawasan yang positif sehingga efek buruk air limbah dapat diperkecil.

RUANG LINGKUP PEMBAHASAN

Untuk mengelola air limbah secara baik diperlukan keterpaduan dari berbagai macam disiplin ilmu pengetahuan, baik yang bersifat teknis administratif maupun yang bersifat teknis operasionalnya.

Teknis Administratif

Mengingat banyaknya serta jenis kegiatan yang dilaksanakan pada proses pengelolaan air limbah itu, maka diperlukan sistem pengaturan yang mantap. Oleh karena itu, diperlukan tenaga administrasi yang memahami teknis pengolahan air limbah di samping keahliannya di bidang administrasi. Administrasi di sini meliputi baik tenaga, biaya maupun terhadap sarana. Adapun administrasi teknis pengolahan meliputi pengadaan, penyimpanan distribusi dari hasil pencatatan serta monitoring petugas teknis di lapangan.

Teknis Operasional

Yang dimaksudkan dengan teknis operasional di sini adalah pengetahuan teknis yang diperlukan sehubungan dengan pengelolaan air limbah. Pengetahuan tersebut bisa berupa teknis

1. Soebagio Reksosobroto, "Pembuangan Air Kotor", *Ilmu Higiene dan Sanitasi* (Jakarta: APK, tt), hlm. 17.

2. Soedjadi Keman, *et al.*, "Kondisi Air Limbah Beberapa Industri di Sekitar Daerah Sungai (DAS) Kali Surabaya", *Majalah Kesehatan Masyarakat Indonesia*, Tahun XV Nomor 11, 30 Juni 1985, hlm. 654.

terhadap air limbah itu sendiri ataupun teknis lainnya yang merupakan penunjang untuk mengolah air limbah. Teknis penunjang yang dimaksudkan misalnya teknik tentang pembuatan an pipa saluran air limbah, teknik pemasangan saluran air limbah serta teknik pembuatan bangunan pengolah air limbah itu sendiri. Adapun teknis terhadap air limbah adalah teknik tentang bagaimana cara mengolah air limbah itu sendiri. Untuk itulah diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang air limbah itu sendiri, yang meliputi sifat-sifat fisik, sifat kimiawi maupun sifat bakteriologisnya.

Untuk membahas masalah teknis administrasi dan teknis operasional, diperlukan pembahasan yang tersendiri, sehingga masing-masing bagian dapat dibahas secara terperinci dan lebih mendalam. Mengingat kedalaman materi yang dibahas, adalah lebih tepat jika pembahasan ini dipergunakan sebagai petunjuk operasional bagi para pengelola di masing-masing unit kerjanya.

Sesuai dengan judul buku yang ada, yaitu merupakan dasar-dasar pengantar, maka buku ini berisikan tentang garis-garis besar dalam mengelola air limbah mulai dari pengertian tentang air limbah itu sendiri serta pengelolaan air limbah mulai dari sumbernya sampai ke tempat pengolahan dan pembuangannya.

2

Air Limbah dan Masalah yang Dapat Ditimbulkannya

BEBERAPA ISTILAH YANG SERING DIPERGUNAKAN PADA PENGELOLAAN AIR LIMBAH

Sebelum membicarakan lebih lanjut tentang air buangan/air limbah, maka perlu kiranya diketahui terlebih dahulu beberapa istilah yang sering dipergunakan dalam pengelolaan air limbah.

Tinja (*excreta*)¹⁾ adalah bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia.

Kotoran rumah tangga (*domestic sewage*)²⁾ adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi tempat cuci, WC, serta tempat memasak.

Air limbah (*wastewater*)³⁾ adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

Saluran air limbah (*sewer*)⁴⁾ adalah perlengkapan pengelolaan air limbah, bisa berupa pipa ataupun selokan yang dipergunakan untuk membawa air buangan dari sumbernya sampai

1) Yoseph A. Salvato, J.R., *Environmental Engineering and Sanitation*, Second Edition (New York: John Wiley & Sons Inc., 1958), hlm. 260-261.

2) *Loc. cit.*

3) *Loc. cit.*

4) *Loc. cit.*

ke tempat pengolahan atau ke tempat pembuangan.

Saluran tercampur (*combined sewer*)⁵⁾ adalah saluran air limbah yang dipergunakan untuk mengalirkan air limbah, baik yang berasal dari rumahtangga maupun yang berasal dari daerah industri, air hujan dan air permukaan.

Saluran terpisah (*separate sewer*)⁶⁾ adalah cara pembuangan air limbah dengan cara mengadakan pemisahan antara air limbah yang berasal dari rumahtangga atau daerah perumahan dan air limbah yang berasal dari daerah industri dengan air limbah yang berasal dari daerah luapan air hujan atau dari aliran pengeringan.

Pembuangan sistem saluran (*sewerage*)⁷⁾ adalah cara pengelolaan air limbah termasuk di dalamnya, mulai dari pengumpulan, pemompaan, proses pengaliran sampai pada proses pengolahannya berikut bangunan pengolahnya.

Bangunan air limbah (*sewage treatment plant*)⁸⁾ adalah kelompok bangunan yang dipergunakan untuk mengolah/memproses air limbah menjadi bahan-bahan yang berguna lainnya, serta tidak berbahaya bagi sekelilingnya. Bangunan ini dibuat untuk melayani wilayah tertentu sesuai dengan kapasitas bangunan tersebut.

BOD 5 (*Biochemical Oxygen Demand*)⁹⁾ adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram/liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 20°C. Akan tetapi di laboratorium dipergunakan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD 5.

COD (*Chemical Oxygen Demand*)¹⁰⁾ adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi.

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen = DO*)¹¹⁾ adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil.

Denitrifikasi (*denitrification*)¹²⁾ adalah proses perombakan oleh bakteri terhadap nitrat menjadi nitrogen gas atau beberapa nitrous oksida.

Nitrifikasi (*nitrification*)¹³⁾ adalah pemberian oksigen pada amonia untuk diubah menjadi nitrit dan nitrat oleh mikroorganisme.

Benda organik (*organik matter*)¹⁴⁾ adalah zat yang pada umumnya merupakan bagian dari binatang atau tumbuh-tumbuhan dengan komponen utamanya adalah karbon, protein, dan lemak/lipid. Benda organik ini mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut dalam limbah.

*Effluent*¹⁵⁾ adalah cairan yang keluar dari salah satu bagian dari bangunan pengolah atau dari bangunan pengolah secara keseluruhan.

Lumpur (*shudge*)¹⁶⁾ adalah jumlah endapan yang tersisa setelah mengalami penguapan pada suhu 103°–105°C dari suatu air limbah.

*Settleable solid*¹⁷⁾ adalah lumpur yang mengendap dengan sendirinya pada kondisi yang tenang selama 1 jam secara gaya beratnya sendiri.

TSS (*Total Suspended Solid*)¹⁸⁾ adalah jumlah berat dalam

11) C. Fred Gurnham (Ed.), *Industrial Wastewater Control*, a Textbook and Reference Work (New York: Academic Press, 1965), hlm. 8.

12) Asean Training Award, *Training on Sewage Treatment Work* (Singapura: Unpublished, 1984).

13) *Loc. cit.*

14) Donald W. Sundstrom, dan Herbert E. Klei, *Wastewater Treatment* (USA: Prentice Hall Inc., 1979), hlm. 14.

15) Asean Training Award, *op. cit.*

16) Donald W. Sundstrom, *op. cit.*, hlm. 12–13.

17) *Loc. cit.*

18) *Loc. cit.*

5) *Loc. cit.*

6) *Loc. cit.*

7) *Loc. cit.*

8) *Loc. cit.*

9) *Loc. cit.*

10) *Loc. cit.*

mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*)¹⁹⁾ adalah jumlah TSS yang berasal dari bak pengendap lumpur aktif.

MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solid*)²⁰⁾ adalah MLVSS yang telah dipanaskan pada suhu 600°C sehingga benda volatilnya menguap.

Lumpur aktif (*activated sludge*)²¹⁾ adalah endapan lumpur yang berasal dari air limbah yang telah mengalami pembe-
rian udara (*aerasi*) secara teratur. Lumpur ini berguna untuk mempercepat proses stabilisasi dari air limbah. Lumpur ini sangat banyak mengandung bakteri pengurai, sehingga sangat baik dipergunakan untuk pemakan zat organik pada air limbah yang masih baru.

Tangki pengendap terakhir (*final settling tank*)²²⁾ adalah tangki yang dipergunakan untuk mengendapkan lumpur setelah air limbah melalui proses aerasi. Dari tangki ini nantinya dihasilkan lumpur yang dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan gas pada tangki pencernaan. Selain lumpur, maka hasil akhirnya adalah limbah yang relatif sudah cukup bersih (*effluent*).

Waktu tinggal (*detention time*)²³⁾ adalah waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan agar tujuan pengolahan dapat dicapai secara optimal. Pada setiap bagian bangunan pengolah mempunyai waktu tinggal yang berbeda-beda, sehingga waktu tinggal ini perlu diketahui lamanya pada setiap jenis bangunan pengolah. Dengan diketahuinya waktu tinggal ini, maka besarnya bangunan pengolah dapat dibuat dalam ukuran yang tepat sesuai dengan kebutuhan.

Lubang pemeriksaan (*man hole*)²⁴⁾ adalah lubang yang diletakkan di atas saluran yang menghubungkan saluran dengan

udara terbuka. Penempatan lubang pemeriksaan ini dimaksudkan untuk melakukan pemeriksaan saluran air limbah atau untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan. Adapun peletakan lubang ini disesuaikan diameter serta keadaan saluran itu sendiri misalnya pada persimpangan, belokan dan lain-lain.

Pusat pemompaan (*pumping station*)²⁵⁾ adalah tempat pengumpulan sementara air limbah sebagai akibat mengalirnya menuju ke tempat pengolahan. Untuk mengalir lebih lanjut air limbah memerlukan bantuan berupa penyedotan ke atas permukaan tanah agar bisa mengalir secara gravitasi. Pembuatan pusat pemompaan ini dimaksudkan agar penggalan tanah untuk menanam pipa air limbah menjadi lebih dangkal kembali.

Kekeruhan (*turbidity*)²⁶⁾ adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air sungai, kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri. Apabila air seperti ini dipergunakan sebagai bahan baku untuk suatu industri, maka air tersebut adalah tidak memenuhi persyaratan yang ada.

Pengendapan (*settling*)²⁷⁾ adalah pengolahan yang paling tidak harus dilaksanakan untuk menghilangkan benda tercampur. Beberapa cara ini dapat dipergunakan seperti pada pengurangan pasir, benda tercampur atau memisahkan lumpur yang terbentuk akibat pembubuhan bahan kimia.

Pengapungan (*flotation*)²⁸⁾ adalah suatu cara pengurangan partikel yang ada di dalam air limbah dengan mengapungkan. Hal ini mudah diterapkan, karena terdapat beberapa zat padat atau substansi dengan kerapatan yang renggang sulit untuk diendapkan tetapi mudah untuk diapungkan, adapun cara yang dipergunakan adalah dengan cara memasukkan

19) *Loc. cit.*

20) *Loc. cit.*

21) Asean Training Award, *op. cit.*

22) *Loc. cit.*

23) *Loc. cit.*

24) *Loc. cit.*

25) *Loc. cit.*

26) C. Fred Gurhaam (Ed.), *op. cit.*, hlm. 4.

27) *Loc. cit.*, hlm. 14.

28) *Loc. cit.*

gelembung udara ke dalam larutan tersebut.

Penyaringan (*filtration*)²⁹⁾ adalah salah satu cara untuk mengendapkan partikel dan mengambil partikel dengan jalan melewati air limbah ke dalam lapisan yang porous dan berlubang. Cara seperti ini lebih baik serta hanya memerlukan tempat yang lebih kecil, akan tetapi memerlukan perlakuan yang lebih khusus. Penyaringan hanya dipergunakan untuk air limbah yang telah mengalami pengolahan bukan air limbah murni.

Penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*)³⁰⁾ adalah teknik yang baik untuk meningkatkan kontak dari air limbah dengan mikroorganisme pemakan bahan-bahan organik yang mengambil oksigen untuk metabolismenya. Saringan ini berupa hamparan batu koral berukuran sedang melalui mana air tersebut menetes, dan berkontak dengan mikroorganisme yang menempel pada batu koral tersebut. Pertumbuhan bakteri berkembang sebagai lapisan tipis seperti film pada hamparan di sela-sela koral.

SUMBER ASAL AIR LIMBAH

Data mengenai sumber air limbah dapat dipergunakan untuk memperkirakan jumlah rata-rata aliran air limbah dari berbagai jenis perumahan, industri dan aliran air tanah yang ada di sekitarnya. Kesemuanya ini harus dihitung perkembangannya atau pertumbuhannya sebelum membuat suatu bangunan pengolahan air limbah serta merencanakan pemasangan saluran pembawanya.

Air Limbah Rumahtangga

Sumber utama air limbah rumahtangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi. Untuk

daerah tertentu banyaknya air limbah dapat diukur secara langsung.

Daerah Perumahan

Untuk daerah perumahan yang kecil aliran air limbah biasanya diperhitungkan melalui kepadatan penduduk dan rata-rata per orang dalam membuang air limbah. Adapun besarnya rata-rata air limbah yang berasal dari daerah hunian dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Rata-rata Aliran Air Limbah dari Daerah Pemukiman

Sumber	Unit	Jumlah aliran 1/unit/hari	
		Antara	Rata-rata
1. Apartemen	Orang	200-300	260
2. Hotel, penghuni tetap	Orang	150-220	190
3. Tempat tinggal keluarga:			
Rumah pada umumnya	Orang	190-350	280
Rumah yang lebih baik	Orang	250-400	310
Rumah mewah	Orang	300-550	380
Rumah agak modern	Orang	100-250	200
Rumah pondok	Orang	100-240	190
4. Rumah gandengan	Orang	120-200	150

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979.

Adapun untuk daerah yang luas, maka perlu diperhatikan jumlah aliran air limbah dengan dasar penggunaan daerah, kepadatan penduduk, serta ada atau tidaknya daerah industri.

Daerah Perdagangan

Aliran air limbah yang berasal dari daerah perdagangan secara umum dihitung dalam meter kubik per hektar/hari didasarkan pada data perbandingan. Data aliran ini dapat bervariasi dari 4-1.500 liter/hari. Untuk lebih memerinci jumlah aliran tersebut dapat dipergunakan Tabel 2.2 berikut ini.

29) *Loc. cit.*, hlm. 15.

30) Asean Training Award, *op. cit.*

Tabel 2.2. Rata-rata Aliran Air Limbah yang Berasal dari Daerah Perdagangan

Sumber	Unit	Jumlah aliran 1/unit/hari	
		Antara	Rata-rata
1. Lapangan terbang	Penumpang	8-15	10
2. Pusat perbaikan kendaraan	Kendaraan	30-50	40
	Pekerja	35-60	50
3. Bar	Langganan	5-20	8
	Pekerja	40-60	50
4. Hotel	Tamu	150-220	190
	Pekerja	30-50	40
5. Gedung perusahaan	Pekerja	35-65	55
6. Tempat pencucian	Mesin	1.800-2.600	2.200
	Pakaian	180-200	190
7. Motel	Orang	90-150	120
8. Motel dan dapur	Orang	190-220	200
9. Kantor	Pekerja	30-65	55
10. Rumah makan	Pengunjung	8-15	10
11. Rumah sewaan	Penghuni	90-190	150
12. Toko	Pekerja	30-50	40
	Km. mandi	1.600-2.400	2.000
13. Pusat perbelanjaan	Pekerja	30-50	40
	Parkir	2-8	4

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979.

Daerah Kelembagaan

Seperti halnya sumber air limbah lainnya, maka daerah yang terdiri dari lembaga-lembaga pemerintah mempunyai sifat-sifat yang juga agak berlainan (lihat Tabel 2.3).

Daerah Rekreasi

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari daerah rekreasi perlu juga diperhatikan bagi daerah yang arealnya terdapat daerah rekreasi. Untuk mengetahui banyaknya air limbah yang dihasilkan dari daerah tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3. Rata-rata Aliran Air Limbah yang Berasal dari Daerah Kelembagaan

Sumber	Unit	Jumlah aliran 1/unit/hari	
		Antara	Rata-rata
1. Rumah sakit medis	Tempat tidur	500-950	650
	Pekerja	20-60	40
2. Rumah sakit jiwa	Tempat tidur	300-650	400
	Pekerja	20-60	40
3. Rumah penjara	Pekerja	20-60	40
	Napi	300-600	450
4. Rumah peristirahatan	Penghuni	200-450	350
	Pekerja	20-60	40
5. Sekolah:			
dengan kantin, aula kran	Murid	60-115	80
ada kantin, tanpa aula dan kran/pancuran	Murid	40-80	60
tanpa kantin, aula kran	Murid	20-65	40
6. Sekolah dengan asrama	Murid	200-400	280

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979.

Air Limbah Industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi, tergantung dari jenis dan besar-kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman. Untuk memperkirakan jumlah air limbah yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan sekitar 50 m³/ha/hari. Sebagai patokan dapat dipergunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut memanfaatkan kembali air limbahnya, maka jumlahnya akan lebih kecil lagi. Adapun banyaknya pemakaian air dari suatu industri seperti terlihat pada Tabel 2.5. Dengan demikian jumlah air limbahnya adalah sebanyak jumlah tersebut dikalikan 85 atau 95%.

Tabel 2.4. Rata-rata Aliran Air Limbah yang Berasal dari Daerah Rekreasi

Sumber	Unit	Jumlah aliran 1/unit/hari	
		Antara	Rata-rata
1. Rumah flat, tempat istirahat	Orang	200–280	220
2. Pondok, tempat istirahat	Orang	130–190	160
3. Kantin	Pengunjung	4–10	6
	Pekerja	30–50	40
4. Perkemahan	Orang	80–150	120
5. Penjual minuman buah	T. duduk	50–100	75
6. Buffet (<i>coffe shop</i>)	Pengunjung	15–30	20
	Pekerja	30–50	40
7. Tempat perkumpulan	Peserta	250–500	400
	Pekerja	40–60	50
8. Perkemahan anak-anak	Orang	40–60	50
9. Ruang makan	Pengunjung	15–40	30
10. Asrama	Orang	75–175	150
11. Hotel, tempat istirahat	Orang	150–240	200
12. Tempat cuci otomatis	Mesin	1.800–2.600	2.200
13. Toko	Pengunjung	5–20	10
	Pekerja	30–50	40
14. Kolam renang	Pengunjung	20–50	40
	Pekerja	30–50	40
15. Gedung bioskop	T. duduk	10–15	10
16. Pusat keramaian	Pengunjung	15–30	20

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979.

Air Limbah Rembesan dan Tambahan

Apabila turun hujan di suatu daerah, maka air yang turun secara cepat akan mengalir masuk ke dalam saluran pengering atau saluran air hujan. Apabila saluran ini tidak mampu menampungnya, maka limpahan air hujan akan digabung dengan saluran air limbah, dengan demikian akan merupakan tambahan yang sangat besar. Oleh karena itu, perlu diketahui curah hujan yang ada sehingga banyaknya air yang akan ditampung melalui saluran air hujan atau saluran pengering dan saluran air limbah dapat diperhitungkan.

Selain air yang masuk melalui limpahan, maka terdapat air hujan yang menguap, diserap oleh tumbuh-tumbuhan dan ada pula yang merembes ke dalam tanah. Air yang merembes

Tabel 2.5. Rata-rata Penggunaan Air untuk Berbagai Jenis Industri

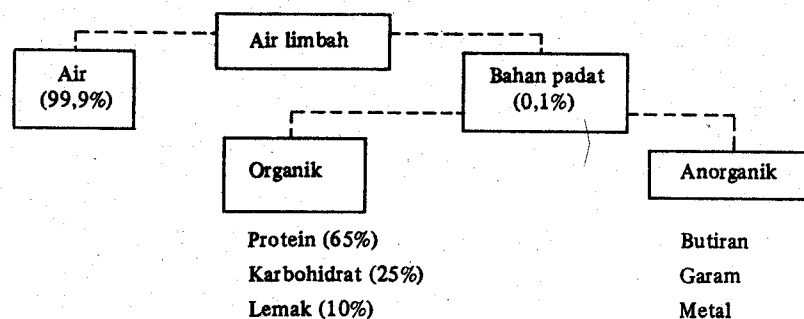
Jenis industri	Rata-rata aliran (m ³)
1. Industri kalengan:	
Sayur hijau	50–70
Buah-buahan, buah pear	15–20
Lain buah-buahan dan sayuran	4–35
2. Industri bahan kimia:	
Amoniak	100–130
Karbondioksida (CO ₂)	60–90
Bensin	7–30
Laktosa	600–800
Sulfur/belerang	8–10
3. Makanan dan minuman:	
Bir	10–16
Roti	2–4
Pengepakan daging	15–20
Produksi susu	10–20
Minuman keras	60–80
4. Bubur kayu dan kertas:	
Bubur kayu	250–800
Pabrik kertas	120–160
5. Tekstil: — Pengelantangan	200–300
— Pencelupan	30–60

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979.

ini akan masuk ke dalam tanah yang akhirnya menjadi air tanah. Apabila permukaan air tanah bertemu dengan saluran air limbah, maka bukanlah tidak mungkin terjadi penyusupan air tanah tersebut ke saluran air limbah melalui sambungan-sambungan pipa atau melalui celah-celah yang ada karena rusaknya pipa saluran. Besarnya aliran ini diperkirakan sebesar 0,0094 sampai 0,94 m³ setiap diameter (mm) setiap km. Dengan demikian, banyaknya air yang masuk ke dalam aliran air limbah sebanyak 0,0094–0,94 dikalikan dengan diameter pipa (mm) dikalikan lagi dengan panjangnya pipa (km) akan dihasilkan jumlah air limbah dalam satuan m³.

KOMPOSISI AIR LIMBAH

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini.



Gambar 2.1. Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah.

Secara lebih khusus, maka air limbah yang berasal dari kamar mandi dan WC yang berupa *faeces* dan *urine* mempunyai komposisi.

Tabel 2.6. Komposisi Air Limbah yang Berasal dari Kamar Mandi dan WC

Uraian	Faeces	Air seni
Jumlah per orang per hari (dalam keadaan basah)	135-270 gr	1-1,31 gr
Jumlah per orang per hari (dalam keadaan kering)	20-35 gr	0,5-0,7 gr
Uap air (kelembapan)	66-80 %	93-96 %
Bahan organik	88-97 %	93-96 %
Nitrogen	5-7 %	15-19 %
Fosfor (sebagai P_2O_5)	3-5,4 %	2,5-5 %
Potásium (sebagai K_2O)	1-2,5 %	3-4,5 %
Karbon	44-55 %	11-17 %
Kalsium (sebagai CaO)	4,5-5 %	4,5-6 %

Sumber: Duncan *ma*, 1976.

Tabel 2.7. Parameter yang Perlu Diperhatikan dengan Seksama dalam Setiap Jenis Air Limbah Industri

Parameter	INDUSTRI													
	Kendaraan	Minuman	Pengolahan Pupuk	Kimia Anorganik	Kimia Organik	Dagang	Bea	Plastik	Kertas	Minyak	Baja	Tekstil	Harau	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
BOD 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
COD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TOC		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TOD			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
pH		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Total solids	X			X										
Suspended solids	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Settleable solids	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Total dissolved solids		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Volatile suspended solids		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Minyak dan lemak	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Logam berat					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kromium	X		X	X							X	X	X	X
Timbal (copper)											X	X	X	X
Nikel	X										X	X	X	X
Bea	X		X	X							X	X	X	X
Zeng	X		X	X							X	X	X	X
Arsen				X							X	X	X	X
Air rakm			X	X										
Timbal	X			X							X			
Tin	X											X		
Kadmium	X													
Kalsium			X											
Fluorida			X	X										
Sianida				X	X			X	X		X	X		
Klorida	X		X	X	X						X	X		X
Sulfat	X		X	X							X	X		
Amoniak	X		X	X	X						X	X		
Sodium			X								X	X		
Silikat				X										
Sulfit														
Nitrat	X		X	X	X				X	X	X			
Fosfor		X	X	X	X	X			X	X	X			
Urea Anorganik			X											
Warna	X	X			X				X	X		X	X	
Jumlah coli	X				X				X	X				
Coli faeces		X							X	X				
Bahan beracun	X				X				X	X		X	X	
Temperatur	X	X	X	X					X	X		X	X	
Kekeruhan	X				X				X	X		X	X	
Buih	X													
Bau														
Fenol	X			X	X				X	X	X	X	X	
Klorinated benezoids dan Polinuklear aromatics														
Mercaptani/sulfida				X				X		X		X		

Sumber: Donal W. Sundstrom & H.E. Klei. 1979.

Lain halnya dengan kandungan zat-zat yang berasal dari setiap industri sangat ditentukan oleh jenis industri itu sendiri. Untuk mengetahui kadar zat apa yang terkandung di dalam air limbah, maka berikut ini adalah ukuran (parameter) yang perlu mendapatkan perhatian dari setiap jenis limbah industri.

Tabel 2.8. Komposisi Air Limbah Rumah tangga dan Persentase Pengurangannya Akibat Pengolahan Pertama dan Kedua

Parameter	Konsentrasi (mg/l)		% Pengurangan	
	Antara	Rata-rata	Pertama	Kedua
Fisik :				
Zat padat, jumlah	300 – 1.200	700		
Mudah mengendap	50 – 200	100	90	
Tercampur	100 – 400	220		50 – 90
Tercampur, volatile	70 – 300	150		60 – 90
Terlarut	250 – 850	500		5
Terlarut, volatile	100 – 300	150		30
Kimia :				
Karbon organik;				
BOD 5	100 – 400	250	10 – 30	90
COD	200 – 1.000	500	10 – 30	70 – 80
TOD	200 – 1.100	500	10 – 30	70 – 80
TOC	100 – 400	250	10 – 30	60 – 80
Nitrogen;				
Total (sebagai N)	15 – 90	40		35
Organik	5 – 40	25	40	50 – 80
Amoniak	10 – 50	25		0 – 20
Nitrit				dihasilkan
Nitrat				dihasilkan
Fosfor;				
Total (sebagai P)	5 – 20	12	0 – 15	20 – 40
Organik	1 – 5	2		
Anorganik	5 – 15	10		
pH	7 – 7,5	7		
Kalsium	30 – 50	40		
Klorida	30 – 85	50		
Sulfat	20 – 60	15		

Sumber: Donal W. Sundstrom & H.E. Klei, 1979.

Dengan adanya patokan di atas tidak berarti bahwa zat lain yang di luar anjuran tidak perlu diperhatikan, tetapi hanyalah merupakan patokan serta pengamatan yang lebih seksama terhadap parameter tersebut secara lebih khusus. Adapun gambaran tentang komposisi air limbah rumah tangga berikut derajat pengurangannya akibat pengolahan pertama dan kedua.

ANALISIS SIFAT-SIFAT AIR LIMBAH

Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah, maka perlu kiranya diketahui juga secara detail mengenai kandungan yang ada di dalam air limbah juga sifat-sifatnya. Setelah diadakan analisis ternyata bahwa air limbah mempunyai sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian besar di antaranya:³¹⁾

1. Sifat fisik
2. Sifat kimiawi
3. Sifat biologisnya.

Adapun cara pengukuran yang dilakukan pada setiap jenis sifat tersebut dilaksanakan secara berbeda-beda sesuai dengan keadaannya. Analisis jumlah dan satuan biasanya diterapkan untuk penelaahan bahan kimia, sedangkan analisis dengan menggunakan penggolongan banyak diterapkan apabila menganalisis kandungan biologisnya.

Pada pengolahan secara konvensional, maka pengurangan zat-zat yang terkandung di dalam air limbah akan mengalami penurunan setelah melalui proses pengolahan pertama dan proses pengolahan kedua. Hal ini dapat dilihat seperti yang tertulis pada Tabel 2.8 terdahulu. Berbeda halnya dengan kandungan nitrogen, fosfor dan benda-benda terlarut lainnya adalah sangat sulit untuk menghilangkannya apabila kita hanya menggunakan pengolahan secara konvensional saja. Adapun gambaran lengkap tentang sifat fisik, sifat kimiawi, serta kandungan biologisnya dari air limbah serta sumber utama dari munculnya sifat itu dapat dilihat pada Tabel 2.9.

31) Donald W. Sundstrom, *op. cit.*, hlm. 10.

Tabel 2.9. Sifat-sifat Fisik, Kimia, Biologis dan Air Limbah serta Sumber Asalnya

Sifat-sifat air limbah.	Sumber asal air limbah
Sifat fisik :	
Warna	Air buangan rumah tangga dan industri serta bangkai benda organis.
Bau	Pembusukan air limbah dan limbah industri.
Endapan	Penyediaan air minum, air limbah rumah tangga dan industri, erosi tanah, aliran air rembesan.
Temperatur	Air limbah rumah tangga dan industri.
Kandungan bahan kimia :	
Organik;	
Karbohidrat	Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri.
Minyak, lemak, gemuk	Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri.
Pestisida	Air limbah pertanian.
Fenol	Air limbah industri.
Protein	Air limbah rumah tangga, perdagangan.
Deterjen	Air limbah rumah tangga, industri.
Lain-lain	Bangkai bahan organik alamiah.
Anorganik:	
Kesadahan	Air limbah dan air minum rumah tangga serta rembesan air tanah.
Klorida	Air limbah dan air minum rumah tangga, rembesan air tanah dan pelunak air.
Logam berat	Air limbah industri.
Nitrogen	Air limbah rumah tangga dan pertanian.
pH	Air limbah industri.
Fosfor	Air limbah rumah tangga dan industri serta limpahan air hujan.
Belerang	Air limbah dan air minum rumah tangga serta limbah industri.
Bahan-bahan beracun	Air limbah industri.
Gas-gas,	
Hidrogen sulfida	Pembusukan limbah rumah tangga.
Metan	Pembusukan limbah rumah tangga.
Oksigen	Penyediaan air minum rumah tangga serta perembesan air permukaan.
Kandungan biologis :	
Binatang	Saluran terbuka dan bangunan pengolah.
Tumbuh-tumbuhan	Saluran terbuka dan bangunan pengolah.
Protista	Air limbah rumah tangga dan bangunan pengolah.
Virus	Air limbah rumah tangga.

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979

Sifat Fisik Air Limbah

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna dan juga temperatur.

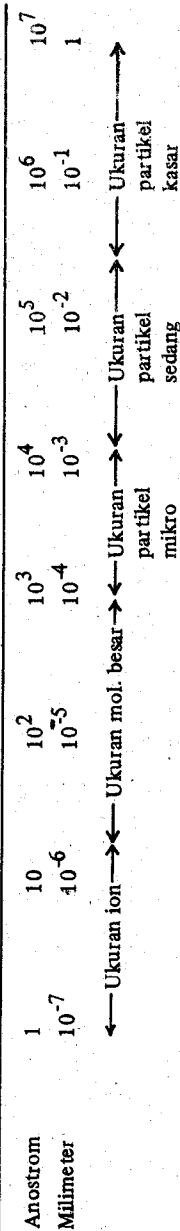
Jumlah endapan pada contoh air merupakan sisa penguapan dari contoh air limbah pada suhu 103–105°C. Beberapa komposisi air limbah akan hilang apabila dilakukan pemanasan secara lambat. Jumlah total endapan terdiri dari benda-benda yang mengendap, terlarut, tercampur. Untuk melakukan pemeriksaan ini dapat dilakukan dengan mengadakan pemisahan air limbah dengan memperhatikan besar-kecilnya partikel yang terkandung di dalamnya. Dengan mengetahui besar-kecilnya partikel yang terkandung di dalam air akan memudahkan kita di dalam memilih teknik pengendapan yang akan diterapkan sesuai dengan partikel yang ada di dalamnya. Air limbah yang mengandung partikel dengan ukuran besar memudahkan proses pengendapan yang berlangsung, sedangkan apabila air limbah tersebut berisikan partikel yang sangat kecil ukurannya akan menyulitkan dalam proses pengendapan, sehingga untuk mengendapkan benda ini haruslah dipilih cara pengendapan yang lebih baik dengan teknologi yang sudah barang tentu akan lebih canggih. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat cara apa yang akan dilakukan untuk memisahkan partikel yang ada di dalam air limbah sesuai dengan ukuran dan partikel tersebut.³²⁾ Dengan melihat Gambar 2.2 kita dapat menentukan cara yang tepat sesuai dengan besarnya partikel kandungan air limbah yang sedang kita hadapi. Endapan dengan ukuran di atas 10 mikron dapat dihilangkan melalui proses penyaringan dan pengendapan, sedangkan ukuran di bawah 1 mikron memerlukan satu atau lebih cara pemisahan yang lebih tinggi. Hal inilah yang dipergunakan sebagai pertimbangan sehingga pada tes analitik dilakukan pemisahan menjadi 3 golongan besar yaitu:³³⁾

1. Golongan zat yang mengendap
2. Golongan zat yang tercampur.

32) *Ibid.*, hlm. 12.33) *Loc. cit.*

Faktor utama
yang mempengaruhi
proses pemisahan

Ukuran	XXX Saringan mikro XXXXXXXXXX	XXX Sar. Serat & Kain XX
	XXXX Saringan ultra XXXXXXXXXXXXXXXX	XXX Ayakan XXXXXX
	XXXXXX Gel khromotografi XXXXXXXXXX	
Daya difusi	XX Osmosis bolak-balik XX	
	XXXXXX Dialisis XXXXXXXXXXXXXXXX	
	XXXX Dialisis listrik XXXX	
Pertukaran ion	XXXX Pertukaran ion XXXXXXXX	
Tekanan uap/suhu	XXXX Destilasi (<i>freeze concentration</i>)	
	XXX Pemisahan deterjen XXXXXXXXXXXXXXXX	
Daya larut		
Permukaan aktif	XXX Pemecahan busa dan Gel. udara XXXXXXXXXXXXXXXX	
	XXX Pemusingan ultra XXXX	
Kerapatan	XXXXXXXXXXXXX Pemusingan XXXXXXXXXXXXXXXX	
	XXX Cairan topan XXXX	
	XXXXXXXXX Pengendapan gaya berat XX	



Gambar 2.2. Penggunaan ukuran partikel untuk proses pemisahannya.

3. Golongan zat padat yang terlarut.

Zat-zat padat yang bisa mengendap adalah zat padat yang akan mengendap pada kondisi tanpa bergerak atau diam kurang lebih selama 1 jam sebagai akibat gaya beratnya sendiri. Besarnya endapan diukur dengan alat pengukur yang dinyatakan dalam satuan miligram setiap liter air limbah. Hal ini sangat penting untuk mengetahui derajat pengendapan dan jumlah endapan yang ada di dalam suatu badan air. Jumlah total endapan dapat dideteksi dengan penyaringan terhadap air kotor melalui kertas fiber atau saringan 0,45 mikron dan mengukur berat kering dari material yang terkumpul dalam satuan mg/l. Apabila contoh yang diambil berasal dari reaktor aktif air limbah, maka endapan tersebut dikenal sebagai MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*). Hasil endapan ini bila dipanaskan pada suhu 600°C, maka sebagian bahan akan menguap dan sebagian lagi akan berupa bahan sisa yang sangat kering. Beberapa bahan organik akan dibusukkan di dalam air, amonia, CO₂, karbonat dan bahan lainnya adalah komponen dari bahan yang kering tersebut. Adapun bahan yang teruapkan dikenal sebagai *volatile*, sedangkan benda yang tersisa akibat penguapan disebut *fixed*.

Jika MLSS diuapkan pada suhu 600°C, maka hasilnya disebut sebagai *mixed liquor volatile suspended solids* atau MLVSS.

Secara terinci pada Tabel 2.10 dapat dilihat sifat fisik masing-masing berikut penyebab pengaruhnya.

Sifat Kimia Air Limbah

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Adapun bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Bahan Organik

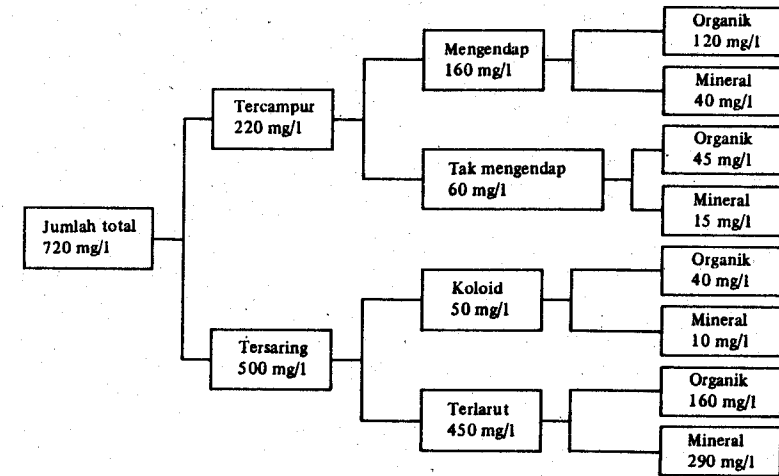
Air limbah dengan pengotoran yang sedang, maka sekitar

Tabel 2.10. Sifat Fisik dari Air Limbah Rumah tangga

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh	Cara mengukur
Suhu	Kondisi udara sekitarnya, air panas yang dibuang ke saluran dari rumah maupun dari industri	Mempengaruhi kehidupan biologis kelaratun oksigen/gas lain. Juga ke- rapatan air, daya viskositas dan te- kanan permukaan.	Skala Celsius atau Fahrenheit
Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti lim- bah padat, garam tanah liat, bahan organik yang halus dari buah-buahan asli, algae, organisme kecil.	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan ta- naman. Mengotori pemanasan dan mengganggu kehidupan.	Pembiasan cahaya dan penye- rapan pada perubahan skala standar.
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan or- ganik dari daun dan tanaman (kulit, gula, besi), buangan industri.	Umumnya tidak berbahaya dan ber- pengaruh terhadap kualitas keindah- an air.	Penyerapan pada perubahan skala standar.
Bau	Bahan volatile, gas terlarut, selalu hasil pembusukan bahan organik, minyak utama dari mikroorganisme.	Petunjuk adanya pembusukan air lim- bah, untuk itu perlu adanya peng- olahan, merusak keindahan.	Kepekaan terhadap bau dari manusia terhadap tingkat dari bau.
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ton.	Mempengaruhi kualitas keindahan air.	Tidak diukur pada air limbah.
Benda padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut ataupun tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik pa- dat, garam, juga merupakan petun- juk pencemaran atau kepekatan lim- bah meningkat.	Teknik analisis grafitasi, jum- lah zat padat, SS, DS, TSS.

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979 (McGaughey 1968).

75% dari benda-benda tercampur dan 40% dari zat padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik alami seperti pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3. Klasifikasi dari zat padat yang dijumpai pada air limbah dengan pengotoran yang sedang.

Zat padat tersebut adalah bagian dari kelompok binatang dan tumbuh-tumbuhan serta hasil kegiatan manusia yang berhubungan dengan komponen bahan organik tiruan. Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor, dan besi bisa juga dapat dijumpai. Pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah berisikan 40–60% adalah protein, 25–50% berupa karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak. Urea sebagai kandungan bahan terbanyak, di dalam urine merupakan bagian lain, yang penting dalam bahan organik, sebab bahan ini diuraikan secara cepat dan jarang di-
dapati urea yang tidak terurai berada di dalam air limbah.

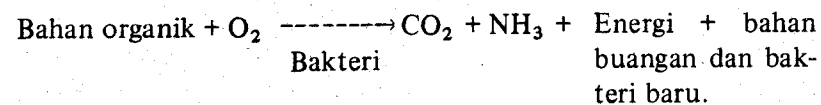
Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengelolaan air limbah sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme,

Agar bisa mengolah zat tersebut perlu adanya tambahan biaya untuk membubuhkan bahan kimia seperti penyerap karbon untuk mengolah air limbah secara lengkap.

Protein

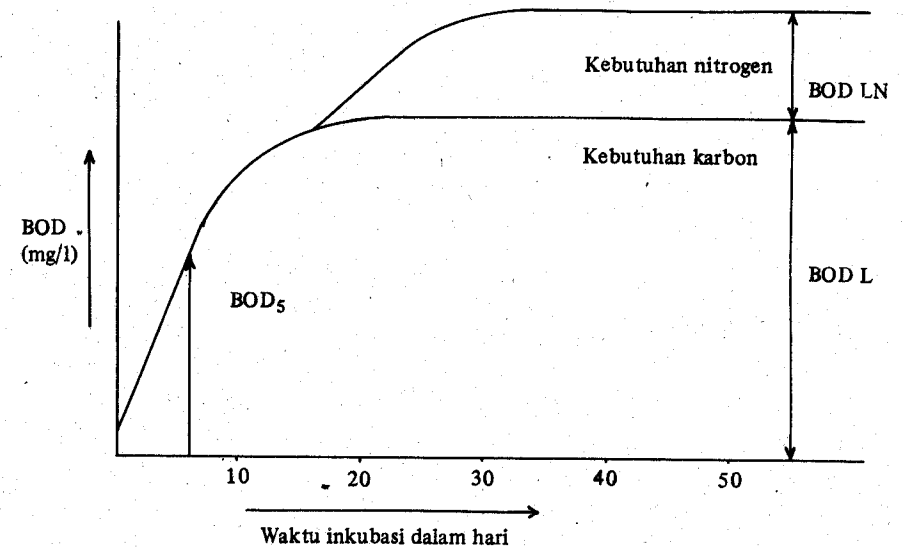
Protein adalah kandungan utama dari makhluk hidup, termasuk juga di dalamnya tanaman dan binatang bersel satu. Adapun jumlah kandungan ini sangat bervariasi mulai dari yang rendah seperti pada tanaman tomat sampai kepada yang persentasenya tinggi, seperti yang terdapat pada jaringan lemak dan daging. Protein sangat kompleks dalam struktur kimianya dan tidak stabil, akan berubah menjadi bahan lain pada proses dekomposisi. Beberapa hal adalah terlarut di dalam air, sedangkan lainnya tidak larut. Struktur kimia tergabung dari kombinasi bersama asam amino. Berat molekul protein sangat besar berkisar antara 20.000 sampai 20 juta. Seluruh protein mengandung karbon, yang biasanya adalah kandungan bahan organik seperti halnya dengan hidrogen dan oksigen. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau karena adanya proses pembusukan dan penguraiannya. Protein yang merupakan molekul tertinggi dengan komposisi asam amino yang banyak, sedangkan karbohidrat merupakan gabungan dari polihidroksilated seperti gula, starches, selulose. Lemak terdiri dari bermacam-macam bahan organik seperti fat, oli, serta gajih.

Untuk menganalisis bahan organik secara keseluruhan adalah tidak spesifik dan tidak memberikan perbedaan yang komplit jika bahan organik berada di dalam air limbah. Jasad renik yang ada di dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan lainnya serta gas.³⁴⁾



34) Ibid., hlm. 14.

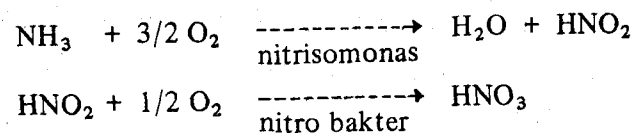
Jika bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Oksigen diambil dari yang terlarut di dalam air dan apabila pemberian oksigen tidak seimbang dengan kebutuhannya maka oksigen yang terlarut akan turun mencapai titik nol, dengan demikian kehidupan dalam air akan mati. Untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan menguraikan benda organik di dalam air limbah dipergunakan satuan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), yang menggunakan ukuran mg/liter air kotor. Semakin besar angka BOD ini menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah adalah semakin besar. Reaksi yang terjadi di dalam botol BOD adalah secara aerob dan terjadi dalam dua fase terpisah seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kurva BOD air limbah pada suhu 20°C.

Terlihat di sini bahwa mikroorganisme pada awalnya menggunakan bahan organik secara cepat untuk metabolisme serta pembentukan sel akan menyebabkan meningkatnya BOD dalam 1-3 hari. Sesudah bahan organik dapat dicerna dari

campuran air limbah, maka rata kebutuhan akan oksigen akan turun sebagaimana sel mulai mencerna sisa yang ada. Reaksi karbon umumnya berhenti setelah 20–30 hari dan bahan organik menjadi stabil. Untuk tes BOD dipergunakan waktu selama 5 hari mengingat bahwa dengan waktu tersebut sebanyak 60–70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai dan dikenal sebagai BOD L. Bahan organik yang berupa N_2 berasal dari urea dan protein dikonversi menjadi NH_3 selama proses pembusukan. Setelah selama 12 hari bakteri nitrifikasi mulai mengoksidasi amonia dengan proses sebagai berikut.



Pada fase kedua ini, maka kebutuhan oksigen mempunyai nilai terbaik dan dikenal sebagai BOD LN setelah mencapai waktu selama 50 hari.

Karbohidrat

Tersebar luas di alam termasuk di dalamnya adalah gula, kanji, selulosa dan kayu, kesemuanya ini dapat dijumpai di dalam air limbah. Karbohidrat berisikan karbon, hidrogen dan oksigen. Biasanya karbohidrat berisikan 6 atau kelipatan 6 dari atom karbon pada suatu molekul dan hidrogen serta oksigen selalu ada di dalam air. Pada beberapa karbohidrat seperti gula adalah larut di dalam air sedangkan kanji tidak larut. Gula cenderung untuk terurai melalui enzim dari bakteri dan jamur sehingga menimbulkan proses fermentasi dengan menghasilkan alkohol dan CO_2 . Kanji pada beberapa kesempatan adalah lebih stabil akan tetapi dapat berubah menjadi gula melalui aktivitas bakteri apabila dicampur dengan asam. Kanji ini sebagian besar adalah tahan terhadap pembusukan, adapun kandungan terpentingnya adalah berupa selulosa. Penghancuran selulosa di dalam tanah sangat mudah apabila kondisi asamnya banyak dengan menimbulkan berbagai jenis jamur.

Lemak, Minyak dan Gemuk

Lemak dan minyak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan di dalam air limbah. Kandungan zat lemak dapat ditentukan dan disajikan melalui contoh air limbah dengan Heksana. Selain heksana sebagai pelarut juga dapat dipergunakan kerosin, pelumas. Lemak dan minyak membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserid dari asam lemak ini berupa cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan apabila dalam bentuk padat dan kental dikenal sebagai lemak. Lemak dan lemak ini berada di dalam air limbah yang berasal dari pabrik roti, margarin, serta buah-buahan. Lemak yang biasanya juga dijumpai pada daging pada daerah sel biji-bijian, pada perbenihan serta kacang-kacangan dan buah-buahan. Lemak tergolong pada benda organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Bahan-bahan asam dapat menghancurkannya untuk menghasilkan gliserin dan asam lemak. Pada keadaan basa seperti sodium hidroksida, gliserin dibebaskan dan garam basa dari asam lemak akan terbentuk. Adapun garam basa ini dikenal sebagai sabun, seperti halnya dengan lemak merupakan zat yang stabil.

Biasanya sabun dibuat melalui proses saponifikasi dari lemak dengan sodium hidroksid. Mereka ini larut di dalam air apabila berada pada situasi basa, maka garam sodium berubah menjadi garam kalsium dan magnesium serta asam lemak yang merupakan bahan sabun yang tidak larut di dalam air. Minyak tanah dan minyak pelumas adalah derivat atau turunan dari minyak residu dan batubara yang berisikan karbon dan hidrogen. Minyak dapat sampai ke saluran air limbah berasal dari pertokoan, garasi serta jalanan. Sebagian besar benda mengapung di dalam air limbah, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Sebagai petunjuk dalam mengelola air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan sehingga membentuk selaput. Kadar lemak

sebesar 15–20 mg/l merupakan batas yang bisa ditolerer apabila lemak ini berada di dalam air limbah.

Deterjen atau Surfactant

Deterjen adalah golongan dari molekul organik yang dipergunakan sebagai pengganti sabun untuk pembersih supaya mendapatkan hasil yang lebih baik. Di dalam air zat ini menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut berada di atas permukaan gelembung udara dan biasanya relatif tetap. Sebelum tahun 1965 deterjen ini disebut ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*) yang merupakan penyebab masalah busa karena tahan terhadap penguraian terhadap proses biologis. Setelah dikeluarkannya larangan penggunaan ABS, maka diganti dengan jenis lain dan dikenal LAS (*Linear Alkyl Sulfonate*) di mana busa yang dihasilkan oleh LAS ini bisa diuraikan sehingga masalah busa dapat diatasi. Bahan dasar dari deterjen adalah minyak nabati atau minyak bumi. Fraksi minyak bumi yang dipakai adalah senyawa hidrokarbon parafin dan olefin. Penghasil utama dari bahan ini adalah air limbah yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman.

Fenol

Fenol dan lain bahan organik compound adalah juga penting, mengingat bahwa fenol ini merupakan penyebab timbulnya rasa yang ada di dalam air minum terutama apabila air tersebut dilakukan klorinasi. Fenol ini dihasilkan dari industri dan apabila konsentrasi mencapai 500 mg/l masih dapat dioksidasi melalui proses biologis, akan tetapi akan sulit penguraiannya apabila telah mencapai kadar yang melebihi tersebut di atas.

Bahan Anorganik

Beberapa komponen anorganik dari air limbah dan air alami adalah sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air minum. Jumlah kandungan bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air atau air limbah berasal.

pH

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar di mana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam.

Klorida

Kadar klorida di dalam air alami dihasilkan dari rembesan klorida yang ada di dalam batuan dan tanah serta dari daerah pantai dan rembesan air laut. Kotoran manusia berisikan sekitar 6 gram klorida setiap orangnya tiap hari. Pengolahan secara konvensional masih kurang berhasil untuk menghilangkan bahan ini dan dengan adanya klorida di dalam air, maka menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari laut.

Kebasaan

Kebasaan adalah hasil dari adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potasium atau amoniak. Dalam hal ini, yang paling utama adalah kalsium dan magnesium bikarbonat. Pada umumnya air limbah adalah basa yang diterimanya dari penyediaan air, air tanah, dan bahan tambahan selama dipergunakan di rumah.

Sulfur

Sulfat alami terjadi secara alami pada banyak penyediaan air dan juga pada air limbah. Belerang diperlukan pada pembentukan protein tiruan dan akan dibebaskan pada pemecahannya. Sulfat dapat diubah menjadi sulfit dan hidrogen sulfit (H_2S) oleh bakteri pada situasi tanpa udara (*anaerob*) seperti terlihat pada persamaan berikut ini.

mium (Cd), Zeng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan air raksa (Hg) adalah kandungan yang juga penting. Beberapa jenis logam biasanya dipergunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya pada pertumbuhan algae apabila tidak ada logam pertumbuhannya akan terhambat. Akan tetapi, apabila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaannya karena timbulnya daya racun yang dimiliki. Oleh karena itu, keberadaan zat ini perlu diawasi jumlahnya di dalam air limbah.

Metan

Prinsip terjadinya gas metan adalah akibat penguraian zat organik yang dalam kondisi tanpa udara (*anaerob*) pada air limbah tersebut.³⁵⁾ Adapun sifat penting dari gas ini adalah tidak berbau, tidak berwarna, dan sangat mudah terbakar. Pada umumnya, dalam jumlah yang banyak tidak akan ditemukan di dalam pembuangan air limbah, karena zat ini dalam jumlah yang kecil sudah sangat beracun. Gas ini dihasilkan oleh lumpur yang membusuk pada dasar bak, sehingga kondisi tanpa udara dapat terjadi. Karena sifat gas metan yang sangat beracun dan mudah terbakar ini, maka gas ini sangat berbahaya bagi manusia yang akan melakukan pemeriksaan terhadap air limbah di dalam saluran melalui lubang pemeriksaan (*manhole*). Oleh karena itu, perlu dibuatkan lubang ventilasi bagi setiap lubang pemeriksaan tersebut untuk mengeluarkan gas ini dari dalam saluran. Dengan demikian tidak akan membahayakan bagi petugas apabila mereka akan melakukan perbaikan, pemeriksaan atau penggantian.

Nitrogen

Secara bersama-sama antara nitrogen dan fosfor memberikan kenaikan yang perlu diperhatikan sebab bahan ini meningkatkan pertumbuhan algae dan tumbuhan air. Nitrogen berada di dalam air dengan cepat akan berubah menjadi nitrogen organik atau amoniak-nitrogen. Nitrogen organik diukur dengan metode Kjeldal dengan mengikuti tahap pencernaan untuk

35) MetCalf dan Eddy Inc., *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Re Use* (New York: McGraw-Hill Book Co., 1979), hlm. 104.

mengubah nitrogen organik menjadi amonia dan analisis amonia melalui titrasi. Pemindahan dari nitrogen organik ke dalam amoniak juga dimasukkan dalam tipe pengolahan air kotor secara biologis. Amoniak kemudian digunakan oleh bakteri untuk sel tiruan dengan menghasilkan oksidasi ke nitrit atau nitrat. Nitrit akan cepat berubah menjadi nitrat melalui oksidasi, sedangkan untuk mendeteksi nitrat dapat dipergunakan kalorimetrik.

Fosfor

Fosfor ada di dalam air limbah melalui hasil buangan manusia, air seni, dan melalui komponen fosfat dapat dipergunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Dari setiap sumber tersebut akan menambah jumlah total dari fosfor. Sebagian dari fosfor pada air limbah masyarakat adalah dalam bentuk anorganik dengan ortofosfat (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) meningkatkan sebanyak 25% dari seluruh total fosfat. Pada proses biologis dalam air limbah yang diolah mengubah jenis polifosfat ke dalam ortofosfat, sehingga fosfor pada buangan akhir air limbah terdiri dari 80% ortofosfat. Air limbah yang berasal dari rumah tangga banyak sekali mengandung nitrat dan fosfor, akan tetapi diimbangi dengan kekurangan zat ini pada air limbah yang berasal dari air limbah industri. Jumlah terkecil yang merupakan titik kritis untuk keperluan bahan makanan dalam pengolahan air limbah biasanya setara dengan BOD_5/N adalah 20 : 1 atau BOD_5/P adalah sebesar 100 : 1.

Gas

Banyak gas-gas terdapat di dalam air, oksigen (O_2) adalah gas yang penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan untuk pernafasan mikroorganisme aerob dan kehidupan lainnya. Apabila oksigen berada pada nilai ambang yang rendah, maka bau-bauan yang berbahaya akan dihasilkan sebab unsur karbon berubah menjadi metan termasuk CO_2 , sulfur. Belerang akan berubah menjadi amonia (NH_3) atau teroksidasi menjadi nitrit. Untuk memberikan gambaran serta menyeluruh tentang kandungan bahan kimia maka dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Kandungan Bahan Mineral yang Ada di dalam Air Limbah Rumah tangga

Bahan mineral yang ada	Keadaan normal (ppm)
1. Zat padat terlarut	100 – 300
2. Boron (B)	0,1 – 0,4
3. Sodium (persen)	1 – 15%
4. Sodium (Na)	40 – 70
5. Potasium (K)	7 – 15
6. Magnesium (Mg CO_3)	15 – 40
7. Kalsium (Ca CO_3)	15 – 40
8. Nitrogen total (N)	20 – 40
9. Fosfat (PO_4)	20 – 40
10. Sulfat (SO_4)	15 – 30
11. Klorid (Cl)	20 – 50
12. Kesadahan total (CaCO_3)	100 – 150

Sumber: P. Walton purdom 1980.

Sifat Biologis Air Limbah

Pemeriksaan biologis di dalam air dan air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri patogen berada di dalam air limbah. Keterangan biologis ini diperlukan untuk mengukur kualitas air terutama bagi air yang dipergunakan sebagai air minum serta untuk keperluan kolam renang. Selain itu untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Pembagian dari mikroorganisme adalah sangat bervariasi, sebab terdapat banyak skema yang bisa dipergunakan. Selain itu terdapat kecenderungan klasifikasi ke dalam jenis binatang, tumbuh-tumbuhan, dan protista. Sebagai gambaran umum, bahwa protista berisikan binatang bersel satu berkemampuan hidup sendiri dan membuat sel-sel baru sebagai proses regenerasi. Banyak multiseluler tergolong dalam protista sebab ada satu sel yang bisa hidup sendiri apabila dipisahkan. Virus yang tergolong nonsel bisa juga tergolong sel, akan tetapi masih perlu dipertanyakan. Tumbuh-tumbuhan dan binatang mempunyai banyak sel organisme, di mana tumbuh-tumbuhan mendapatkan makanan melalui proses difusi ke dalam sel sementara binatang menangkap dan memakan partikel makanan

padat. Sebagai gambaran, maka berikut ini adalah pembagian kelompok berikut anggota spesiesnya (Tabel 2.12).³⁶⁾

Tabel 2.12. Klasifikasi Mikroorganisme yang Ada di dalam Air Limbah

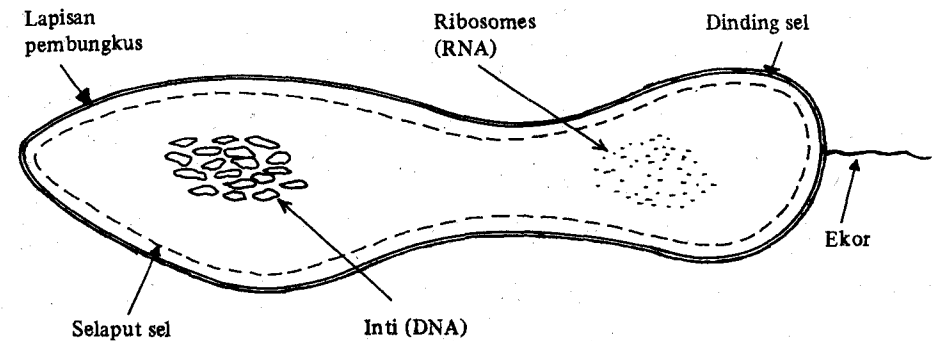
Kelompok besar	Anggota
1. Binatang	Bertulang belakang (<i>Rotifers</i>) Kerang-kerangan (<i>Crustaceans</i>) Kutu dan larva (<i>Worm and larvae</i>)
2. Tumbuh-tumbuhan	Lumut (<i>Mosses</i>) Pakis/paku (<i>Ferns</i>)
3. Protista	Bakteri Ganggang (<i>Algae</i>) Jamur (<i>Fungi</i>) Hewan bersel satu (<i>Protozoa</i>)

Sumber: Donald W. Sundstrom, 1979.

Bakteri

Adalah organisme kecil bersel satu di mana benda-benda organik menembus sel dan dipergunakan sebagai makanan. Apabila jumlah makanan dan gizi berlebihan, maka bakteri akan cepat berkembang biak sampai sumber makanan tersebut habis. Bakteri dijumpai di air, tanah, serta udara yang dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, konsentrasi oksigen, keasaman. Mereka ini dapat berbentuk bulat, lonjong, ataupun berbentuk spiral dengan diameter sel antara 0,5–3 mikron, meskipun berbentuk spiral dapat mencapai panjang sampai 15 mikron. Alasan inilah yang dipergunakan sebagai dasar 0,45 mikron saringan diperlukan untuk menyaring benda terlarut atau bakteri.

Adapun struktur sel pada Gambar 2.5 terlihat bahwa sel dikelilingi oleh lapisan pembungkus (*slime layer*) yang terdiri dari polisakarida. Dinding sel sangat penting dalam pemberian bentuk kekerasan dindingnya. Dinding inilah yang nantinya akan membedakan antara gram positif dan negatif, di mana ada dinding sel yang bisa melepaskan warna yang diberikan



Gambar 2.5. Penampang dari sebuah sel.

kristal violet setelah dicuci dengan aseton.

Sel berisikan cairan dari banyak mineral seperti gula, garam, vitamin, asam amino dan koenzim dan banyak partikel sebagai perlengkapan sel. Kelompok dari partikel ini disebut ribosome terdiri atas bagian dari kemampuan sel untuk membentuk protein tiruan. Bagian ini terdiri dari 60% RNA (*Ribo Nucleic Acid*) dan 40% protein. Daerah inti dari sel terdiri dari DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*) sebagai pembentuk genetik dari sel. Autotropik bakteri menggunakan CO₂ sebagai sumber zat karbon, sedangkan heterotropik bakteri menggunakan bahan organik sebagai sumber zat karbonnya. Pada banyak bakteri dapat menggunakan energi yang berasal dari reaksi kimia dengan sinar matahari. Disebut sebagai bakteri aerob apabila memerlukan O₂ yang terlarut di dalam air/air limbah sebagai usaha untuk mengoksidasi bahan organik, sedangkan yang tidak memerlukan O₂ untuk proses tersebut dikenal sebagai bakteri anaerob.

Jamur

Jamur sangat penting dalam penjernihan air seperti halnya dengan bakteri mereka menggunakan partikel organik terlarut. Jamur tidak melaksanakan fotosintesis dan dapat tumbuh pada daerah lembap dengan pH yang rendah, suatu kondisi di mana bakteri tidak bisa hidup. Adapun ukuran jamur berkisar antara 5-10 mikron dan dapat diidentifikasi oleh sebuah mikros-

kop. Jamur berbiak melalui spora sementara bakteri berbiak melalui pembelahan sel. Karena sifat jamur yang aerob, maka tidaklah penting pada proses anaerob di dalam fase pencernaan. Yeast adalah jamur yang uniseluler dengan panjang 8 mikron serta lebar 5 mikron yang berfungsi sebagai fakultatif anaerobik dengan menghasilkan alkohol dan CO_2 .

Ganggang

Ganggang berbeda dengan bakteri dan jamur pada kemampuannya dalam mengadakan fotosintesis, pemanfaatan oksigen pada pertumbuhannya. Ganggang diklasifikasikan melalui pigmen warna yang ada, biasanya bening, hijau, motile green, kuning hijau, coklat emas, abu-abu hijau.

Melalui autotropik ganggang dirangsang untuk meningkatkan tingkat gizinya seperti nitrogen dan fosfor dalam air. Ganggang sangat mudah untuk dibedakan karena ukurannya yang relatif besar dan bisa mencapai beberapa ratus kaki panjangnya. Beberapa tipe uniseluler adalah tidak beraturan, akan tetapi umumnya mempunyai ciri khas, sehingga bermanfaat pada kolam oksidasi, dan dapat memberikan gangguan pada pengolahan air bersih seperti dengan ditimbulkannya rasa dan bau yang tidak kita inginkan.

Protozoa

Protozoa adalah sekelompok binatang sebagaimana halnya dengan kelompok protista dan dijumpai pada air permukaan dan air tanah, mereka ini adalah besar dalam ukuran apabila dibandingkan dengan bakteri adalah beberapa ratus kali lebih besar. Biasanya jenis paramesium berbentuk elips dengan panjang 200 mikron dan lebar 40 mikron. Protozoa memerlukan makanan partikel padat ke dalam sel melalui mulutnya. Mereka ini memakan buangan koloid, bakteri, dan binatang kecil lainnya. Protozoa mempunyai beberapa klas antara lain:³⁷⁾

1. Sarkodina.
2. Ciliata.

3. Mastigofora.
4. Sporozoa.
5. Suktoria.

Flagelata akan dikenal sebagai holofitik, apabila mereka hanya menerima makanan melalui difusi dari molekul kecil melalui dinding sel, dan akan disebut sebagai holozoik jika mereka dapat memakan partikel padat. Selain dalam hal penjerihan air, maka protozoa ini penting karena beberapa tipe dari amuba dapat menyebabkan penyakit amuba disentri dan sebagai parasit seperti pada malaria.

Dalam hal lumpur yang aktif maka protozoa dan kelas ciliata serta suktoria yang ada di dalamnya.

Rotifera dan Krustacea

Rotifera adalah binatang bersel banyak yang aerobik dengan makanan utama suatu bakteri. Ada dua pasang bulu yang berputar di kepalanya untuk menjaga gerakan dan menyapu makanan masuk ke dalam mulut. Rotifer memerlukan kadar oksigen terlarut yang banyak, sehingga akan dijumpai pada air yang sudah relatif bersih dan mengandung sedikit bahan organik. Binatang ini dapat dipergunakan sebagai petunjuk bahwa tingkat penjernihan secara biologis telah tercapai secara optimal, adapun krustacea adalah binatang aerob dengan makanan bakteri dan algae dan mempunyai sel yang kaku. Golongan ini penting sebagai makanan ikan dan biasanya dijumpai pada danau dan sungai.

Virus

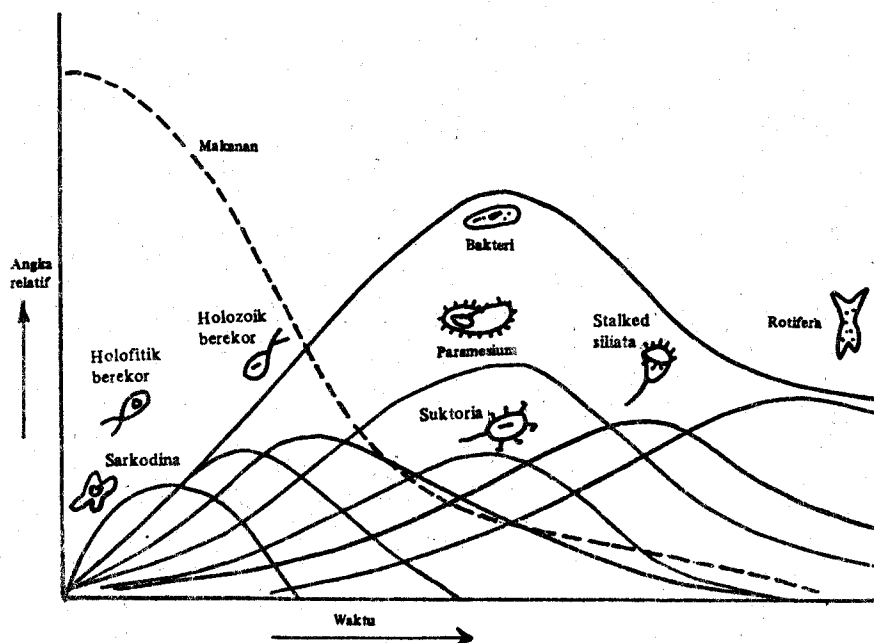
Adalah benda parasit yang kecil yang bukan merupakan sel di mana mereka tidak mempunyai inti sel, membran sel, ataupun dinding sel. Virus ini berkembang biak dalam kehidupan sel dan semuanya tidak akan berdaya apabila berada di luar kehidupan sel. Ukuran virus berkisar antara 20–200 mikron, lebih kurang 1–2 kali lebih kecil dari bakteri. Terdapat lebih dari 100 tipe virus yang dikeluarkan melalui ekskreta manusia lewat saluran pencernaan dan banyak dijumpai pada sumber air. Di dalam air limbah rata-rata terdapat 100–500 virus

37) *Loc. cit.*, hlm. 22.

setiap 100 mililiternya. Apabila virus ini tidak terbunuh pada saat proses pengolahan dan tercampur pada badan air, maka jumlahnya akan sangat banyak. Akan tetapi, karena pengurangan tersebut maka jumlahnya akan menurun menjadi 0,1–1 virus setiap 100 mililiternya. Konsentrasi yang rendah ini menyebabkan sulitnya pemisahan virus pada penyediaan air minum. Untuk itu virus dideteksi melalui penyingkapan atau Ultracentrifugation. Untuk membunuh virus ini biasanya dipergunakan pembubuhan klorin dengan dosis yang tinggi.

Pertumbuhan Mikroorganisme

Pada industri fermentasi maka pertumbuhan bakteri yang murni sangat diharapkan, sedangkan pada pengolahan air limbah diharapkan pertumbuhan bakteri yang heterogen sebagaimana yang terdapat di alam. Pada proses pengolahan air limbah



Gambar 2.6. Gambaran umum mikroorganisme pemakan zat organik di dalam air limbah.

zat organik akan semakin menurun sedangkan komposisi biomassa akan berubah dan pada saat ini jumlah bakteri dan protozoa semakin besar. Keadaan ini dipergunakan sebagai patokan efisien tidaknya pengolahan dengan memeriksa lumpur aktif yang dihasilkan pada bak pengolah. Sarkodina tumbuh pada awal proses pengolahan, sedangkan paramesium tumbuh pada fase berikutnya dan diikuti munculnya rotifera apabila pengotoran air limbah sudah mulai menurun dan mencapai titik terendah. Untuk dapat mengetahui lebih jelas tentang pertumbuhan jenis mikroorganisme pada air limbah yang memakan zat organik dapat dilihat pada Gambar 2.6.³⁸⁾

Dari gambar di atas terlihat bahwa dengan banyaknya kandungan zat organik di dalam air limbah berarti bahwa jumlah makanan yang tersedia adalah cukup banyak, yang berarti juga bahwa pengotoran air limbah cukup tinggi. Pada kondisi seperti ini, maka jenis binatang yang dapat tumbuh dengan baik adalah sarkodina yang kemudian diikuti oleh jenis paramesium, dan apabila keadaan sudah banyak mengandung oksigen baru tampak pertumbuhan rotifera. Kondisi seperti di atas adalah kondisi alami yang tanpa mengalami pengaruh dari luar. Dengan demikian secara alamiah air limbah yang ada sebenarnya akan kembali menjadi jernih apabila kita biarkan saja berjalan secara alami hanya saja waktu yang dipergunakan cukup lama. Untuk mempercepat proses tersebut kiranya perlu dilakukan pengolahan air limbah agar produksi yang ada sesuai dengan hasil pengolahan (jumlah produksi air limbah tidak melebihi kapasitas pengolahan secara alami).

Bahwa sifat air limbah sangat bervariasi tergantung pada sumber asal dari air limbah industri. Berikut ini adalah gambaran tentang sifat air limbah serta sumber asalnya dan cara penanggulangannya dan pengolahan yang dapat dilakukan untuk menangani masalah tersebut (Tabel 2.13).

EFEK BURUK AIR LIMBAH

Sesuai dengan batasan dari air limbah yang merupakan benda sisa, maka sudah barang tentu bahwa air limbah merupa-

38) Loc. cit., hlm. 24.

Tabel 2.13. Ringkasan dari Air Limbah Industri dalam Hal: Asal, Sifat dan Cara Pengolahannya

Jenis industri	Asal buangan	Sifat-sifat umum	Cara pengolahannya
1. Pengalengan	Pemotongan, pemisahan sari buah, pemutihan dari buah-buahan dan sayur-sayuran.	Makanan dan obat-obatan Suspensi zat padat tinggi, koloid dan zat organik terlarut.	Pemisahan, kolam penyerapan atau penyemprotan untuk irigasi.
2. Produk-produk harian	Pengenceran susu, pemisahan susu, mentega air dari pembuatan.	Zat organik terlarut tinggi, sebagian besar protein, lemak, laktosa.	Pengolahan biologis aerasi, penyaringan pengendapan.
3. Pemisahan dan destilasi minuman	Parendaman dan pengepresan biji-bijian, sisa dari destilasi alkohol, pengembunan dari penyulingan.	Organik padat terlarut tinggi, sebagian besar protein, lemak dan laktosa.	Pemakaian kembali pengendapan sentrifugal dan penguapan penyaringan tetesan.
4. Daging dan produknya	Kandang, pemotongan hewan, pembersihan tulang dan daging, sisa pengendapan, lemak pencucian, pembuangan bulu ayam.	Kelaurutan dan campuran zat organik tinggi, darah, protein dan lemak.	Pemisahan, pengendapan, penyaringan.
5. Gula bit	Pemindahan, pemisahan dan pengambilan sari buah, pemberian kotoran kapur, pengembunan, pengambilan sari gulabit, ekstraksi gula.	Kelaurutan dan campuran zat organik tinggi mengandung gula dan protein.	Pemakaian kembali pengumpulan dan penggunaan kolam
6. Produksi obat	Miselium, pembuangan hasil saringan dan pencucian.	Kelaurutan dan campuran zat organik tinggi vitamin.	Penguapan dan pengeringan, makanan.

7. Ragi	Residu dari penyaringan khafir.	Padatan dan BOD tinggi.	Pencernaan anaerobik, penyaringan.
8. Pickle	Air kapur, air garam tawas dan kunyit, sirup, biji-bijian dan ketimun.	Perubahan pH, suspensi padatan yang tinggi, warna dari bahan.	Penyimpanan yang baik, pemisahan, perataan.
9. Kopi	Bubur kopi dan fermentasi.	BOD tinggi, dan suspensi padatan.	Pemisahan, pengendapan dan penyaringan.
10. Ikan	Pemisahan dengan sentrifug pengepresan ikan, penguapan dan pencucian air limbah.	BOD sangat tinggi, total padatan organik dan warna.	Penguapan limbah, pembuangan sisa dari kapal ke laut.
11. Padi	Perendaman, pemasakan dan pencucian beras.	BOD tinggi, total dan suspensi padatan.	Pengendapan kapur, pencernaan.
12. Minuman ringan	Pencucian botol, pembersihan lantai dan peralatan, sirup penyimpanan, bak saluran.	pH tinggi, suspensi padatan dan BOD.	Pemisahan dan dibuang ke saluran umum.
13. Tekstil	Pemasakan serat, ukuran pabrik.	Pakaian	Penetrulan, pengendapan zat kimia, perlakuan biologi aerasi/filtrasi.
14. Barang-barang dari kulit	Pembuangan bulu/rambut, perendaman, pengapuran.	Total padatan tinggi keras, penggaraman, sulfida, kromium, pH endapan kapur dan BOD.	Perataan, sedimentasi, dan perlakuan biologi.

Tabel 2.13. (lanjutan)

Jenis Industri	Asal Buangan	Sifat-sifat Umum	Cara Pengolahannya
15. Usaha pencucian	Pembuangan air bilasan dari tekstil.	Keketuhan tinggi, alkalinitas, dan padatan organik.	Pemisahan, endapan kimia absorpsi.
16. Asam	Pengenceran, bermacam-macam variasi larutan asam.	Bahan kimia pH rendah, kadar bahan organik rendah.	Netralisasi, pembakaran bila bahan organik ada.

Sumber: David K. Todd (1970) (Nomerow 1963).

kan benda yang sudah tidak dipergunakan lagi. Akan tetapi, tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu dilakukan pengelolaan, karena apabila limbah ini tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada.

Gangguan terhadap Kesehatan

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui air limbah. Air limbah ini ada yang hanya berfungsi sebagai media pembawa saja seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis infektiosa, serta skhistosomiasis. Selain sebagai pembawa penyakit di dalam air limbah itu sendiri banyak terdapat bakteri patogen penyebab penyakit seperti :

Virus

Menyebabkan penyakit polio myelitis dan hepatitis. Secara pasti modus penularannya masih belum diketahui dan banyak terdapat pada air hasil pengolahan (*effluent*) pengolahan air limbah.

Vibrio Kolera

Menyebabkan penyakit kolera asiatica dengan penyebaran utama melalui air limbah yang telah tercemar oleh kotoran manusia yang mengandung *vibrio kolera*.

Salmonella Typhosa a dan Salmonella Typhosa b

Merupakan penyebab tipus abdominalis dan para tipus yang banyak terdapat di dalam air limbah bila terjadi wabah. Prinsip penularannya adalah melalui air dan makanan yang telah tercemar oleh kotoran manusia yang berpenyakit tipus.

Salmonella Spp.

Dapat menyebabkan keracunan makanan dan jenis bakteri banyak terdapat pada air hasil pengolahan.

Shigella Spp.

Adalah penyebab disentri bacillair dan banyak terdapat pa-

da air yang tercemar. Adapun cara penularannya adalah melalui kontak langsung dengan kotoran manusia maupun melalui perantara dengan makanan, lalat dan tanah.

Basillus Anthraxis

Adalah penyebab penyakit anthrax, terdapat pada air limbah dan sporanya tahan terhadap pengolahan.

Brusella Spp.

Adalah penyebab penyakit brucellosis, demam malta serta menyebabkan keguguran (*aborsi*) pada domba.

Mikobakterium Tuberkulosa

Adalah penyebab penyakit tuberkulosis dan terutama terdapat pada air limbah yang berasal dari sanatorium.

Leptospira

Adalah penyebab penyakit weil dengan penularan utama berasal dari tikus selokan.

Entamuba Histolitika

Dapat menyebabkan penyakit amuba disentri dengan penyebaran melalui lumpur yang mengandung kiste.

Skhistosoma Spp.

Penyebab penyakit skhistosomiasis, akan tetapi dapat dimatikan pada saat melewati pengolahan air limbah.

Taenia Spp.

Adalah penyebab penyakit cacing pita, dengan kondisi yang sangat tahan terhadap cuaca.

Askaris Spp. Enterobius Spp.

Menyebabkan penyakit cacingan dan banyak terdapat pada air hasil pengolahan dan lumpur serta sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia.

Selain sebagai pembawa dan kandungan kuman penyakit, maka air limbah juga dapat mengandung bahan-bahan beracun, penyebab iritasi, bau dan bahkan suhu yang tinggi serta bahan-

bahan lainnya yang mudah terbakar. Keadaan yang demikian ini sangat dipengaruhi oleh sumber asal air limbah. Kasus yang terjadi di Teluk Minamata pada tahun 1953 adalah contoh yang nyata di mana para nelayan dan keluarganya mengalami gejala penyempitan ruang pandang, kelumpuhan, kulit terasa menebal dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Kejadian yang demikian adalah sebagai akibat termakannya ikan oleh para nelayan, sedangkan ikan tersebut telah mengandung air raksa sebagai akibat termakannya kandungan air raksa yang ada di dalam teluk. Air raksa ini berasal dari air limbah yang tercemar oleh adanya pabrik yang menghasilkan air raksa pada buangan limbahnya. Selain air raksa masih banyak lagi racun lainnya yang dapat membahayakan kesehatan manusia antara lain:³⁹⁾

Timah Hitam :

Apabila manusia terpapar oleh timah hitam, maka orang tersebut dapat terserang penyakit anemia, kerusakan fungsi otak, serta kerusakan pada ginjal.

Krom:

Krom dengan senyawa bervalensi tujuh lebih berbahaya bila dibandingkan dengan krom yang bervalensi tiga. Apabila terpapar oleh krom ini dapat menyebabkan kanker pada kulit dan saluran pencernaan.

Sianida :

Senyawa ini sangat beracun terhadap manusia karena dalam jumlah yang sangat kecil sudah dapat menimbulkan keracunan dan merusak organ hati.

Gangguan terhadap Kehidupan Biotik

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian akan

39) Sri Soewasti Soesanto, "Limbah Industri dan Dampaknya pada Kesehatan", *Majalah Kesehatan Masyarakat Indonesia*, Tahun ke-V, Nomor 10, 1985, hlm. 579-582.

menyebabkan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya. Selain kematian kehidupan di dalam air disebabkan karena kurangnya oksigen di dalam air dapat juga disebabkan karena adanya zat beracun yang berada di dalam air limbah tersebut. Selain matinya ikan dan bakteri-bakteri di dalam air juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air. Sebagai akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan sendiri yang seharusnya bisa terjadi pada air limbah menjadi terhambat. Sebagai akibat selanjutnya adalah air limbah akan sulit untuk diuraikan. Selain bahan-bahan kimia yang dapat mengganggu kehidupan di dalam air, maka kehidupan di dalam air juga dapat terganggu dengan adanya pengaruh fisik seperti adanya temperatur tinggi yang dikeluarkan oleh industri yang memerlukan proses pendinginan. Panasnya air limbah ini dapat mematikan semua organisme apabila tidak dilakukan pendinginan terlebih dahulu sebelum dibuang ke dalam saluran air limbah.

Gangguan terhadap Keindahan

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang oleh perusahaan yang memproduksi bahan organik seperti tapioka, maka setiap hari akan dihasilkan air limbah yang berupa bahan-bahan organik dalam jumlah yang sangat besar. Ampas yang berasal dari pabrik ini perlu dilakukan pengendapan terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air limbah, akan tetapi memerlukan waktu yang sangat lama. Selama waktu tersebut maka air limbah mengalami proses pembusukan dari zat organik yang ada di dalamnya. Sebagai akibat selanjutnya adalah timbulnya bau hasil pengurangan dari zat organik yang sangat menusuk hidung.

Di samping bau yang ditimbulkan, maka dengan menumpuknya ampas akan memerlukan tempat yang banyak dan mengganggu keindahan tempat di sekitarnya. Pembuangan yang sama akan dihasilkan juga oleh perusahaan yang menghasilkan minyak dan lemak, selain menimbulkan bau juga menyebabkan tempat di sekitarnya menjadi licin. Selain bau dan tumpukan ampas yang mengganggu, maka warna air limbah yang kotor

akan menimbulkan gangguan pemandangan yang tidak kalah besarnya. Keadaan yang demikian akan lebih parah lagi, apabila pengotoran ini dapat mencapai daerah pantai di mana daerah tersebut merupakan daerah tempat rekreasi bagi masyarakat sekitarnya.

Pada bangunan pengolah air limbah sumber utama dari bau berasal dari:⁴⁰⁾

1. Tangki pembusuk air limbah yang berisikan hidrogen sulfida air dan bau-bau lain yang melewati bangunan pengolah.
2. Tempat pengumpulan buangan limbah industri.
3. Bangunan penangkap pasir yang tidak dibersihkan.
4. Buih atau benda mengapung yang terdapat pada tangki pengendap pertama.
5. Proses pengolahan bahan organik.
6. Tangki pengentalan (*thickener*) untuk mengambil lumpur.
7. Pembakaran limbah gas yang menggunakan suhu kurang dari semestinya.
8. Proses pencampuran bahan kimia.
9. Pembakaran lumpur.
10. Penimbunan lumpur dan pengolahan lumpur melalui proses pengeringan.

Adapun cara untuk mengatasi masalah bau dapat ditempuh beberapa macam cara antara lain secara fisik, secara kimiawi, maupun secara biologis.

Secara Fisik

Dengan melakukan pembakaran, di mana gas dapat dikurangi melalui pembakaran pada suhu yang bervariasi antara 650–760°C. Untuk mengurangi kebutuhan suhu yang tinggi ini dapat dikurangi melalui katalisator. Penyerapan dan karbon aktif adalah juga bisa diterapkan dengan melewati udara ke dalam hamparan atau lapisan. Gas yang berkontak dengannya akan diserap sehingga bau akan dapat dikurangi, begitu juga halnya dengan penyerapan melalui pasir dan tanah. Pemasaan oksigen ke dalam limbah cair adalah salah satu cara yang bisa diterapkan untuk menjaga proses terjadinya pengolahan

40) MetCalf dan Eddy, *op. cit.*, hlm. 388.

secara anaerob dapat dihindari sehingga gas yang ditimbulkan karena proses tersebut dapat dihindari. Penggunaan menara (*tower*) juga dapat dipergunakan untuk mengurangi pencemaran yang disebabkan oleh adanya bau melalui proses pengenceran di udara terbuka karena udara dari cerobong tidak mencapai langsung ke daerah pemukiman, dengan demikian bau yang ada dapat dicegah.

Secara Kimiawi

Untuk menghilangkan gas yang berbau dapat juga dilakukan dengan cara melewatkan gas pada cairan basa seperti kalsium dan sodium hidroksida untuk menghilangkan bau. Apabila kadar karbondioksida tinggi maka biaya pengolahannya juga menjadi sangat tinggi, sehingga biaya ini merupakan salah satu penghambat yang besar. Dengan melakukan oksidasi pada pengolahan air limbah merupakan cara yang baik agar bau klorin dan ozon dapat dihindari. Adapun bahan yang dipergunakan sebagai bahan oksidator adalah hidrogen peroksida. Pengendapan dengan bahan kimia membuat terjadinya endapan dari sulfida dengan garam metal khususnya besi.

Secara Biologis

Air limbah dilewatkan melalui penyaringan yang menetes (*trickling filter*) atau dimasukkan ke dalam tangki lumpur aktif untuk menghilangkan komponen yang berbau. Penggunaan menara khusus dapat dipergunakan untuk menangkap bau, adapun jenis menara itu diisi dengan media plastik yang bervariasi sebagai tempat tumbuhnya bakteri.

Gangguan terhadap Kerusakan Benda

Apabila air limbah mengandung gas karbondioksida yang agresif, maka mau tidak mau akan mempercepat proses terjadinya karat pada benda yang terbuat dari besi serta bangunan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya benda tersebut maka biaya pemeliharannya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material. Selain karbondioksida agresif, maka tidak kalah pentingnya apabila air lim-

bah itu adalah air limbah yang berkadar pH rendah atau bersifat asam maupun pH tinggi yang bersifat basa. Melalui pH yang rendah maupun pH yang tinggi akan mengakibatkan timbulnya kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya.

Lemak yang merupakan sebagian dari komponen air limbah mempunyai sifat yang menggumpal pada suhu udara normal, dan akan berubah menjadi cair apabila berada pada suhu yang lebih panas. Lemak yang berupa benda cair pada saat dibuang ke saluran air limbah akan menumpuk secara kumulatif pada saluran air limbah karena mengalami pendinginan dan lemak ini akan menempel pada dinding saluran air limbah yang pada akhirnya akan dapat menyumbat aliran air limbah. Selain penyumbatan akan dapat juga terjadi kerusakan pada tempat di mana lemak tersebut menempel yang bisa berakibat timbulnya kebocoran.

3

Pengaliran Air Limbah di Daerah Perkotaan dan Permasalahannya

PERMASALAHAN UMUM

Susunan dan sifat air limbah yang berasal dari daerah industri adalah sangat bervariasi tergantung dari macam dan jenis dari industri. Agar air limbah dapat dikelola dengan baik maka susunan dan sifat air limbah tidak boleh diabaikan, karena hal ini dapat menyulitkan pada saat pengaliran atau pada saat pengolahannya. Misalnya saja air limbah yang berasal dari pabrik cat, pabrik kertas akan banyak mengandung bahan kimia di mana dapat merusakkan dinding selokan. Sedangkan air yang berasal dari tempat pemotongan hewan akan banyak mengandung lemak, di mana pada saat panas menjadi cair sedangkan apabila berada di daerah dingin akan melekat pada dinding saluran.

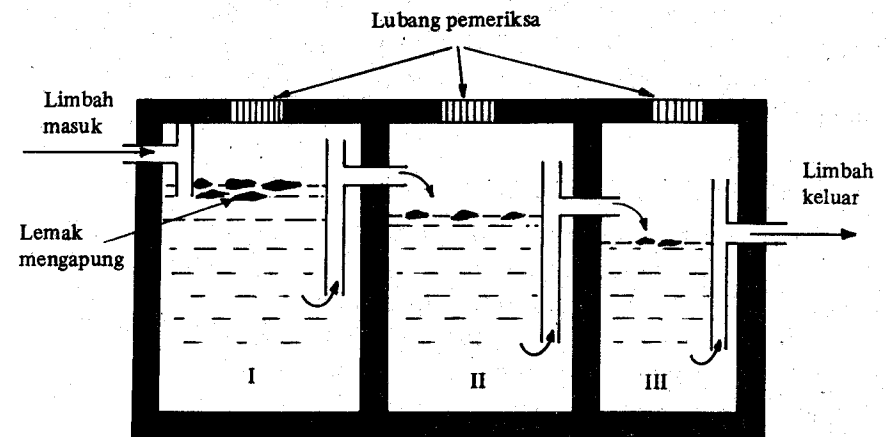
Selain itu benda-benda yang melayang dan mudah mengendap juga dapat menyulitkan dan mengganggu proses pemberantasan saluran. Oleh karena itu, pada saat pembuatan saluran sudah diperhitungkan agar semua benda yang berada di dalam air limbah dapat ikut mengalir secara terus-menerus, jangan sampai memberi kesempatan pada benda yang ada di dalam air limbah untuk menempel pada saluran atau mengendap terlebih dahulu. Untuk menjaga agar tidak terjadi pengendapan, maka kecepatan aliran haruslah diatur berdasarkan pertimbangan-pertimbangan berikut ini:

1. Untuk membawa lumpur diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,1 m/detik.

2. Untuk membawa pasir yang halus diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,15 m/detik.
3. Untuk membawa pasir kasar diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,2 m/detik.
4. Untuk membawa kerikil halus diperlukan kecepatan 0,3 m/detik.
5. Untuk membawa kerikil kasar diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,7 m/detik.
6. Sedangkan untuk membawa batu-batuan diperlukan kecepatan aliran sebesar 1,2 m/detik.

Selain maksud tersebut perlu diingat bahwa dengan terbawanya kerikil akan mudah merusak dinding saluran. Untuk saluran yang terbuat dari semen maka kecepatan aliran air limbah tidak diperbolehkan melebihi 1 m/detik.

Untuk mengatasi kesulitan terhadap adanya lemak di dalam air limbah, maka perlu dianjurkan adanya bangunan penangkap lemak sebelum industri membuang air limbahnya ke dalam saluran air limbah. Perusahaan yang banyak menghasilkan lemak antara lain, rumah makan, pemotongan hewan, pompa bensin serta bengkel mobil. Untuk lebih jelasnya maka berikut ini (Gambar 3.1) adalah potongan melintang bak penangkap lemak yang dimaksud.



Gambar 3.1. Penampang melintang bangunan penangkap lemak.

Pada penampang lemak di atas terlihat bahwa bak dibagi menjadi tiga bagian yaitu bak I, bak II, dan bak III di mana satu sama lain dihubungkan oleh pipa yang diletakkan secara berurutan dengan ketentuan bahwa letak pipa pengeluaran pada bak berikutnya selalu lebih rendah dari pipa sebelumnya. Pada salah satu ujung dan saluran dipasang pipa yang berbentuk huruf T dengan salah satu ujungnya dimasukkan ke dalam air limbah. Pembuatan bentuk seperti ini dimaksudkan agar air limbah yang mengalir dari bak I ke bak II berasal dari dalam bak bagian bawah karena pada bagian atasnya merupakan tempat mengapungnya lemak yang akan diambil.

Air limbah masuk dari sumber asalnya ke bak I, pada bak ini lemak akan mengalami pengapungan karena sifat lemak itu sendiri, sedangkan pada bagian bawah adalah cairan limbah itu sendiri. Air limbah ini akan keluar dari bak I melalui pipa berbentuk T dari bagian bawah menuju ke bak II. Karena air limbah keluar dari bagian bawah, maka lemak yang mengapung tidak akan ikut mengalir sehingga lemak akan tertinggal pada bak I. Untuk mengambil lemak dari bak I dilakukan secara manual/diambil dengan serok. Apabila masih terdapat sisa lemak yang bisa lolos ke bak II, maka pada bak ini akan mengalami proses yang sama seperti mereka berada pada bak I. Demikianlah seterusnya, mereka sampai pada bak III diharapkan lemak sudah tidak tersisa lagi pada bak-bak tersebut. Pada akhirnya air limbah yang keluar dari bak penangkap air limbah sudah terbebas dari zat pencemar lemak dan dapat langsung dibuang ke saluran pembawa air limbah.

BEBERAPA KETENTUAN TEKNIS

Peta keadaan daerah yang lengkap dari suatu areal yang akan dilayani oleh suatu sistem pengelolaan air limbah dengan menggunakan saluran, mutlak diperlukan. Penggunaan skala yang sesuai dengan penempatan garis kemiringan yang tepat adalah amat diperlukan untuk merencanakan pembuangan air limbah yang baik. Dengan melihat gambar ini akan dapat diketahui daerah mana saja yang memerlukan tambahan tekanan untuk mengalirkan air limbah serta saluran mana saja yang tidak memerlukan tambahan tekanan untuk pengaliran-

nya. Penggunaan sistem grafitasi adalah pilihan yang tepat untuk mengalirkan air limbah, selain lebih ekonomis dan memudahkan untuk melaksanakan perluasan selanjutnya. Untuk membuat peta yang baik dianjurkan menggunakan skala yang sudah standar seperti apa yang tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Skala yang Dipergunakan untuk Pembangunan Jaringan Air Limbah dengan Sistem Metrik

Penggunaan	Skala
Peta	1 : 1.000.000
	1 : 500.000
	1 : 200.000
	1 : 100.000
	1 : 50.000
Survei kota	1 : 50.000
	1 : 20.000
	1 : 10.000
	1 : 5.000
	1 : 2.500
Rencana blok	1 : 2.000
	1 : 1.250
	1 : 1.000
	1 : 500
	1 : 200
Gambar lokasi	1 : 200
	1 : 100
	1 : 50
	1 : 100
	1 : 50
Jarak	1 : 20
	1 : 10
	1 : 5
	1 : 10
	1 : 5
Detail	1 : 1
	1 : 1
	1 : 1
	1 : 1
	1 : 1

Sumber: British Standards Institution '68.

Perlu ditambahkan ke dalam peta adalah gambar secara terperinci dari perencanaan dan penampang jalan-jalan yang akan dilayaninya. Untuk membedakan tempat dan kelandaiannya maka perlu diberikan kode/penomorannya. Selain itu diperlukan juga perincian dari perlengkapan yang diperlukan serta sambungan yang akan dipergunakan.

Keterangan tentang kondisi tanah sangat diperlukan dalam rangka pemasangan saluran, karena keterangan ini memberikan penjelasan pada kita apakah dalam penggalian nantinya akan ditemukan daerah keras atautkah daerah lembek, atau bahkan tanah yang longsor yang memerlukan penahan untuk pemasangan pipa saluran air limbah. Dengan demikian dapat ditentukan jenis pipa yang sesuai dengan kondisi tanahnya.

Jadi, apabila kita hendak melaksanakan pembuangan air limbah suatu perkotaan maka perlu kiranya diketahui situasi umum daerah tersebut berikut peta wilayah yang memuat:

1. Sungai serta aliran, kolam, rawa yang ada di wilayah.
2. Tinggi rendahnya tanah sehingga diketahui garis kemiringan wilayah.
3. Daerah yang terendam banjir.
4. Perencanaan jalan berikut rencana saluran.
5. Daerah yang terendam air sewaktu hujan.
6. Kepadatan penduduk di setiap daerah.
7. Kepadatan bangunan yang ada di wilayah tersebut.
8. Ketinggian permukaan air tanah.
9. Arah pengaliran air sungai serta tinggi maksimum dan tinggi minimum.
10. Jenis tanah yang ada.
11. Saluran listrik, telepon, serta gas dan riol yang sudah ada.
12. Bagi kota yang terletak di tepi laut perlu juga disampaikan kondisi dari pantai itu sendiri (kecuraman pantai).

Dari situasi tersebut maka dapat dibedakan beberapa pola pembuatan denah saluran air limbah antara lain:¹⁾

1) Daniel A. Okun dan George Ponghis, *Community Wastewater Collection and Disposal* (Geneva: WHO, 1975), hlm. 109.

nya. Penggunaan sistem grafitasi adalah pilihan yang tepat untuk mengalirkan air limbah, selain lebih ekonomis dan memudahkan untuk melaksanakan perluasan selanjutnya. Untuk membuat peta yang baik dianjurkan menggunakan skala yang sudah standar seperti apa yang tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Skala yang Dipergunakan untuk Pembangunan Jaringan Air Limbah dengan Sistem Metrik

Penggunaan	Skala
Peta	1 : 1.000.000
	1 : 500.000
	1 : 200.000
	1 : 100.000
	1 : 50.000
Survei kota	1 : 50.000
	1 : 20.000
	1 : 10.000
	1 : 5.000
	1 : 2.500
	1 : 2.000
Gambar lokasi	Rencana blok
	1 : 2.500
	1 : 2.000
	1 : 1.250
	1 : 1.000
	Rencana tempat
	1 : 500
	1 : 200
	Tempat umum
	1 : 200
Gambar komponen	1 : 100
	1 : 50
	1 : 20
	Jarak
	1 : 100
	1 : 50
	1 : 20
	Pertemuan sambungan
	1 : 20
	1 : 10
Detail	1 : 5
	1 : 10
	1 : 5
	1 : 1

Sumber: British Standards Institution '68.

Perlu ditambahkan ke dalam peta adalah gambar secara terperinci dari perencanaan dan penampang jalan-jalan yang akan dilayaninya. Untuk membedakan tempat dan kelandaianannya maka perlu diberikan kode/penomorannya. Selain itu diperlukan juga perincian dari perlengkapan yang diperlukan serta sambungan yang akan dipergunakan.

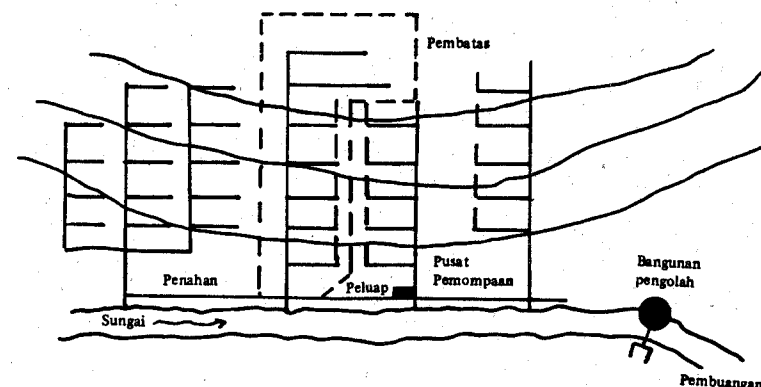
Keterangan tentang kondisi tanah sangat diperlukan dalam rangka pemasangan saluran, karena keterangan ini memberikan penjelasan pada kita apakah dalam penggalian nantinya akan ditemukan daerah keras atautkah daerah lembek, atau bahkan tanah yang longsor yang memerlukan penahan untuk pemasangan pipa saluran air limbah. Dengan demikian dapat ditentukan jenis pipa yang sesuai dengan kondisi tanahnya.

Jadi, apabila kita hendak melaksanakan pembuangan air limbah suatu perkotaan maka perlu kiranya diketahui situasi umum daerah tersebut berikut peta wilayah yang memuat:

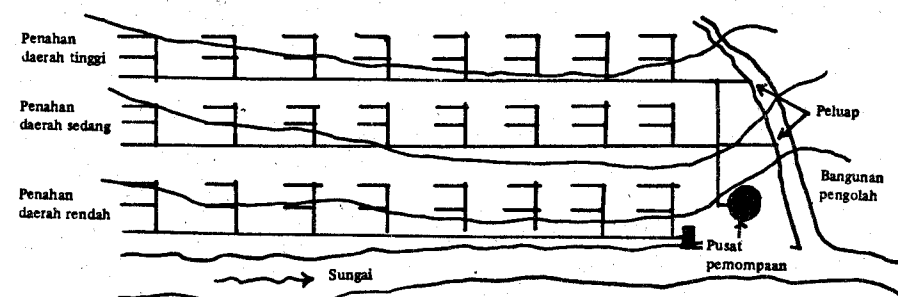
1. Sungai serta aliran, kolam, rawa yang ada di wilayah.
2. Tinggi rendahnya tanah sehingga diketahui garis kemiringan wilayah.
3. Daerah yang terendam banjir.
4. Perencanaan jalan berikut rencana saluran.
5. Daerah yang terendam air sewaktu hujan.
6. Kepadatan penduduk di setiap daerah.
7. Kepadatan bangunan yang ada di wilayah tersebut.
8. Ketinggian permukaan air tanah.
9. Arah pengaliran air sungai serta tinggi maksimum dan tinggi minimum.
10. Jenis tanah yang ada.
11. Saluran listrik, telepon, serta gas dan riol yang sudah ada.
12. Bagi kota yang terletak di tepi laut perlu juga disampaikan kondisi dari pantai itu sendiri (kecuraman pantai).

Dari situasi tersebut maka dapat dibedakan beberapa pola pembuatan denah saluran air limbah antara lain:¹⁾

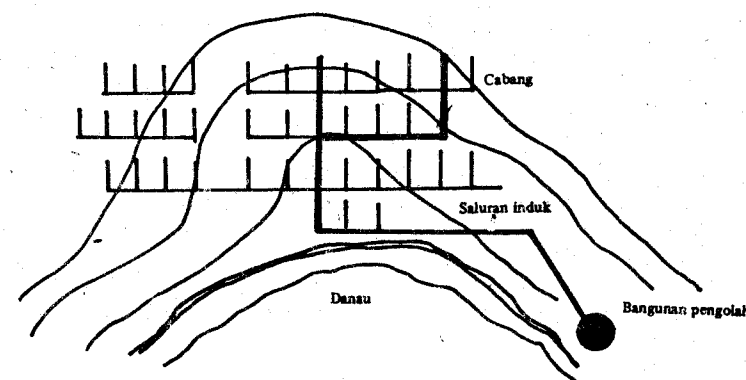
1) Daniel A. Okun dan George Ponghis, *Community Wastewater Collection and Disposal* (Geneva: WHO, 1975), hlm. 109.



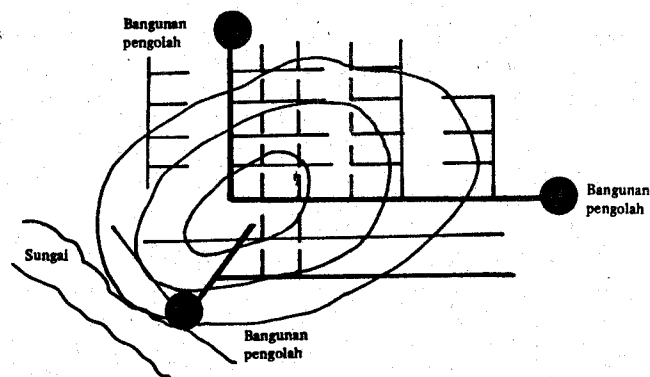
Gambar 3.2a. Denah pengelolaan air limbah dengan pola penahan.



Gambar 3.2b. Denah pengelolaan air limbah dengan pola wilayah.



Gambar 3.2c. Denah pengelolaan air limbah dengan pola kipas yang saniter.



Gambar 3.2d. Denah pengelolaan air limbah dengan pola melingkar yang sanitair.

Dengan melihat situasi umum tentang daerah yang dilayani jaringan pengelolaan air limbah, maka setelah dilakukan pengecekan ke lapangan akan didapat suatu denah secara lengkap. Denah itu berisikan data tentang situasi seperti pada point di atas berikut rencana peletakan perlengkapan seperti lubang pemeriksaan dan letak sambungan serta kemungkinan meletakkan pusat pemompaan (lihat Gambar 3.3).²⁾

Selain denah pada Gambar 3.3, maka diperlukan juga perincian secara detail bagi tempat-tempat yang dirasakan perlu seperti potongan melintang suatu titik atau wilayah kecil (Gambar 3.4).³⁾

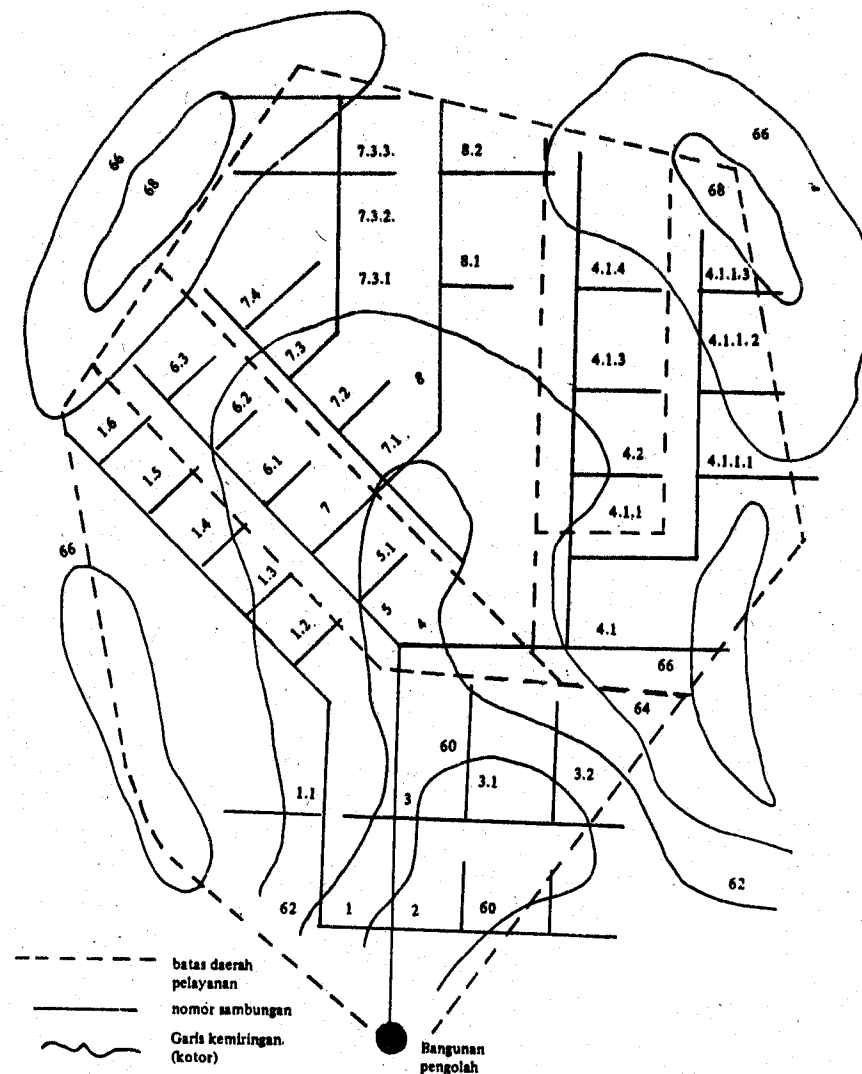
Selain gambar denah dan gambar detail tentang perencanaan saluran air limbah yang telah dibuat tersebut, maka diperlukan juga beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan antara lain:⁴⁾

1. Jangka waktu perencanaan: yang dimaksud di sini adalah bahwa perencanaan diperhitungkan bukan hanya pada

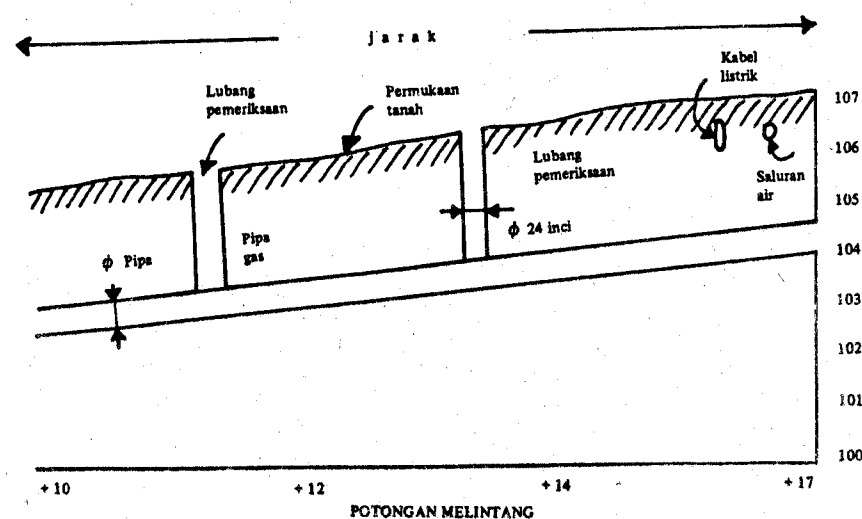
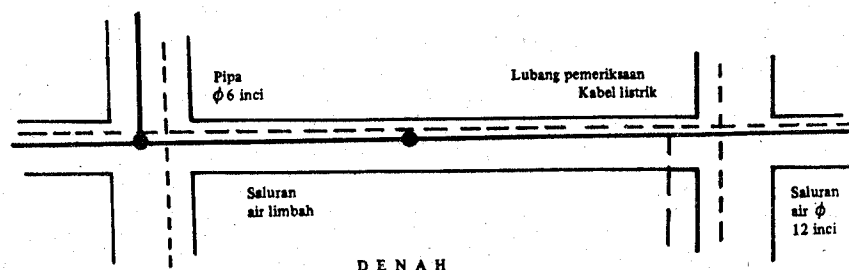
2) *Ibid.*, hlm. 111.

3) *Ibid.*, hlm. 112.

4) *Ibid.*, hlm. 90.



Gambar 3.3. Suatu contoh denah peletakan saluran air limbah berikut cara penomorannya.



Gambar 3.4. Sebuah contoh perencanaan denah dan potongan melintang suatu saluran air limbah.

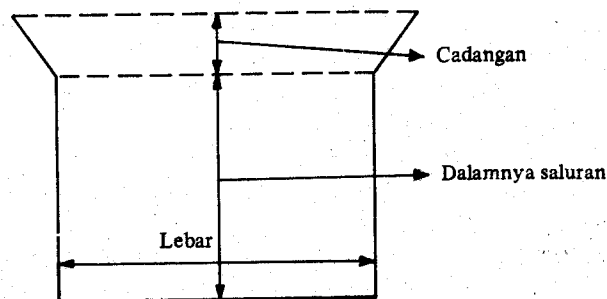
- saat perencanaan saja akan tetapi telah diperhitungkan fasilitas pelayanan, jumlah penduduk serta pemekarannya pada masa yang akan datang dalam waktu tertentu.
2. Jumlah penduduk yang dilayani: banyaknya penduduk yang telah diperkirakan dalam perencanaan pada suatu areal yang akan dilayani, dengan telah memperhitungkan faktor-faktor apa saja yang, mempengaruhi jumlah penduduk.
 3. Jumlah dan kualitas air limbah: bagaimana pengelolaan air limbah yang ada pada saat ini ada pengaruh musim serta bagaimana standar kehidupan dan standar kualitas air limbah yang sudah ada sekarang.
 4. Pilihan antara terpisah dan tercampur: pada beberapa hal memang tidak dibenarkan untuk mencampur air hujan dengan air limbah, akan tetapi pada suatu saat masih diperbolehkan mencampur kedua air limbah sehingga memerlukan konstruksi yang tersendiri.
 5. Pembagian wilayah: perlu adanya pengaturan daerah mana saja yang bisa digabungkan dari suatu kelompok masyarakat pada suatu sistem secara keseluruhan.
 6. Denah sistem pengumpulan: di sini perlu diperhitungkan mana yang lebih menguntungkan antara penggunaan saluran secara grafitasi atau menggunakan pompa, di mana apabila memilih grafitasi diperlukan jarak yang panjang dan penggalan yang dalam.
 7. Alternatif pendekatan pada pengumpulan air limbah secara konvensional dengan cara sistem pengaliran dengan menggunakan saluran perpipaan disesuaikan dengan kondisi negaranya.
 8. Perlu diketahui juga bagaimanakah kualitas dari air sebagai penerima air buangan setelah air limbah tersebut mendapat pengolahan.

Sebelum ditentukan saluran mana yang dipergunakan untuk menyalurkan air limbah ke tempat pengolahan, tentu terlebih dulu diperhitungkan keuntungan dan kerugian apabila menggunakan saluran terbuka atau tertutup. Saluran terbuka hanya boleh dipergunakan apabila air telah melalui atau mengalami proses pengolahan. Selain itu beberapa hal lain yang perlu

diperhatikan yaitu :

1. Selokan itu terletak pada tanah yang cukup luas.
2. Tidak ada kekhawatiran air limbah untuk mendapatkan tambahan pengotoran dari luar.
3. Tidak banyak terdapat jembatan pada saluran air limbah.
4. Diperkirakan tidak mengalami banyak kerusakan atau gangguan dari luar. Apabila keadaan daerah bertentangan dengan hal-hal di atas, maka dianjurkan untuk menggunakan saluran yang tertutup.

Saluran terbuka memang lebih sering disukai masyarakat daripada menggunakan saluran tertutup, hal ini disebabkan karena ongkos pembuatan, pemeliharaan, pembersihan dan pengawasannya yang lebih murah. Selain itu saluran terbuka biasanya dilengkapi dengan ruang cadangan untuk menghindari terjadinya peluapan.



Gambar 3.5. Penampung saluran terbuka.

Saluran terbuka ini umumnya ditempatkan di tepi jalan dengan pertimbangan bahwa bila saluran ini ditempatkan di belakang rumah akan mengakibatkan beberapa hal antara lain:

1. Sulit dalam melakukan pengawasan terhadap saluran ini.
2. Tidak dapat dipergunakan sebagai saluran pengeringan jalan.
3. Memerlukan pagar pelindung untuk menghindari terjadinya kecelakaan.

4. Perlu diberikan ganti rugi kepada pemilik tanah yang akan dilalui oleh saluran itu.

Adalah sebaliknya, bahwa saluran tertutup sebaiknya diletakkan di belakang rumah agar dapat dengan mudah dilakukan penyambungan dari saluran pembuangan rumahtangga. Pada jarak 10–15 meter dari saluran tidak diperbolehkan ditanami dengan pohon-pohonan yang mempunyai akar yang tajam, sebab akar ini dapat menembus saluran air limbah yang terbuat dari semen. Apabila saluran itu berada di jalan raya hendaknya jangan diletakkan di tengah jalan akan tetapi sebaiknya berada di tepi jalan raya, atau diletakkan pada tempat pejalan kaki.

Saluran induk jangan sekali-kali diletakkan di tengah jalan mengingat kesulitan dalam melakukan pemeriksaan, pengawasan, maupun di dalam pemeliharannya. Untuk meletakkan saluran air limbah hendaknya diperhitungkan kedalaman yang diperlukan dengan memperhatikan beberapa hal :

1. Sambungan dari saluran rumahtangga yang ada.
2. Kemiringan yang diperbolehkan yaitu miring yang ditentukan oleh kecepatan maksimum.
3. Kemiringan yang diperlukan yaitu kemiringan yang harus diberikan pada saluran supaya mempunyai kecepatan optimum.
4. Lapisan tanah yang diperlukan (sebaiknya tanah penutup minimal setebal 15–20 cm).
5. Ada atau tidaknya saluran gas, telepon, pipa air minum dan lain sebagainya.
6. Permukaan air tanah yang ada.
7. Jenis dan kondisi tanah yang akan dilaluinya.

Sedapat mungkin saluran jangan diletakkan pada tanah yang jelek, misalnya pada tanah yang bergerak, banyak mengandung lumpur, mempunyai permukaan tanah yang tinggi karena selain akan menyulitkan di dalam pemasangannya juga akan memperbesar biayanya. Khusus masalah kemiringan sebenarnya terdapat 3 jenis kemiringan yang dipergunakan yaitu:⁵⁾

5) P.E. Parker dan Homer W., *Wastewater System Engineering* (New Jersey: Prentice Hall Inc., 1975), hlm. 78.

1. Miring yang terdapat yaitu perbedaan tinggi antara dua tempat dibagi dengan jarak dari dua tempat tersebut.
2. Miring yang diperlukan yaitu kemiringan yang dibuat berdasarkan kecepatan minimum yang dibutuhkan.
3. Miring yang diperbolehkan yaitu kemiringan saluran terbesar yang diperbolehkan agar kecepatan maksimum tidak terlampaui sehingga menimbulkan kerusakan pada saluran.

Kecepatan maksimum yang diperbolehkan untuk pengaliran air limbah adalah sebesar 3 meter per detik, sedangkan kecepatan minimumnya adalah sebesar 0,5 meter per detik dan untuk air hujan adalah sebesar 1 meter per detik. Untuk mendapatkan kecepatan yang diharapkan maka kemiringan saluran akan sangat berbeda antara yang satu dengan lainnya seperti terlihat pada Tabel 3.2 sesuai dengan besarnya diameter dari saluran air limbah yang ada.

Tabel 3.2. Kemiringan Minimum yang Dianjurkan untuk Setiap Ukuran Diameter Saluran

Ukuran pipa	Minimum kemiringan pipa dalam satuan feet untuk setiap 100 feet jarak
8 inci	0,40
10 inci	0,28
12 inci	0,22
14 inci	0,17
15 inci	0,15
16 inci	0,14
18 inci	0,12
21 inci	0,10
24 inci	0,08
27 inci	0,067
30 inci	0,058
36 inci	0,046

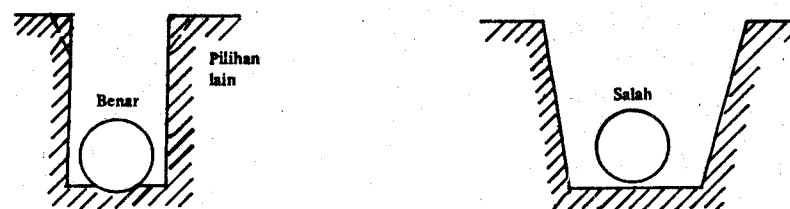
Sumber: Parker, P.E., Homer W. New Jersey 1975.

Kemiringan di atas merupakan kemiringan minimum untuk mendapatkan kecepatan yang diperlukan. Dengan demikian apabila kemiringan dibuat melebihi standar yang ada

masih diperbolehkan asal dengan kemiringan tersebut tidak menghasilkan kecepatan aliran air limbah yang menimbulkan kerusakan.

Seperti terlihat di dalam tabel, bahwa besarnya saluran yang ada hanyalah saluran yang berdiameter paling kecil sebesar 8 inci, hal ini menunjukkan bahwa saluran dengan diameter tersebut adalah saluran terkecil yang dianjurkan untuk suatu sistem pembuangan air limbah. Selain kemiringan, maka cara meletakkan pipa juga memerlukan cara pemasangan tersendiri. Adapun ketentuan yang dianjurkan antara lain:⁶⁾

1. Gunakanlah tanah yang ada sekecil mungkin untuk meletakkan pipa pada saluran dan usahakan dinding saluran berbentuk vertikal. (lihat Gambar 3.6a).
2. Letakkan pipa pada tanah dasar pasir dengan sebagian dari dinding pipa bagian dasar tertanam pada dasar parit yang telah dibuat. (lihat Gambar 3.6b).
3. Apabila tanahnya lembek, harus ditambahkan lapisan koral dan pasir pada dasar parit dan pipa air limbah ditanam sebagian. (lihat Gambar 3.6c).



Gambar 3.6a. Potongan melintang dari sebuah saluran air limbah.



Gambar 3.6b. Potongan melintang dari sebuah saluran air limbah.

6) Daniel A. Okun, *op. cit.*, hlm. 83.



Gambar 3.6c. Potongan melintang dari sebuah saluran air limbah.

PERLENGKAPAN YANG DIPERLUKAN DALAM PEMBUANGAN AIR LIMBAH

Untuk mengalirkan air limbah dari sumbernya sampai ke tempat pengolahan diperlukan beberapa perlengkapan, agar air sampai ke tempat pengolahan secara baik dalam jumlah yang relatif tetap diperlukan perlengkapan antara lain:

1. Pipa penyaluran.
2. Sumur pemeriksaan.
3. Pusat pemompaan.
4. Peralatan pemeliharaan.

Pipa Penyaluran

Saluran pipa adalah bagian yang terpenting dan terbanyak di antara perlengkapan-perengkapan lainnya. Untuk meletakkan saluran pada umumnya tidak dapat diletakkan begitu saja akan tetapi harus memperhatikan dasar dan dinding dari pada saluran serta ukuran, bahan dan kemiringan yang ada.

Di negara yang sedang berkembang, di mana sumber bahan-bahan, peralatan serta keuangan yang terbatas maka pemilihan bahan untuk saluran yang baik haruslah memenuhi beberapa persyaratan. Adapun faktor ini meliputi:⁷⁾

1. Tersedianya bahan baku: tanah liat untuk pipa dari tanah, semen dan besi baja untuk pipa semen serta bahan plastik.

7) *Ibid.*, hlm. 72 dan 73.

2. Tersedianya perusahaan pembuat seandainya pipa ini tidak tersedia di pabriknya, maka di tempat tersebut perlu dipikirkan kemungkinan didirikannya pabrik pembuatan pipa di wilayah sekitarnya.
3. Tersedianya tenaga terampil untuk membuat pipa.
4. Harus lebih murah apabila dibandingkan dengan pengadaan barang yang sama dari luar negeri.

Adapun faktor lain yang tidak kalah pentingnya dalam memilih bahan baku yang baik meliputi:

1. Situasi lapangan yang terdiri dari keadaan topografis, kemiringan, keadaan tanah.
2. Sifat pengaliran yang ada dari pipa (daya gesek).
3. Daya tahan serta pengalaman dalam penggunaan bahan tersebut pada kondisi setempat.
4. Ketahanan terhadap asam, basa, gas, serta pelarut di mana bahan-bahan ini akan ada di dalamnya.
5. Tahan terhadap gesekan.
6. Mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan.
7. Tahan terhadap tanah yang korosif.
8. Mudah dalam pengembangannya.
9. Mudah pembuatannya.
10. Tersedia dalam segala ukuran.
11. Harganya murah serta mudah dalam penyimpanannya.

Saluran Air Hujan

Untuk mengurangi volume air yang akan dibuang dalam suatu pipa pembuangan air limbah, maka air yang berasal dari air hujan sebaiknya dipisahkan dengan saluran tertutup/pipa untuk pembuangan air limbah. Pembuangan air hujan dapat langsung dibuang ke sungai atau badan air lainnya sebagai saluran pengering.

Dinding saluran yang tegak lurus harus dibuat lebih tebal karena adanya tekanan dari sekelilingnya, sedangkan saluran yang berbentuk trapesium dindingnya dapat dibuat lebih tipis. Oleh karena itu, untuk saluran yang terbuka sering dijumpai dengan bentuk trapesium sebab akan lebih murah dalam pembuatannya. Akan tetapi terdapat kekurangan lainnya yaitu

bahwa saluran ini memerlukan tanah yang lebih luas. Mengenai dasar dan saluran dapat dibuat juga bermacam-macam, di antaranya dapat persegi panjang ataupun dengan setengah lingkaran pada bagian dalam salurannya. Antara dua pipa sambungan perlu diberikan bantalan sebagai alas agar pipa-pipa air limbah ini betul-betul merupakan garis lurus. Hal ini berlaku untuk pipa yang berbentuk persegi panjang, trapesium, atau bulat telur, sedangkan untuk pipa-pipa yang bulat tidak memerlukan bantalan. Sambungan pipa harus dibuat rapat air untuk mencegah terjadinya pencemaran pada tanah di sekelilingnya.

Saluran Pipa Air Limbah

Banyak macam bahan yang dipergunakan untuk penyaluran air limbah antara lain tanah liat, beton, asbestos semen, besi tuang serta jenis plastik dapat dipergunakan untuk saluran air limbah. Pada prakteknya pipa yang dipergunakan tidak hanya satu jenis saja, akan tetapi perlu disesuaikan dengan kebutuhan setempat.

Pipa Tanah Liat :

Pipa ini sangat tahan terhadap bahan korosif, baik dari asam maupun basa, serta tidak dirusak oleh H_2S bentuk gas serta asam sulfat pada umumnya. Saluran ini juga tahan dari gangguan erosi akan tetapi tidak tahan terhadap tekanan. Apabila saluran memerlukan penanaman, maka di bagian luar perlu diberikan pelindung untuk menjaga tertembusnya pipa oleh akar tanaman yang mempunyai akar tajam.

Ukuran pipa tanah liat ini terbatas pada pipa yang berukuran 4–36 inci, pipa ini cukup berat dan rapuh apabila dibandingkan dengan pipa-pipa lainnya. Apabila para pekerja kurang teliti dalam pemasangannya, maka pipa tidak akan bisa diletakkan dengan baik. Apabila menggunakan pipa jenis ini diharuskan untuk ditanam dan jangan dipergunakan/diletakkan di permukaan tanah begitu saja.

Pipa Beton :

Untuk ukuran pipa kecil dan sedang sampai ukuran 60 cm.

maka penggunaan pipa beton sangatlah menguntungkan. Pembuatan pipa ini biasanya dibuat oleh tenaga setempat pada lokasi yang banyak menghasilkan atau mudah mendapatkan bahan bakunya seperti pasir dan koral. Hal ini akan mengurangi biaya pengangkutan dan risiko terlalu banyaknya pekerjaan. Pipa beton dapat dibuat di setiap tempat dan dapat dipergunakan teknologi yang sederhana. Kualitas pipa beton yang baik dapat dihasilkan bila dalam pembuatannya mendapatkan perhatian yang khusus. Perbandingan adukan antara pasir, semen dan air adalah bagian yang sangat menentukan karena dari sini akan dihasilkan adukan yang membuat para pekerja dapat bekerja secara mudah dalam melakukan pencetakannya. Dari pengadukan ini pula akan menentukan rata tidaknya campuran sehingga dapat dihasilkan pipa beton yang baik.

Pipa beton apabila dibuat dengan baik sangat tahan terhadap cuaca, bahan kimia kecuali asam. Apabila keadaan air menjadi asam dapat dikelola dan dinetralsir terlebih dahulu. Akan tetapi apabila hal ini tidak mungkin, maka harus dipergunakan pipa yang lebih khusus. Pipa beton yang banyak rongganya mutunya lebih rendah dari pipa beton yang pembuatannya menggunakan baling-baling, sehingga pipa beton adukan mesin ini akan lebih baik untuk membawa air limbah karena lebih tahan dari korosi serta lebih halus dan lebih padat.

Apabila pipa yang dipergunakan berukuran besar, maka memerlukan penanaman yang lebih dalam dan harus mempergunakan pipa beton bertulang. Untuk itu memerlukan pembuatan dengan fasilitas yang lebih baik dan biayanya lebih mahal.

Pipa Asbestos Semen :

Walaupun pipa ini dapat dirusak oleh asam kurang baik untuk air limbah yang banyak, akan tetapi pipa asbestos semen adalah sangat tepat untuk tanah yang berbasa tinggi. Keadaan ini lebih baik karena biayanya juga lebih murah daya sambungnya juga baik serta daya pengaliran dan rembesan juga baik. Di samping itu pipa ini juga mudah dalam pengelolaannya, mudah memotongnya, mudah memasangnya serta ringan dalam pengangkutannya. Pipa asbestos semen dalam pembuatannya biasanya lebih panjang bila dibandingkan dengan pembuatan

pipa-pipa lainnya, sehingga memerlukan jumlah sambungan yang sedikit. Dalam pembuatannya pipa ini memerlukan bahan utama berupa asbes fiber, semen dan silika dengan menggunakan tekanan tinggi. Oleh karena itu pembuatannya memerlukan biaya yang tinggi bila dibandingkan dengan pipa beton, tanah liat, akan tetapi mudah dalam pengangkutannya. Bagi daerah yang jauh dari pabrik, pipa ini merupakan pilihan yang tepat. Selain dipergunakan untuk mengalirkan air limbah, pipa asbestos semen juga sering dipergunakan untuk mengalirkan air minum.

Mengingat akan bahaya yang ditimbulkan oleh debu asbes fiber tersebut untuk kesehatan manusia, maka perlu adanya pencegahan yang lebih dini dalam proses pembuatannya sehingga debu asbes tidak terhirup oleh pekerjaanya. Selain itu perlu dipikirkan juga kemungkinan menghirup debu asbes pada waktu pemasangannya.

Pipa Plastik :

Pipa plastik sangat cepat populer di masyarakat karena keringannya, mudah dalam pemasangannya, serta mudah dalam pembuatannya. Selain itu pipa ini juga selalu tersedia di masyarakat sehingga mempermudah dalam pengadaannya. Bagi negara yang sedang berkembang maka pipa ini sangat cocok karena biaya perawatannya cukup murah, hanya penggantinya saja yang agak mahal.

Selain hal di atas, pemakaian secara cepat dari pipa ini juga disebabkan karena pipa ini bebas dari korosi dan bebas dari guncangan, tahan terhadap asam, tahan terhadap sinar matahari, musim, kelenturan, baik dalam pengaliran, keringannya, mudah dalam pengangkutan, lebih panjang batangnya, sehingga mengurangi biaya dan jumlah sambungan pada saat pemasangan. Bagi saluran yang ada di rumah sangat mudah penyambungannya tanpa menggunakan peralatan yang khusus. Pipa ini juga dapat dipasang secara vertikal pada dinding-dinding rumah untuk pengaliran air hujan.

Besi Tuang :

Ukuran besi tuang sebesar 2-48 inci siap dipergunakan

untuk disambungkan dengan berbagai macam cara. Pipa ini mempunyai kekuatan yang tinggi dan cocok untuk ditempatkan pada daerah yang sulit. Selain itu dapat dipergunakan pada daerah yang mengalami tekanan, pada penyeberangan sungai dan sebagainya. Di samping keunggulannya, maka untuk daerah yang banyak menghasilkan limbah yang mengandung bahan-bahan korosif adalah kurang tepat karena besi tuang ini pun akan rusak apabila terkena bahan asam. Begitu juga halnya untuk daerah yang mempunyai sumber air payau, maka penggunaan pipa besi tuang adalah kurang tepat karena akan dapat mengalirkan aliran listrik yang sangat berbahaya terhadap manusia.

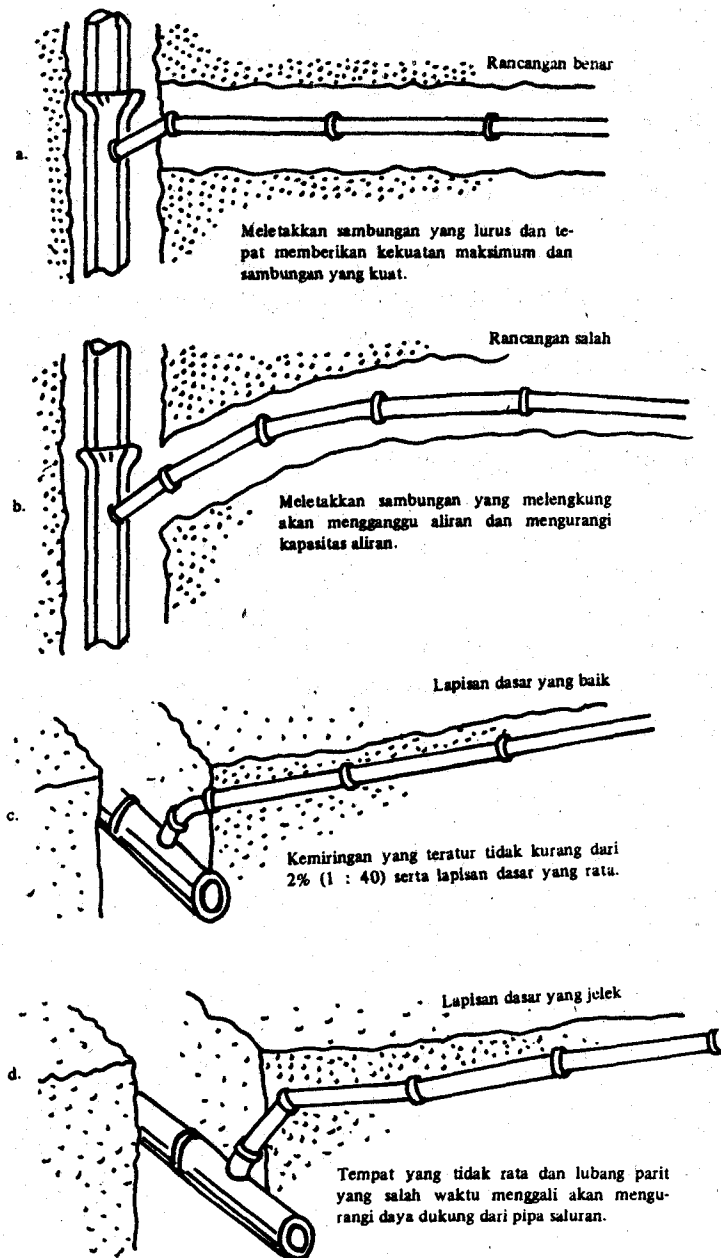
*Pipa Saluran Rumahtangga*⁸⁾

Sebelum saluran rumahtangga digabungkan dengan saluran induk, hendaknya saluran ini telah memenuhi beberapa ketentuan antara lain :

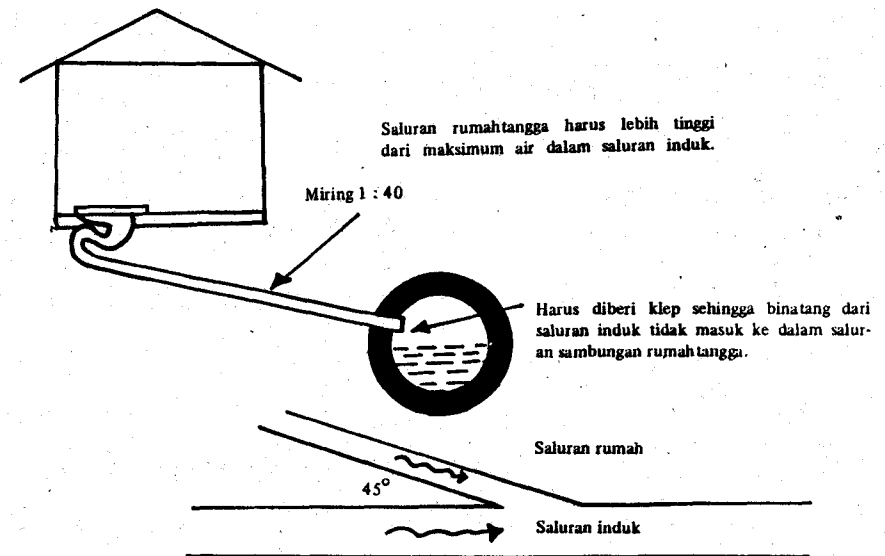
1. Kemiringan saluran sambungan dianjurkan sebesar 1 dibanding 40 dan harus dibuat sedemikian rupa sehingga jalannya air di dalam saluran tidak terganggu.
2. Air limbah yang berada di dalam saluran induk diusahakan jangan sampai masuk kembali ke dalam saluran sambungan karena akan mengganggu masuknya air yang berasal dari rumahtangga.
3. Air limbah yang berasal dari rumahtangga jangan sampai mengotori dinding bagian dalam pipa induk.
4. Pada setiap sambungan saluran air limbah rumahtangga dan pipa induk selalu dibuatkan lubang pemeriksaan. Untuk lebih jelasnya maka dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8.

Selain hal tersebut, maka sistem perpipaian pembuangan air limbah hendaknya dibuat dengan menggunakan pipa terkecil untuk mengalirkan air limbah tanpa menimbulkan penyumbatan dan mudah diperbaiki serta tidak akan mencemari sistem penyediaan air bersih yang ada. Aliran pembuangan air limbah biasanya diatur secara grafitasi dengan jalan membuat perbedaan

8) *Ibid.*, hlm. 58-63.

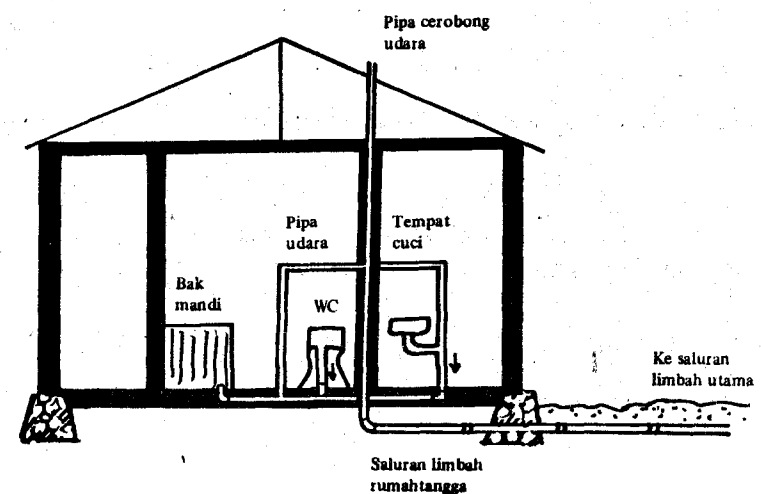


Gambar 3.7. Peletakan instalasi air limbah pada sebuah rumah.



Gambar 3.8. Potongan melintang sambungan rumah tangga.

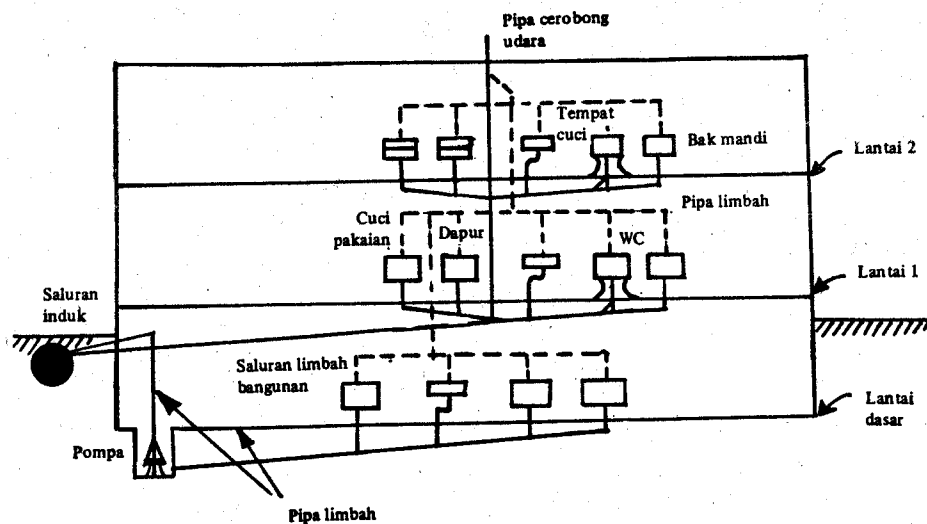
an tinggi tempat khusus pada perpipaan air limbah di dalam bangunan hendaknya dibuat kedap udara dan kedap air untuk mencegah kerusakan bangunan dan gangguan terhadap bau yang



Gambar 3.9. Cara meletakkan pipa air limbah di rumah.

ditimbulkannya. Sebagai gambaran maka berikut ini adalah contoh peletakan pipa air limbah di dalam bangunan rumah tidak bertingkat (Gambar 3.9).

Berbeda halnya dengan bangunan yang bertingkat, maka kemungkinan pengaliran air limbah kembali ke saluran air bersih perlu diperhitungkan sehingga terjadinya pencemaran tersebut dapat dihindari. Berikut ini adalah skema perpipaian air limbah pada gedung bertingkat (Gambar 3.10).



Gambar 3.10. Skema peletakan pipa air limbah pada bangunan bertingkat.

Untuk melengkapi sistem perpipaian, beberapa komponen dari sistem pembuangan air limbah biasanya dipasang pada bangunan tersebut antara lain:⁹⁾

1. WC.
2. Kamar mandi.
3. Bak mandi.
4. Tempat pencucian.
5. Dapur.

9) *Ibid.*, hlm. 59 dan 60.

6. Pancuran
7. Bak cuci piring
8. Kran air minum

Adapun ukuran dari setiap komponen itu dapat dilihat pada Tabel 3.3, termasuk di dalamnya perkiraan besarnya air limbah yang dihasilkan.

Tabel 3.3. Besarnya Ukuran dari Komponen Tetap untuk Suatu Sistem Pembuangan Air Limbah

Komponen tetap	Besarnya unit	Diameter saluran	
		(inci)	(mm)
Saluran bak mandi	2	1½ – 2	40 – 50
Kombinasi bak dan talam	3	1½	40
Kran air minum	½	1¼	30
Alat cuci piring	2	1½	40
Bak dapur	2	1½	40
Bak pencuci	1 – 2	1¼	30
Bak pencuci pakaian	2	1½	40
Pancuran	2	2	50
Bak pelayanan	2 – 3	1½ – 2	40 – 50
Saluran kencing (urinal)	4	1½ – 3	40 – 75
WC dengan tangki	4	3	75
WC dengan klep	8	3	75
Kamar mandi lengkap	6	3	75

Untuk memperkirakan banyaknya air limbah yang akan dibuang melalui komponen ini digunakan satuan unit di mana 1 unit setara dengan 7,5 galon/menit atau 0,1 liter/detik.

Sumber : Daniel A. Okun, 1975.

Selain ukuran dari setiap komponen, maka pemasangan komponen tersebut perlu disesuaikan dengan jumlah penghuni yang ada di dalam bangunan.

Penyesuaian ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan setiap penghuni bangunan sehingga tidak terjadi pemakaian yang berlebih atau kekurangan jumlah pemakai dari komponen tersebut. Berikut ini adalah tabel perkiraan kebutuhan akan komponen dengan jumlah penghuni dari suatu bangunan yang diterangkan di AS (Tabel 3.4).

Tabel 3.4. Banyaknya Komponen Tetap yang Diperlukan dalam Setiap Jenis Bangunan

Jenis bangunan	WC	Tempat kencing	Tempat cuci	Kamar mandi	Kran minum	Lain-lain
Asrama	1 bh/ 10 orang	1 bh/ 25 orang	1 bh/ 12 orang	1 bh/ 8 orang	1 bh/ 75 orang	tempat cuci 1 bh/100 orang
Rumah untuk satu atau dua keluarga	1 bh/ unit	—	1 bh/ unit	1 bh/ unit	—	dapur 1 unit per keluarga
Rumah tinggal banyak atau apartemen	1 bh/ unit	—	1 bh/ unit	1 bh/ unit	—	dapur 1 bh/unit atau 1 tem- pat cuci dobel/10 unit atau 1 mesin pencuci otomatis/ 20 unit
Industri dan bangunan umum	1 bh/ 10–20 dan perlu + 1 setiap tambah 40 orang	1 bh/ 40 orang atau 20 orang	1 bh/ 1–15 orang 16–35 : 2 36–60 : 3 61–90 : 4 91–125 : 5 tambah 1 bh/ kenaikan 45 orang	1 bh/ 15 orang	1 bh/ 75 orang	
Sekolahan	1 bh/ 40 anak	1 bh/ 30 anak	1 bh/ 50 anak	1 bh/ 5 anak	1 bh/ 100 anak/ lantai	1 bh/ bak/ lantai

Sumber : Daniel A. Okun, 1975.

Sumur Pemeriksaan

Sumur pemeriksaan sangat diperlukan agar dapat melakukan pemeriksaan pada saat-saat yang diperlukan. Penempatan sumur pemeriksaan ini berdasarkan atas pertimbangan antara

lain :

1. Di tempat-tempat di mana terdapat perubahan arah aliran saluran air limbah atau pada belokan.
2. Pada tempat di mana saluran mendapatkan tambahan aliran dari pipa lain atau pada sambungan.
3. Apabila saluran tersebut merupakan saluran yang lurus, maka lubang pemeriksaan ditempatkan pada jarak tertentu sesuai dengan besar-kecilnya pipa.

Dengan demikian lubang pemeriksaan untuk pipa lurus ditentukan oleh besar-kecilnya pipa seperti terlihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Pedoman Penempatan Sumur Pemeriksaan untuk Pipa yang Lurus

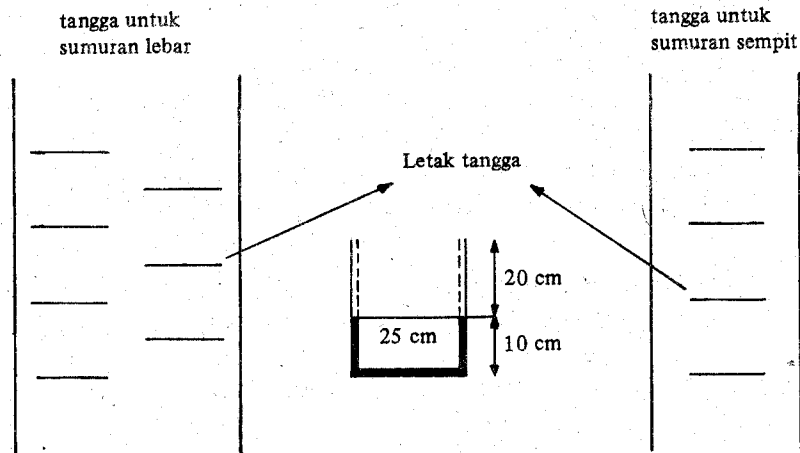
No.	Jarak antara sumuran (m)	Diameter saluran (cm)
1.	50 – 100	20 – 50
2.	101 – 125	51 – 100
3.	126 – 150	101 – 200
4.	200	lebih dari 200

Sumber: Yoseph Soemardji, 1985.

Adapun bentuk sumuran yang paling hemat adalah sumuran yang berbentuk bulat, namun demikian ada pula yang berbentuk lain seperti bujur sangkar atau empat persegi panjang. Sumur pemeriksaan¹⁰⁾ sebaiknya menggunakan konstruksi dengan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain :

1. Bagian bawah dari saluran harus cukup luas untuk keperluan melakukan pekerjaan pembungkuk, jongkok, bagi para pekerja di dalam saluran.
2. Bagian atas lubang harus cukup luas untuk masuknya seorang pekerja (minimal berukuran 60 cm).
3. Dibuatkan tangga untuk keperluan turun-naiknya ke dalam saluran dengan susunan seperti Gambar 3.11 berikut ini.

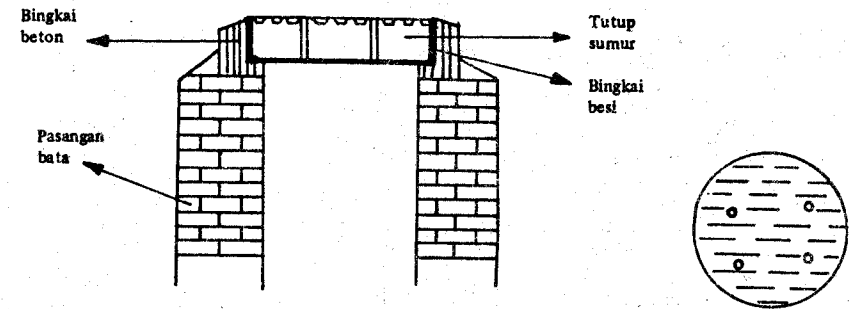
10) Yoseph Soemardji, *Pembuangan Kotoran dan Air Limbah* (Jakarta: Pusdiknakes Dep. Kes., 1985), hlm. 33.



Gambar 3.11. Cara meletakkan tangga pada sumuran pemeriksaan.

Untuk menjaga keamanan dari sumuran serta mencegah timbulnya kecelakaan dengan dibuatnya sumur pemeriksaan ini, maka perlu dilengkapi dengan tutup yang biasanya terbuat dari besi tuang tertentu, yang dibuat oleh pabrik dengan ukuran yang standar pula yaitu bisa berbentuk empat persegi panjang atau berbentuk bulat dengan diameter 60 cm. Untuk memasang tutup biasanya diperlukan sebuah atau beberapa buah bingkai untuk menjaga agar tutup tersebut dapat duduk dengan pas pada landasannya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan dan pemasangan tutup sumuran antara lain :

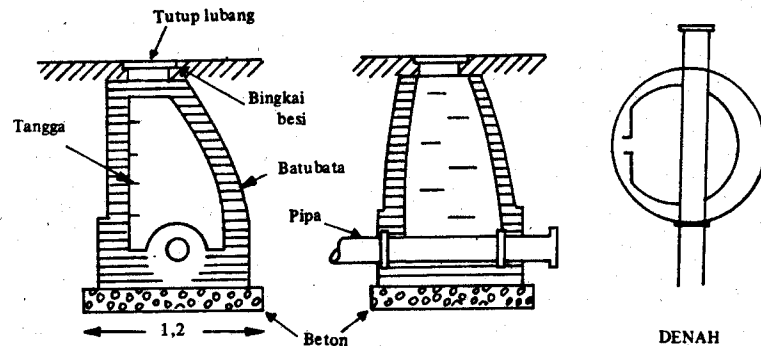
1. Tutup yang dibuat pada permukaan jalan hendaknya jangan dibuat licin untuk menjaga pejalan kaki terpeleset.
2. Hendaknya dilengkapi dengan lubang pengait untuk membuka tutup sumur tersebut.
3. Pemasangan tutup hendaknya dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dilakukan pembongkaran dan pemasangan bila terdapat perbaikan jalan. Untuk mengetahui secara mendetail konstruksi lengkap dari sebuah sumur pemeriksaan dapat dilihat pada Gambar 3.12, sedangkan gambaran mendetail tentang tutup sumur pemeriksaan dapat terlihat seperti pada Gambar 3.13.



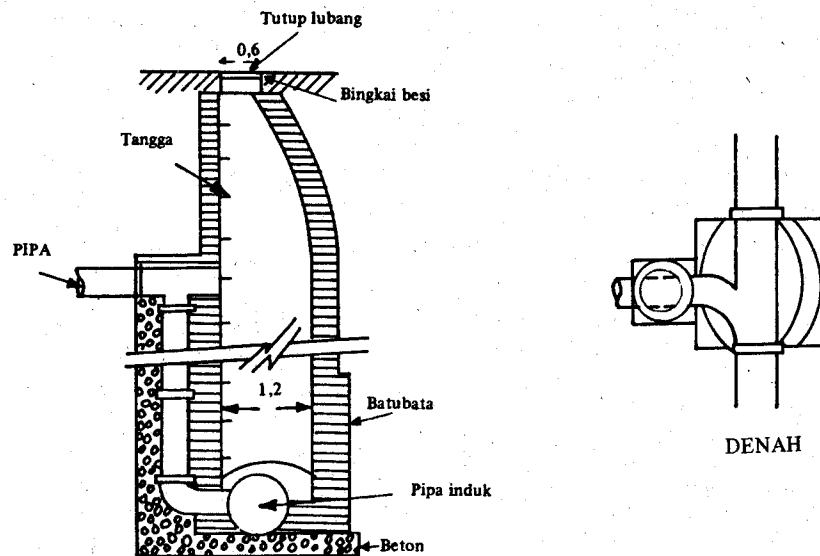
Gambar 3.12. Potongan mendetail tutup sumur

Pusat Pemompaan

Untuk mengalirkan air limbah dari suatu sumber asal air limbah ke tempat pengolahan diperlukan perbedaan tinggi atau kemiringan pipa yang tertentu agar air limbah dapat mengalir dengan lancar tanpa menimbulkan gangguan pada pipa yang dipergunakan untuk menyalurkannya. Mengingat jarak yang cukup jauh ke tempat pengolahan, maka akan memerlukan perbedaan tinggi yang cukup besar. Untuk memperoleh perbedaan tinggi seperti yang diharapkan maka salah satu cara adalah dengan jalan menanam pipa saluran air limbah lebih dalam dari penanaman sebelumnya. Dengan menggali saluran yang dalam maka akan memperbesar biaya pemasangan. Untuk itu dibangunlah suatu pusat pemompaan di mana pada tempat tersebut air limbah yang sudah berada di dalam pipa ditampung kembali ke dalam bak untuk selanjutnya dipompa kembali ke permukaan tanah. Dengan dibangunnya pusat pemompaan ini, maka penanaman pipa akan kembali menjadi lebih dangkal karena air limbah sudah berada di permukaan tanah lagi. Untuk mengangkat air limbah ini diperlukan pompa pengisap sesuai dengan ketinggian air limbah yang akan dinaikkan. Oleh karena itu, untuk suatu wilayah perkotaan perlu diketahui peta tentang letak ketinggian suatu daerah yang akan dilalui oleh pipa air limbah ini. Dari gambaran peta inilah dapat ditentukan arah pengaliran air limbah sehingga suatu wilayah tertentu dapat dibagi menjadi beberapa pusat pemompaan dan ditentukan jalur pengaliran air limbah dari setiap sumber asalnya sam-



Gambar 3.13a. Potongan melintang pada lubang pemeriksaan yang lurus



Gambar 3.13b. Potongan melintang pada lubang pemeriksaan dengan jenis persimpangan

pai ke pusat pemompaan pertama, kedua, sampai ke pusat pemompaan terakhir sebelum sampai ke tempat pengolahannya (skema perjalanan air limbah dari pusat pemompaan satu ke pusat pemompaan berikutnya dapat dilihat pada Gambar 3.14 berikut).

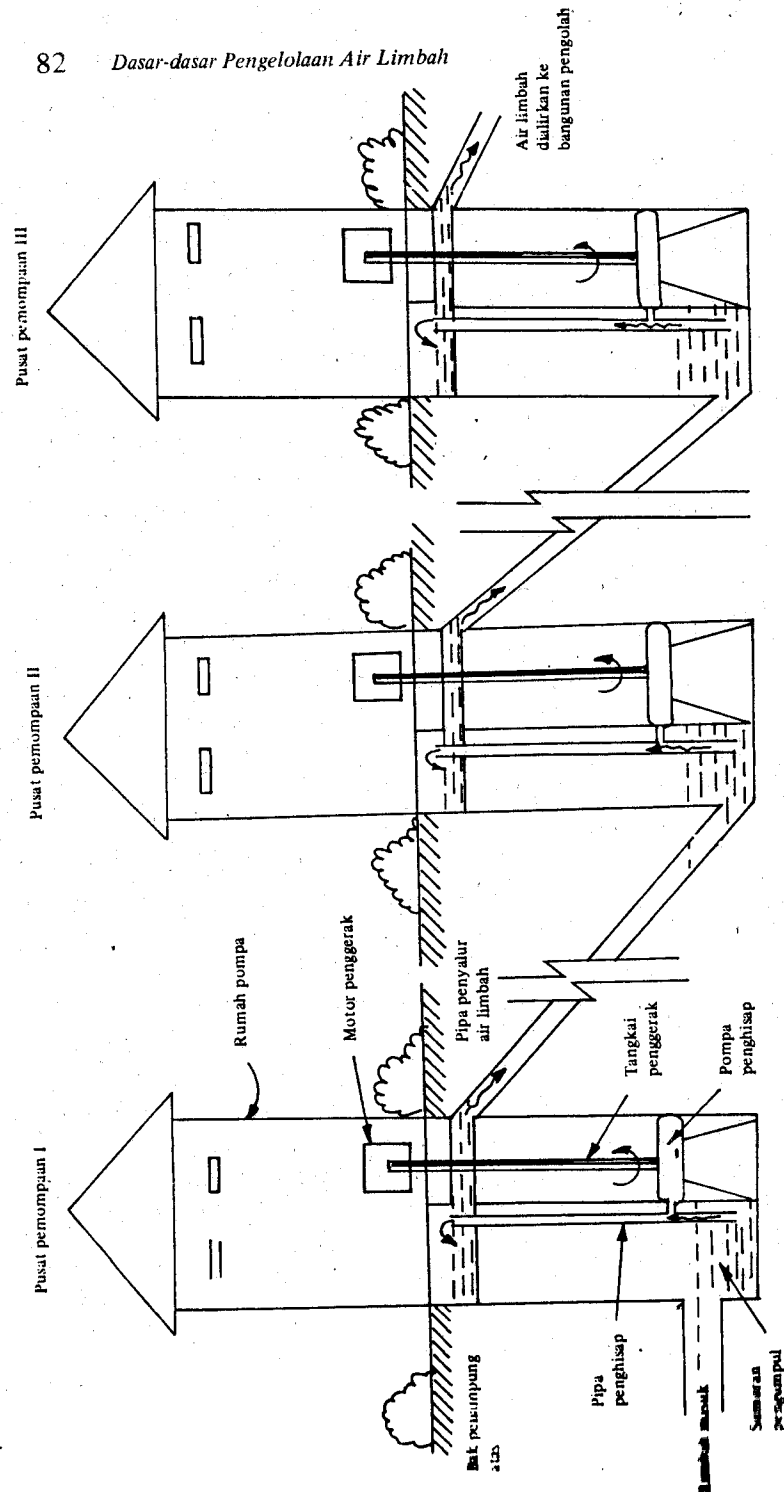
Untuk memilih pompa sesuai dengan ketinggian dan banyaknya air limbah yang akan disalurkan perlu disesuaikan dengan daya isap dan kapasitas pompa itu sendiri misalnya: Pusat pompa satu diperhitungkan untuk melayani 50.000 jiwa dengan rata-rata buangan air limbahnya 40 liter/orang/hari. Dengan demikian tugas pusat pemompaan satu adalah mengisap air limbah sebanyak $50.000 \times 40 \text{ liter} = 2.000.000 \text{ liter/hari}$.
 $= 2.000 \text{ m}^3/\text{hari}$.
 $= 833 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Dari perhitungan di atas, maka harus dipilih pompa yang kapasitas minimalnya sebesar $833 \text{ m}^3/\text{jam}$. Adapun daya isap pompa disesuaikan dengan kedalaman dari air limbah yang akan dihisap.

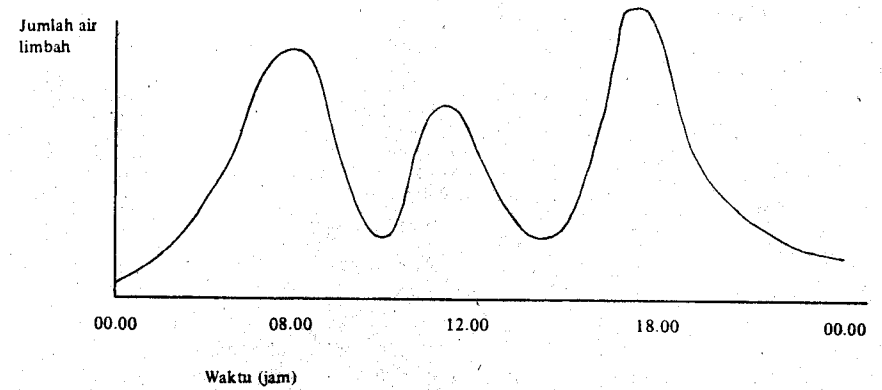
Mengingat bahwa jumlah air limbah yang akan dialirkan setiap saat adalah tidak sama sepanjang hari, maka banyaknya air limbah yang akan dipompa ke atas setiap saat juga akan berbeda. Untuk itu perlu disediakan pompa hisap dengan kapasitas yang melebihi jumlah limbah yang ada serta jumlah pompanya sendiri harus lebih dari satu buah untuk dipergunakan sebagai cadangan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya penumpukan air limbah pada jam-jam tertentu dan mencegah kalau sampai terjadi kerusakan pada pompa. Adapun banyaknya air limbah akan meningkat sesuai dengan pola aktivitas masyarakat sehari-hari.

Dengan demikian pada saat jam-jam puncak seperti jam 08.00, jam 12.00, jam 18.00, maka untuk menaikkan air limbah diperlukan pompa lebih dari satu pompa dan pada saat jam-jam yang kurang menghasilkan air limbah cukup dioperasikan oleh satu buah pompa saja dan tidak perlu bekerja secara terus-menerus.

Bekerjanya pompa diatur secara bergantian agar pompa dapat bekerja secara bergantian dan setiap pompa memperoleh kesempatan untuk istirahat. Untuk itu diatur cara sebagai



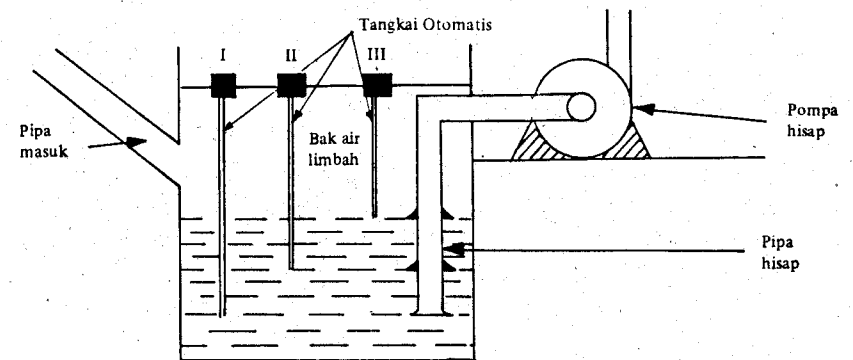
Gambar 3.14. Skema pengaliran air limbah melalui pusat pemompaan.



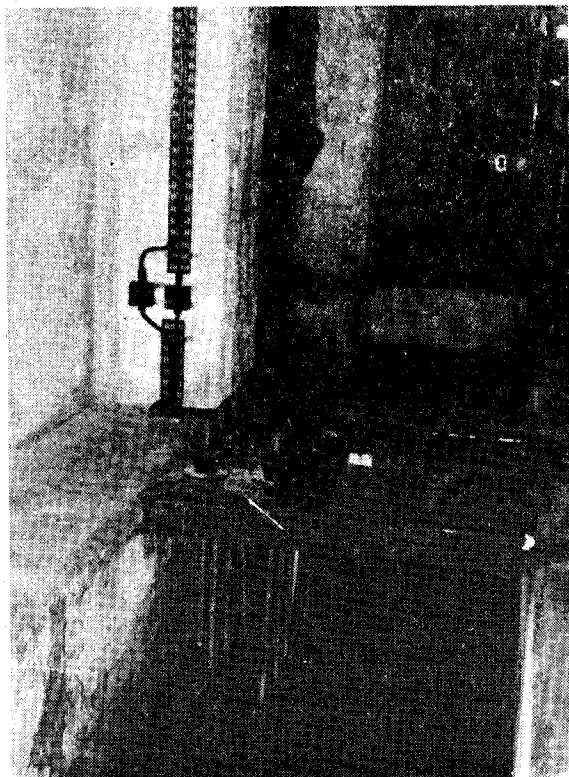
Gambar 3.15 Pola umum pembuangan air limbah setiap hari.

berikut, dengan memasang tangkai otomatis di mana pompa akan bekerja apabila tangkai tersebut terendam air. Begitu pula sebaliknya pompa akan berhenti secara otomatis apabila tangkainya sudah kembali tidak terendam air.

Kalau air limbah telah mencapai permukaan ujung tangkai otomatis pertama hanya pompa I saja yang beroperasi, tetapi apabila permukaan air telah mencapai ujung tangkai otomatis II yang beroperasi adalah pompa I dan pompa II secara

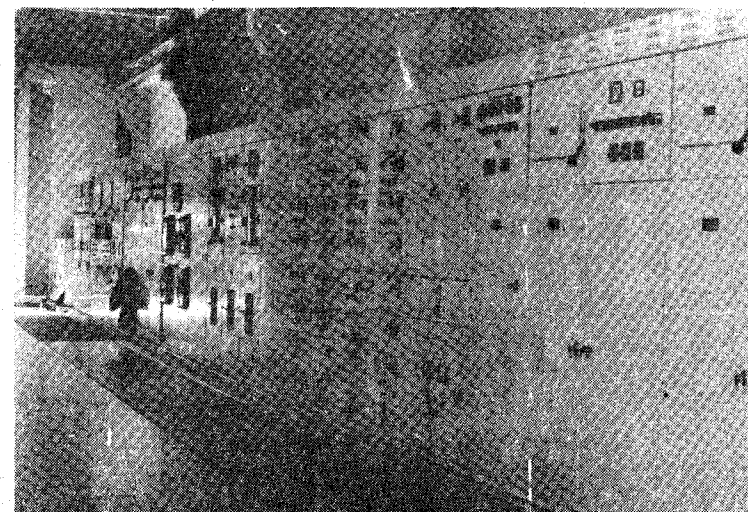


Gambar 3.16a. Cara pemasangan tongkat otomatis.

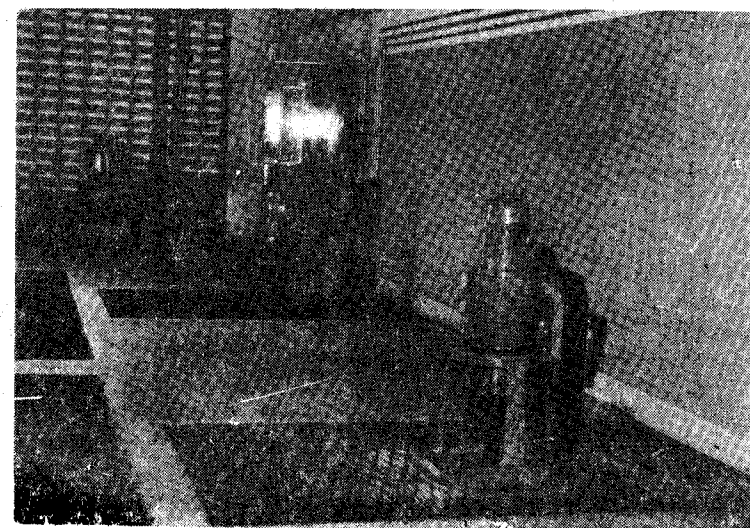


Gambar 3.17a. Foto tangkai otomatis yang berbeda di salah satu pusat pemompaan.

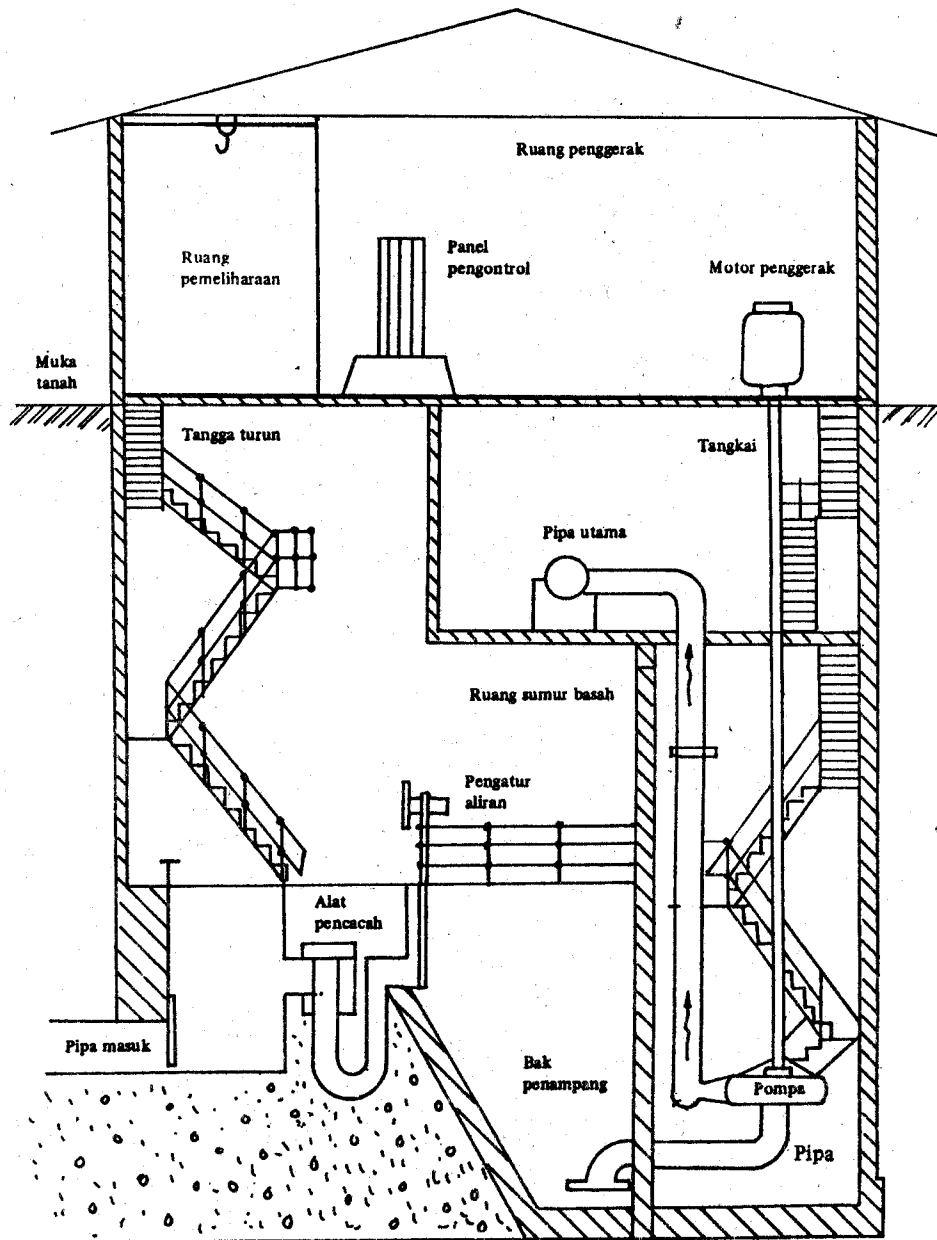
bersama-sama. Dengan demikian air limbah akan dengan cepat terhisap ke atas dan tidak terjadi penumpukan air limbah pada bak pengumpul di bawah. Apabila permukaan air limbah telah berada di bawah ujung tangkai penghisap (tangkai penghisap tidak terendam air limbah), maka secara otomatis pompa akan mati dengan sendirinya. Demikianlah secara bergantian pompa akan bekerja sesuai dengan pengaturan otomatisasinya. Di bawah ini adalah foto tentang papan panel yang mengatur proses otomatisasi dari peralatan yang ada di sebuah pusat pemompaan (Gambar 3.17b). Sedangkan Gambar 3.18 adalah potongan melintang dari sebuah pusat pemompaan.



Gambar 3.17b. Foto ruang kontrol sebuah pusat pemompaan.



Gambar 3.17c. Foto motor penggerak pompa hisap pada salah satu pusat pemompaan air limbah perkotaan di Singapura.



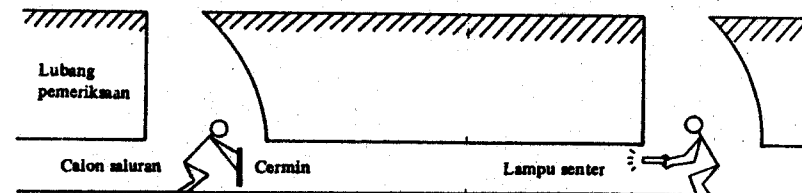
Gambar 3.18. Penampang melintang pusat pemompaan.

Peralatan Pemeliharaan

Apabila dalam pengolahan air limbah dipergunakan saluran terbuka, maka pemeliharaan saluran tidaklah begitu merepotkan bila dibandingkan dengan menggunakan saluran tertutup. Untuk mempertinggi kemampuan dan daya tahan saluran serta kelancaran pengalirannya maka pemeliharaan saluran memegang peranan yang sangat penting. Yang dimaksudkan dengan pemeliharaan di sini adalah pengawasan sejak dari pembuatan saluran sampai kepada pengawasan pada saat saluran tersebut dimanfaatkan.

Sebelum saluran dipergunakan sebagai sarana penyaluran air limbah, maka perlu dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu apakah saluran itu sudah layak untuk dipergunakan ataukah belum. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat pemeriksaan antara lain :

1. Apakah kemiringan saluran sudah sesuai dengan miring yang diharapkan atau sesuai dengan gambar perencanaan, untuk itu dipergunakan peralatan teodolit.
2. Apakah kelengkapan saluran sudah dibuat dengan baik atau belum, misalnya lubang pemeriksaan, sambungan, pipa.
3. Apakah saluran sudah dalam keadaan bersih tanpa ada sumbatan. Untuk itu dipergunakan cermin dan lampu senter dari lubang pemeriksaan yang satu ke lubang pemeriksaan berikutnya.



Gambar 3.19. Cara memeriksa kebersihan saluran sebelum dipergunakan.

Setelah hal-hal tersebut sudah dilakukan pemeriksaan oleh petugas dan dinyatakan dalam keadaan baik, maka saluran air limbah baru bisa dipergunakan sebagai saluran pembawa air limbah. Hal ini dimaksudkan agar setiap bangunan atau saluran

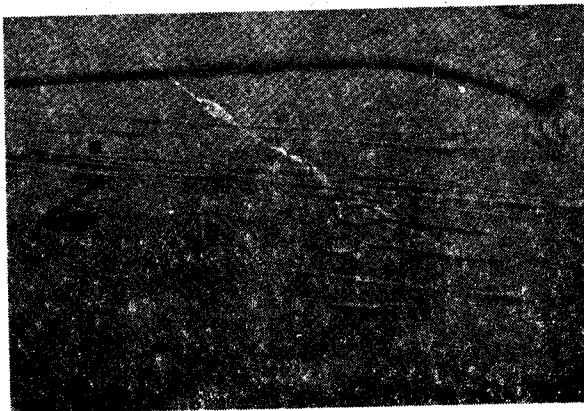
tambahan harus menyesuaikan dengan saluran yang sudah ada sebelumnya terutama dalam hal kemiringannya agar tidak terjadi kemacetan pengaliran air limbah mengingat air limbah ini akan mengalir sendiri secara gravitasi.

Setelah saluran tersebut dimanfaatkan, maka pemeliharaan secara rutin dari saluran ini perlu dilaksanakan untuk mencegah terjadinya pembuntuan atau kerusakan saluran. Untuk mengatasi hambatan ini dibentuklah kelompok tugas antara lain :

1. Kelompok penanggulangan sumbatan pertama (*choke team*).
2. Kelompok pendorong sumbatan (*scooter bucket*).
3. Kelompok kendaraan pembersih keliling (*mobile cleaner*).
4. Kelompok pengambil pasir (*bucket machine*).
5. Kelompok pemeriksaan dengan menggunakan CCTV (*Circuit Closed Television*).

Kelompok Penanggulangan Sumbatan Pertama (Choke Team)

Kelompok ini bertugas untuk mengatasi sumbatan saluran pada tingkat pertama dengan menggunakan peralatan yang sangat sederhana misalnya tangkai besi, pengait, penggaruk serta tambang kawat baja seperti terlihat pada Gambar 3.20.

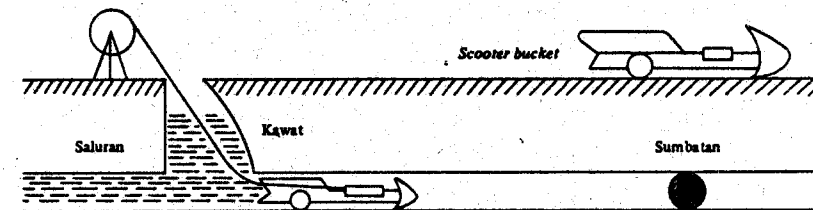


Gambar 3.20. Foto peralatan kelompok tugas *choke team*.

Kelompok Pendorong Sumbatan (Scooter Bucket)

Adalah kelompok tugas yang menggunakan peralatan pendorong sumbatan dengan menggunakan kekuatan daya dorong dari air limbah itu sendiri.

Adapun prinsip kerja alat ini adalah dengan memasukkan alat tersebut ke dalam saluran. Pada ujung *scooter bucket* ini dipasang klep yang besarnya disesuaikan dengan besarnya saluran yang akan dimasukinya, sehingga dengan masuknya peralatan ini, saluran akan mengalami jalan buntu. Dengan terbuntunya saluran, maka air limbah akan tertahan dan akan mendorong alat tersebut menuju ke arah sumbatan dan terus mendorong sumbatan dengan menggunakan daya dorong dari tekanan air limbah itu sendiri.

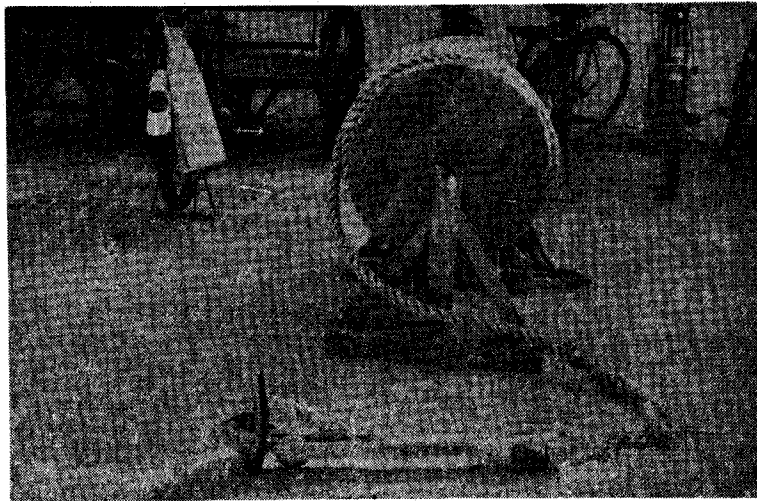


Gambar 3.21. Cara menggunakan *scooter bucket* untuk mendorong sumbatan.

Kelompok Kendaraan Pembersih Keliling (Mobile Cleaner)

Adalah satu unit kendaraan yang dilengkapi dengan tangki air, alat penyemprot dengan kekuatan cukup tinggi sampai mencapai 2.000 psi. Air semprotan ini dihubungkan dengan pipa atau selang yang ujungnya terdapat *nozzle* dengan lubang air yang menghadap ke depan dan ke samping. Apabila air disemprotkan, maka *nozzle* akan terdorong ke depan dan selang akan bergerak maju sambil menyemprotkan air keluar. Pancaran air ke samping akan membersihkan saluran, sedangkan pancaran ke depan akan menghancurkan sumbatan yang berada di depannya. Unit pembersih ini dapat dipergunakan searah dengan arah aliran atau dimasukkan dari arah berlawanan arah aliran, sedangkan yang sering dipergunakan adalah cara yang kedua. Untuk

mengukur besar-kecilnya tekanan dapat diatur melalui alat pengatur yang ada di dalam kendaraan. Hal ini sangat penting mengingat tekanan semprotan yang terlalu besar akan dapat merusak dinding pipa, terutama pipa yang sudah tua masa pakainya. *Mobile cleaner* ini baru dipergunakan apabila *choke team* dan *scooter bucket* sudah tidak mampu lagi mengatasinya.



Gambar 3.22. Foto alat pendorong sumbatan (*scooter bucket*).

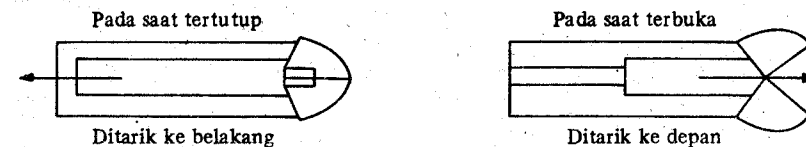
Kelompok Pengambil Pasir (*Bucket Machine*)

Adalah sekelompok petugas yang bertugas untuk mengambil pasir yang terdapat di dalam saluran untuk mencegah terjadinya pembuntuan dengan jalan mempergunakan *bucket machine*. Alat ini merupakan sebuah tabung yang pada bagian depan dan belakangnya diikat dengan tali. Adapun bentuk alat tersebut adalah seperti Gambar 3.23 berikut.

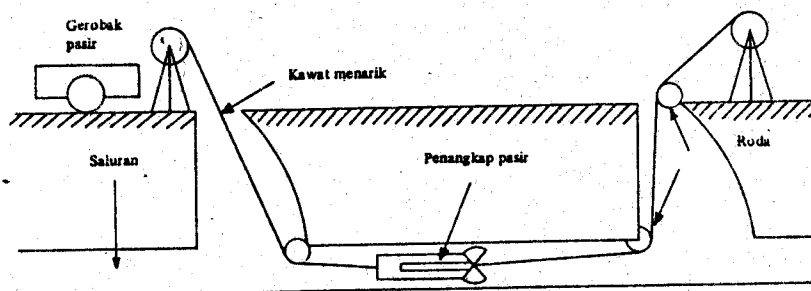
Adapun cara kerja alat ini dengan cara memasukkan ke dalam saluran dan dihubungkan dengan kawat baja yang dapat ditarik dari depan dan dari belakang. Apabila alat ini ditarik ke depan maka tutup depan akan membuka. Dengan membukanya tutup ini, endapan yang ada di depannya akan masuk ke dalam tabung, sedangkan jika ditarik ke belakang maka tutup



Gambar 3.23. Foto sebuah *bucket machine* pada saat selesai dipergunakan mengambil pasir.



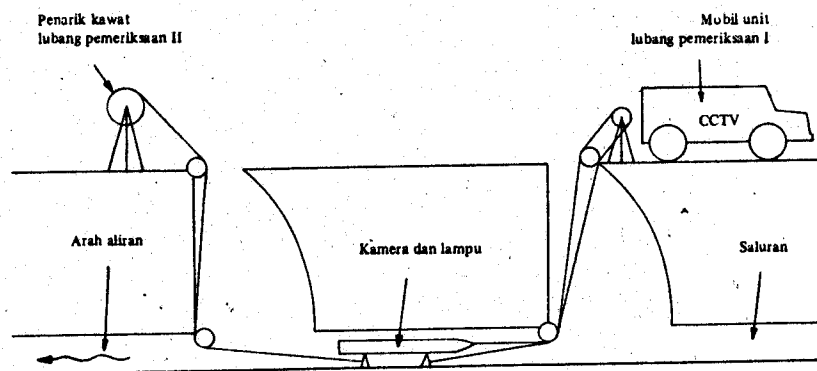
depan akan menutup, sehingga endapan yang sudah berada di dalam tabung tidak bisa keluar lagi sampai alat ini diangkat keluar saluran. Setelah berada di luar saluran, maka pasir atau lumpur yang terambil dapat dikeluarkan dengan cara menarik kawat yang ada ke depan sehingga tutup terbuka dan pasir dapat dikeluarkan untuk ditampung pada gerobak yang telah disediakan. Demikian seterusnya alat ini keluar-masuk saluran untuk mengambil pasir yang ada di dalam saluran air limbah.



Gambar 3.24. Cara mengambil pasir atau endapan di dalam saluran.

Kelompok Pemeriksaan dengan Menggunakan CCTV

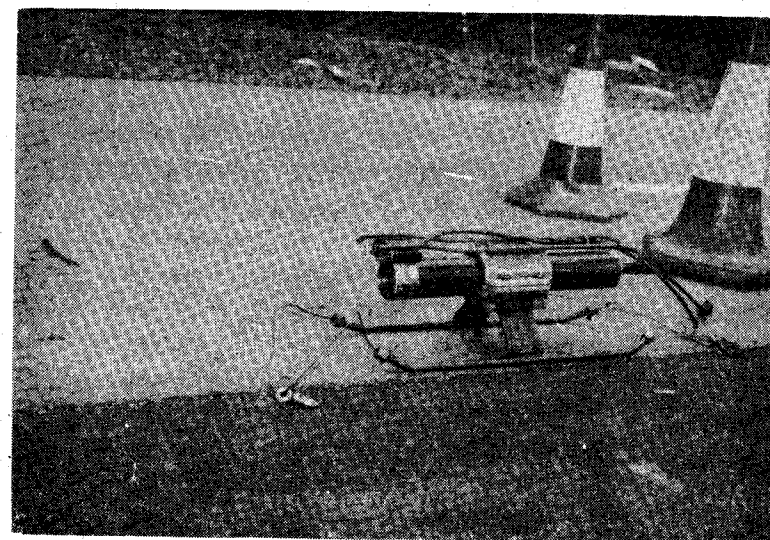
Adalah sekelompok petugas yang mempergunakan peralatan satu unit kendaraan yang dilengkapi dengan kamera TV, video, pembangkit tenaga, handi talki, serta peralatan kecil lainnya untuk melihat secara langsung keadaan saluran air limbah yang ada. Adapun cara kerja peralatan adalah sebagai berikut. Pada mulanya diturunkan pelampung ke dalam lubang pemeriksaan I dan pelampung akan diambil pada lubang pemeriksaan II setelah terbawa aliran air limbah. Setelah itu ujung pelampung ini diikat dengan kawat baja dan ditarik kembali ke lubang pemeriksaan I. Setelah kawat baja berada pada lubang I kembali, maka ujung kawat baja diikatkan pada tangkai



Gambar 3.25a. Cara pemeriksaan saluran air limbah dengan menggunakan CCTV.



Gambar 3.25b. Foto mobil unit CCTV dengan perlengkapannya sedang mempersiapkan pemeriksaan saluran.



Gambar 3.25c. Foto kamera yang dipergunakan untuk memeriksa saluran air limbah pada mobil unit CCTV.

kamera yang telah dihubungkan dengan layar TV yang berada di dalam mobil lengkap dengan alat perekam gambar serta alat pengukur waktu dan jarak perjalanan kamera nantinya. Dengan demikian apabila pada suatu titik terdapat atau terlihat adanya kerusakan dari saluran akan dapat diketahui secara pasti titik tersebut.

Jadi, kegunaan CCTV ini untuk mengetahui keadaan sebenarnya dari saluran dan kalau terdapat kerusakan dapat diketahui dengan tepat letak kerusakan tersebut. Dengan demikian akan memudahkan melakukan pembongkaran pada saat akan melakukan perbaikan. Selain hal itu, maka dengan peralatan ini dapat dipergunakan untuk memonitor kondisi saluran air limbah yang sudah dipergunakan sekian lama dengan tanpa mengganggu keadaan saluran itu sendiri, sehingga pengaliran air limbah tidak mengalami gangguan. Dengan tersedianya alat perekam gambar maka dapat dibandingkan juga kondisi saluran dari waktu ke waktu.

4

Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar bahan tersebut di atas dapat dikurangi. Berikut ini adalah beberapa kegiatan yang biasanya dipergunakan pada pengolahan air limbah berikut tujuan dari kegiatan yang dilaksanakan.

Jenis kegiatan	Tujuan pengolahan
1. Penyaringan	1. Untuk menghilangkan zat padat.
2. Perajangan	2. Memotong benda yang berada di dalam air limbah.
3. Bak penangkap pasir	3. Menghilangkan pasir dan korral.
4. Bak penangkap lemak	4. Memisahkan benda terapung.
5. Tangki ekualisasi	5. Melunakkan air limbah.
6. Netralisasi	6. Menetralkan asam atau basa.
7. Pengendapan/pengapungan	7. Menghilangkan benda tercampur.
8. Reaktor lumpur aktif/aerasi	8. Menghilangkan bahan organik.
9. Karbon aktif	9. Menghilangkan bau, benda yang tidak dapat diuraikan.

- | | |
|-------------------------------|--|
| 10. Pengendapan kimiawi | 10. Untuk mengendapkan fosfat. |
| 11. Nitrifikasi/denitrifikasi | 11. Menghilangkan nitrat secara biologis. |
| 12. Air stripping | 12. Menghilangkan amoniak. |
| 13. Pertukaran ion | 13. Menghilangkan jenis zat tertentu. |
| 14. Saringan pasir | 14. Menghilangkan partikel padat yang lebih kecil. |
| 15. Osmosis/elektrodialisis | 15. Menghilangkan zat terlarut. |
| 16. Desinfeksi | 16. Membunuh mikroorganisme. |

Kegiatan di atas dalam prakteknya tidak semua dipergunakan karena disesuaikan dengan kebutuhannya. Adapun secara garis besar kegiatan pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi 6 (enam) bagian antara lain :

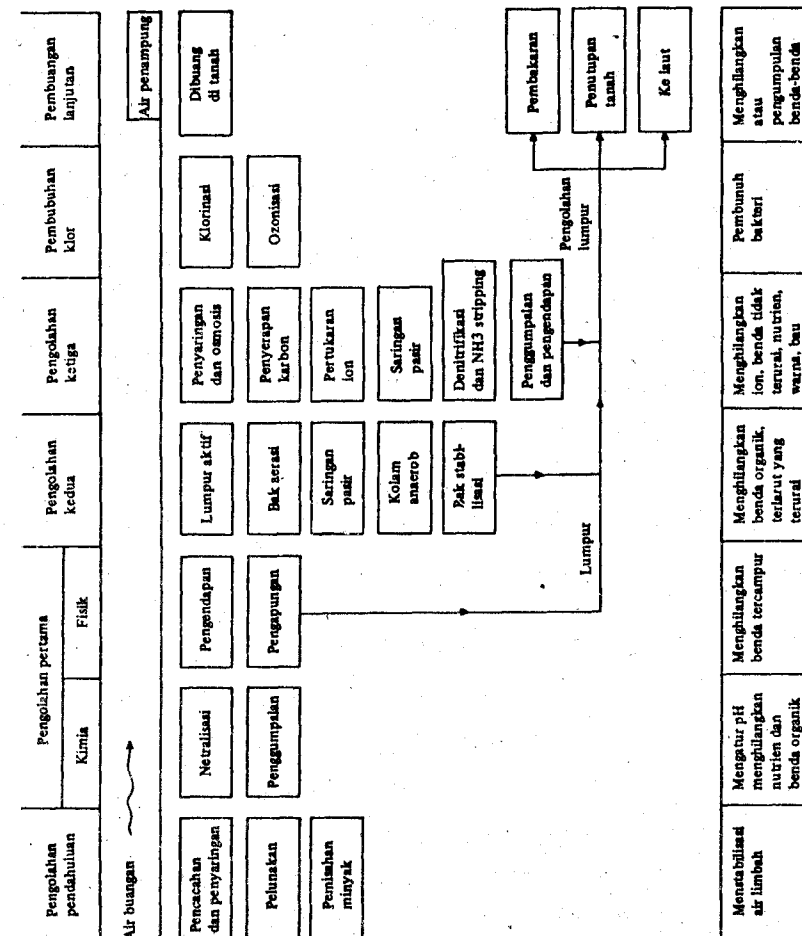
1. Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*)
2. Pengolahan pertama (*primary treatment*)
3. Pengolahan kedua (*secondary treatment*)
4. Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*)
5. Pembunuhan kuman (*desinfeksi*)
6. Pembuangan lanjutan (*ultimate disposal*).

Dari setiap fase di atas terdapat beberapa jenis pengolahan yang dapat diterapkan.¹⁾ Dari beberapa jenis itu maka akan dipilih salah satu yang diperkirakan memberikan manfaat yang terbaik (Gambar 4.1). Selain itu, perlu diketahui juga bahwa untuk mengolah air limbah tidaklah harus selalu mengikuti tahap-tahap yang ada di atas, akan tetapi perlu diadakan penyesuaian dengan kebutuhan yang ada. Dengan demikian setiap unit bangunan pengolah air limbah akan berbeda-beda teknik yang dipergunakan dan tidak semua tahap perlu dilalui.

PENGOLAHAN PENDAHULUAN (*PRE TREATMENT*)

Sebelum mengalami proses pengolahan perlu kiranya dilakukan pembersihan-pembersihan agar mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya. Adapun kegiatan tersebut berupa pengambilan benda terapung dan pengambilan benda yang mengendap seperti pasir.

1) Donald W. Sundstrom, *op. cit.*, hlm. 30.



Gambar 4.1. Beberapa alternatif pilihan pengolahan air limbah untuk setiap fase pengolahan.

Pengambilan Benda Terapung

Tahap awal dari pengolahan air limbah adalah menghilangkan zat padat yang kasar. Pada umumnya proses tersebut dengan jalan melewatkan air limbah melalui para-para atau saringan kasar untuk menghilangkan benda yang besar. Apabila rak dan saringan kasar tidak dipergunakan, maka dapat juga dipergunakan alat pencacah (*comminutor*) untuk memotong zat padat yang terdapat di dalam air limbah kemudian tanpa mengambilnya dari dalam aliran tersebut.

Rak/Para-para

Rak jeruji dapat dibersihkan dengan tangan maupun secara mekanis. Oleh karena itu terdapat 2 jenis rak seperti terlihat pada Tabel 4.1.²⁾

Tabel 4.1. Jenis Rak/Para-para yang Dibersihkan Secara Mekanis maupun dengan Tangan

Bagian-bagiannya	Pembersihan dengan tangan	Pembersihan mekanis
Ukuran jeruji		
lebar (mm)	5 – 15	5 – 15
dalam (mm)	25 – 75	25 – 75
Jarak bersih antara jeruji	25 – 50	15 – 75
Kemiringan dari atas	30 – 45	0 – 30
Kecepatan yang diharapkan	0,3 – 0,6	0,6 – 1
Kehilangan tekanan	150	150

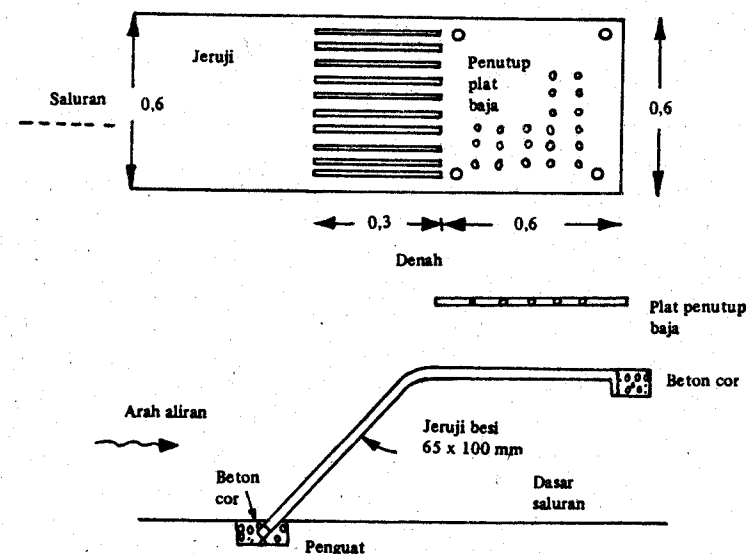
Sumber: MetCalf dan Eddy, 1979.

Para-para yang Dibersihkan dengan Tangan³⁾

Para-para batangan yang dibersihkan dengan tangan biasanya diletakkan di atas, sebelum aliran air limbah mencapai pusat pemompaan. Selain itu juga diletakkan pada aliran sebelum bangunan pengolah air limbah. Karena dibersihkan secara manual maka kelemahan cara ini adalah harus tersedia tenaga

2) n Eddy, *op. cit.*, hlm. 314.
3) 315.

khusus untuk mengawasi apakah rak tersebut sudah penuh dengan kotoran yang menyangkut atau belum. Dengan demikian apabila tenaga manusia sangat sulit didapat, maka terdapat kecenderungan untuk menggantinya secara mekanis atau bahkan menggantinya dengan *comminutor*. Jeruji yang dipergunakan biasanya berukuran lebar 10 mm dan tebal 50 mm dengan panjang jeruji sepanjang-panjangnya adalah sepanjang jangkauan manusia. Untuk menjaga saringan ini biasanya di atas jeruji dipasang pelat baja yang berlubang.



Gambar 4.2. Para-para yang dibersihkan dengan tangan.

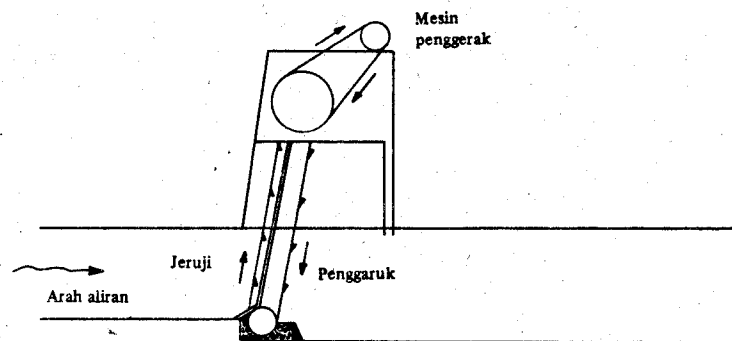
Untuk menjaga agar hasil penyaringan dapat terkumpul secara baik kecepatan aliran hendaknya diperlambat. Untuk maksud tersebut, maka harus dibuat dasar saluran yang datar dan bertambah lebar pada daerah penyaringannya.

Para-para yang Dibersihkan dengan Cara Mekanis⁴⁾

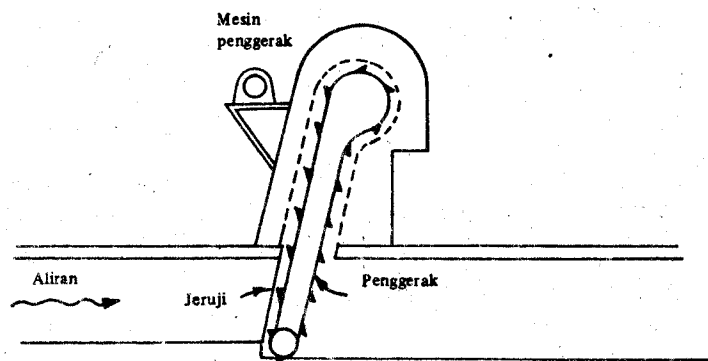
Para-para dengan pembersihan secara mekanis dapat diper-

4) *Ibid.*, hlm. 317.

oleh dari beberapa pabrik. Adapun gambar teknisnya harus disesuaikan dengan keadaan saluran, kedalaman serta jarak antara jeruji serta pengawasannya. Begitu juga halnya dengan cara manakah yang dipilih dalam membersihkannya, apakah menggunakan cara pembersihan dari depan atau dari belakang. Pada tipe pembersih dari depan, maka penggaruk diletakkan di depan dari jeruji dan berputar secara mekanis oleh alat penggerak dengan tangan-tangan robot sehingga arah gerakan berasal dari bawah jeruji menuju atas.



Gambar 4.3a. Para-para yang dibersihkan secara mekanis dengan tipe pembersihan dari depan dan kembali ke belakang.



Gambar 4.3b. Para-para yang dibersihkan secara mekanis dengan tipe pembersihan dari belakang dan kembali ke belakang.

Pada tipe pembersihan dari belakang, maka penggaruk diletakkan di belakang dari jeruji rak dan mengangkat ke atas dengan membawa kotoran yang menyangkut di dinding jeruji.

Pengambilan Benda Mengendap (Pasir)

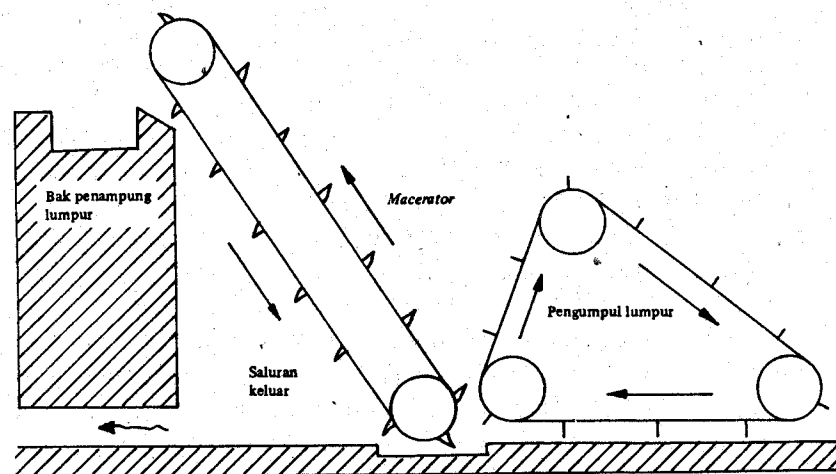
Bak penangkap pasir direncanakan untuk menghilangkan kerikil halus yang berupa pasir, koral atau zat padat berat lainnya yang mengalami penurunan kecepatan, atau mempunyai gaya berat lebih besar dari zat organik yang dapat membusuk di dalam air limbah. Tergolong dalam kerikil halus seperti kulit telur, potongan tulang, biji-bijian dan zat organik besar seperti sisa makanan. Bak pengendap pasir disediakan untuk mencegah terjadinya kerusakan alat akibat pengikisan dan terganggunya saluran, untuk mengurangi terjadinya endapan pada pipa penyalur dan sambungan serta mengurangi frekuensi pembersihan pada tangki pencernaan sebagai akibat terjadinya tumpukan pasir.

Pengurangan pasir biasanya diletakkan di atas pompa sentrifugal atau di atas pompa tekan, selain itu juga diletakkan sebelum air limbah memasuki bangunan pengolahan. Untuk mempermudah dan meringankan dalam operasionalnya, maka pemakaian *comminutor* lebih baik karena akan mengurangi kerja pompa penyedot pasir.

Bak penangkap pasir dengan aliran horizontal merupakan cara pengendapan dengan mengatur kecepatan aliran. Dengan adanya bak ini kecepatan aliran diatur berkisar 0,3 m/detik dan partikel yang halus dapat mengendap di sekitar saluran keluar bak penangkap ini. Pada umumnya bak ini direncanakan untuk mengendapkan semua butiran, dan butiran yang biasanya ditangkap adalah yang berdiameter antara 0,15–0,21 mm. Panjang bak dipengaruhi oleh kedalaman yang ada serta kecepatan, sedangkan lebar bak ditentukan oleh rata-rata aliran dan banyaknya bak yang dibuat. Pembuatan bak ini akan lebih baik apabila dibuat aliran yang memutar pada daerah pemasukan dan daerah keluar.

Untuk mengangkut pasir yang telah mengendap di dasar bak dapat dipergunakan alat penyedot pasir (*grit dragger*). Selain itu dapat dipergunakan juga alat pengangkut pasir yang

dikenal sebagai *Macerator*. Alat ini berfungsi untuk mengumpulkan pasir yang mengendap di dasar bak ke satu tempat dengan menggunakan penggaruk. Setelah pasir terkumpul pada satu tempat tersendiri, maka dengan menggunakan alat tangga berjalan maka pasir dibawa ke atas untuk dibuang⁵⁾. Untuk lebih jelas tentang cara bekerjanya alat tersebut maka dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4. Potongan melintang bak pengambil pasir/lumpur.

PENGOLAHAN PERTAMA (*PRIMARY TREATMENT*)

Kalau di dalam pengolahan pendahuluan bertujuan untuk mensortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, memisahkan lemak, maka pada pengolahan pertama bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Pengendapan adalah kegiatan utama pada tahap ini dan pengendapan yang dihasilkan terjadi karena adanya kondisi yang sangat tenang. Bahan kimia dapat juga ditambahkan untuk menetralkan keadaan atau meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur. Dengan adanya

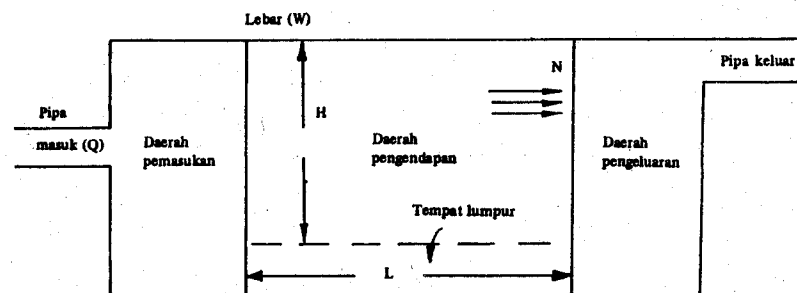
5) Asean Training Award, *Training on Sewage Treatment Work* (Singapore: Unpublished, 1984).

pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan oksigen pada pengolahan biologis berikutnya dan pengendapan yang terjadi adalah pengendapan secara grafitasi.

Apabila tujuan utama pengoperasian untuk menghasilkan hasil buangan ke sungai dengan sedikit partikel zat tercampur maka peralatan yang dipergunakan dikenal sebagai *Clarifier*, sedangkan apabila penekanannya menghasilkan partikel padat yang jernih maka dikenal dengan *Thickener*. Kedua peralatan ini biasanya dipergunakan setelah air limbah melewati reaktor biologis.

Bak Pengendapan Ideal⁶⁾

Pengendapan di sini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil endapan yang optimal melalui pengaturan besar kecilnya bak yang akan dibangun. Dengan demikian, air limbah yang ada akan meninggalkan bak tersebut setelah berhasil mengendapkan partikel kandungannya, dengan demikian bak tidak terlalu besar ataupun terlalu kecil. Untuk membangun bak yang dimaksud secara skematis dibagi menjadi 3 bagian :



Gambar 4.5. Denah bak pengendap ideal berbentuk persegi panjang.

Daerah Pemasukan

Pada daerah ini diharapkan air limbah dapat disebarkan secara merata sejenis sehingga pada setiap titik konsentrasi campuran dan besarnya partikel adalah sama.

6) Donald W. Sundstrom, *op. cit.*, hlm. 191 dan 192.

Daerah Pengendapan

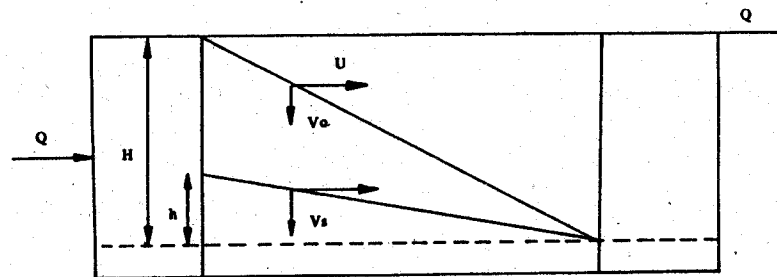
Pada daerah ini diharapkan partikel mengendap dengan kecepatan yang sama. Aliran yang ada di daerah ini dibuat secara horisontal bergerak dengan kecepatan aliran yang sama dan konstan pada setiap titik, sehingga memungkinkan partikel bergerak secara horisontal dengan arah ke bawah sebagai akibat adanya gaya gravitasi.

Daerah Pengeluaran

Air yang telah dijernihkan dikumpulkan secara serempak melalui saluran yang ada di atas. Endapan dikumpulkan pada daerah pengendapan di dasar tangki pengendapan dan diharapkan seluruh partikel mencapai daerah lumpur secara terus-menerus.

Agar semua endapan dapat mengendap pada areal pengendapan, maka kecepatan aliran air limbah harus diselaraskan dengan kecepatan endapan sesuai dengan kedalaman dari bak pengendap tersebut. Dengan demikian kecepatan endapan dan kecepatan aliran partikel minimal harus sama dalam mencapai dasar bak dan mencapai daerah pengeluaran, untuk itu dapat diikuti perhitungan berikut ini.

Partikel dengan kecepatan pengendapan kurang dari V_o akan mengendap sebagian sedangkan partikel dengan kecepatan pengendapan V_s akan mencapai daerah pengendapan apabila berada pada kedalaman h , sedangkan apabila kecepatannya



Gambar 4.6. Skema garis edar pengendapan pada bak empat persegi panjang.

kurang dari V_s dan ketinggian melebihi dari h maka partikel tersebut tidak mengendap pada daerah pengendapan. Dengan demikian fungsi pengendapan partikel dengan kecepatan V_s adalah :

$$f_x = \frac{h}{H}$$

Pada setiap kedalaman akan mempengaruhi kecepatan pengendapan dan waktu tinggal, sehingga :

$$f_x = \frac{V_s \cdot t_o}{V_o \cdot t_o} = \frac{V_s}{V_o}$$

Sedangkan waktu tinggal untuk melewati bak adalah :

$$t_o = \frac{L}{u}$$

Dengan demikian kecepatan V_o dapat dihubungkan dengan aliran dan luas areal :

$$V_o = \frac{H}{t_o} = \frac{H \cdot u}{L} = \frac{H \cdot u \cdot W}{L \cdot W} = \frac{Q}{A}$$

di mana: Q = Jumlah seluruh aliran air limbah (debit).

A = Luas permukaan bak.

Jadi pada pemisahan partikel dengan kecepatan pengendapan V_s akan dapat dihilangkan dari bak yang ideal sebagai berikut:

$$f_x = \frac{V_s}{V_o} = \frac{V_s}{Q/A}$$

Selaras dengan hal di atas apabila dipergunakan bak yang berbentuk lingkaran seperti pada Gambar 4.7, maka komponen yang horisontal selaras dengan jari-jari lingkaran.

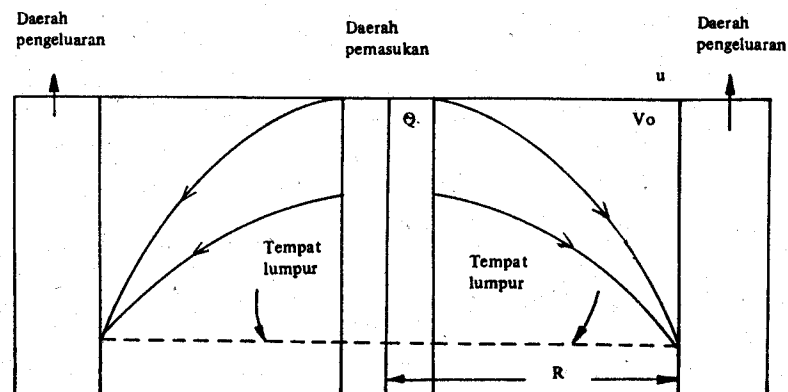
$$u = \frac{Q}{2 \pi r H}$$

di mana: u = Kecepatan aliran.

Q = Debit air limbah.

H = Kedalaman bak.

Untuk menjadikan bahan pertimbangan yang lebih nyata serta angka pembanding hasil perhitungan, maka di bawah ini



Gambar 4.7. Skema garis edar pengendapan pada bak pengendapan berbentuk bulat.

adalah tabel tentang waktu pengendapan dan besarnya partikel yang baik agar semua partikel tersebut dapat dihilangkan secara menyeluruh.⁷⁾

Tabel 4.2. Hubungan Antara Waktu Pengendapan dengan Sisa Partikel yang Tidak Mengendap

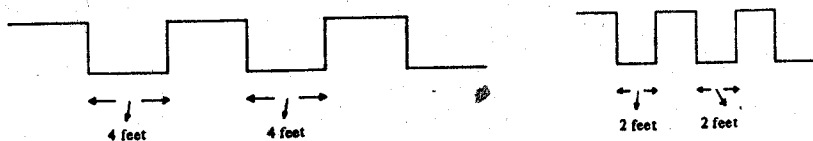
Waktu pengendapan (menit)	Banyaknya partikel sisa (%)
5	0,96
10	0,81
15	0,62
20	0,46
30	0,23
60	0,06

Setelah pembangunan konstruksi bak yang direncanakan untuk mengendapkan partikel tersebut dilaksanakan, maka masih terdapat beberapa hal lain yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Tempat pipa masuk hendaknya dibuat jangan sampai mengganggu air limbah yang ada di dalam bak sewaktu air limbah

7) *Ibid.*, hlm. 194.

itu dibuatlah lekukan (*weir*) sebanyak 24 buah dengan panjang 4 feet dan 2 buah dengan panjang 2 feet.



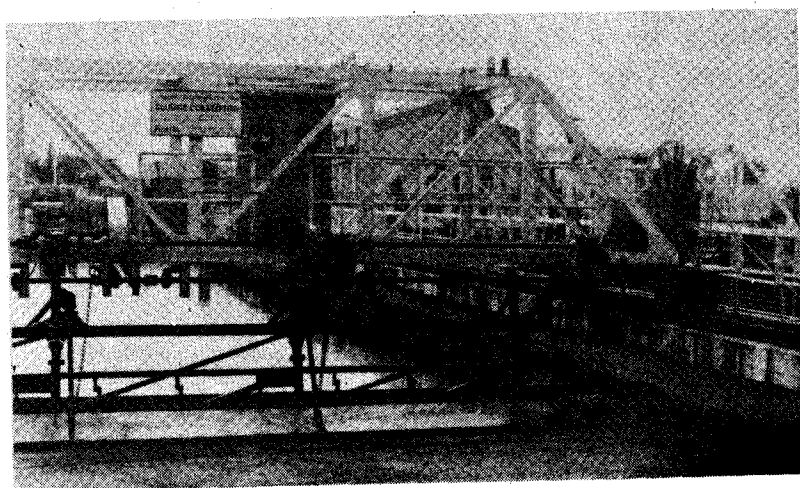
Dengan membuat lekukan yang akan dilalui oleh air limbah mencapai panjang 100 feet, maka diharapkan muatan air limbah pada bak pengolahan pertama akan berjalan baik.

Menghitung *surface settling rate*.

$$\text{Luas areal pengendapan bak} = 24 \times 70 \text{ feet} = 1.680 \text{ feet}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Surface settling rate} &= \frac{1.000.000 \text{ galon/hari}}{1.680 \text{ feet persegi}} \\ &= 595 \text{ galon/feet}^2/\text{hari}. \end{aligned}$$

Dengan demikian angka ini masih di bawah angka optimal sebesar 600 galon/feet/hari, sehingga bak menahan beban lebih kecil dari yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, bak tersebut tergolong pada bak yang telah memenuhi syarat dan disebut sebagai bak yang baik untuk pengendapan.



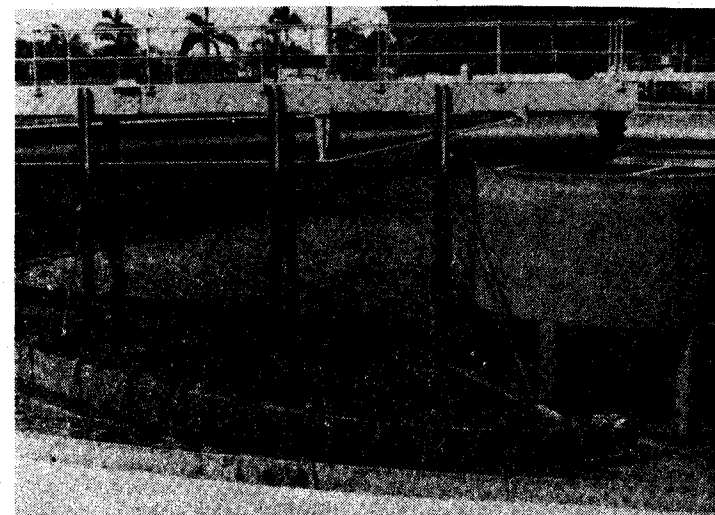
Gambar 4.8a. Foto bak pengolahan pertama berbentuk empat persegi panjang.

Menghitung waktu tinggal.

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 24 \times 70 \times 7 \text{ feet} = 11.760 \text{ feet}^3. \\ &= 11.760 \times 7,5 \text{ galon} \\ &= 88.200 \text{ galon}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit air limbah} &= 1.000.000 \text{ galon/hari} \\ &= 41.666 \text{ galon/jam}. \end{aligned}$$

Dengan demikian volume bak dapat menampung air limbah sebanyak 83.333 galon setiap 2 jam. Volume air limbah sebanyak ini masih lebih kecil bila dibandingkan dengan volume bak itu sendiri, oleh karena itu, air limbah yang masuk ke dalam bak diberi kesempatan untuk lebih lama dari 2 jam karena volume bak masih dapat menampung air limbah lebih banyak lagi setelah waktu 2 jam. Adapun konstruksi lebih lengkap dari bak tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8b.



Gambar 4.8b. Foto bak pengendapan pertama berbentuk bulat dalam keadaan kosong.

Dari gambar di atas terlihat adanya alat pengumpul lumpur yang berada di dasar bak berikut lantai dasar yang miring ke dalam untuk mengumpulkan lumpur yang mengendap.

Pengentalan dan Pengapungan

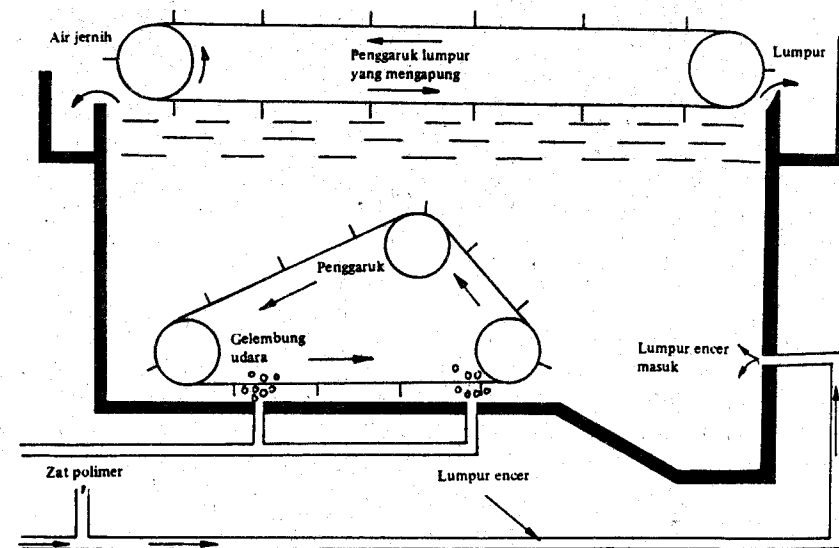
Untuk mengambil zat-zat yang tercampur selain dengan cara pengendapan dapat juga dipergunakan cara pengapungan dengan menggunakan gelembung gas guna meningkatkan daya apung campuran. Dengan adanya gas ini membuat larutan menjadi kecil sehingga campuran akan mengapung. Pembentukan gelembung udara dapat dicapai melalui beberapa cara, antara lain dengan cara menyemprotkan udara ke dalam larutan atau dengan cara memasukkan campuran air limbah ke dalam tabung tertutup kemudian udara dalam tabung tersebut dikeluarkan. Akibat adanya pengeluaran udara ini, maka tekanan di atas air limbah akan lebih kecil dari 1 atmosfer sehingga udara yang terlarut di dalam air limbah akan keluar dan mengangkat benda-benda tercampur.

Adapun besarnya gelembung udara yang dipergunakan sebesar 30–120 mikron. Proses pengapungan ini biasanya dipergunakan untuk mengentalkan endapan yang dihasilkan dari pengendapan pertama, kemudian lumpur hasil pengentalan sebagian besar langsung dialirkan ke pengolahan lumpur (dimasukkan ke dalam tangki digester), sebagian lagi akan dipergunakan sebagai lumpur aktif (*activated sludge*).

Udara yang dimasukkan ke dalam air limbah diatur dalam bentuk gelembung kecil melalui pipa yang diletakkan di bawah bak, sedangkan air buangan dimasukkan pada ujung bak yang berlawanan dengan arah pengumpulan lumpur yang telah mengapung. Jadi air limbah mengalir dari kanan ke kiri sedangkan pengambilan lumpurnya dengan arah sebaliknya. Sebelum air limbah tersebut dimasukkan ke dalam bak pengentalan, maka sebelumnya telah dicampur terlebih dahulu dengan bahan kimia tambahan yang berfungsi untuk membuat proses penggumpalan menjadi lebih cepat dari biasanya (sebagai bahan koagulan) misalnya polimer. Untuk keperluan ini biasanya dipergunakan polimer sebanyak 6 kg bubuk untuk mengendapkan lumpur encer sebanyak 1 ton. Untuk mendapatkan ukuran tersebut, maka bubuk polimer harus dicampur dengan air terlebih dahulu baru kemudian diatur antara keluarnya air polimer ini dengan besarnya aliran endapan encer dari lumpur tersebut. Pada bagian atas dari *flotation unit* ini akan terbentuk skim yang akan di-

ambil secara mekanis dengan menggerakkan rantai yang dilengkapi dengan penggaruk.

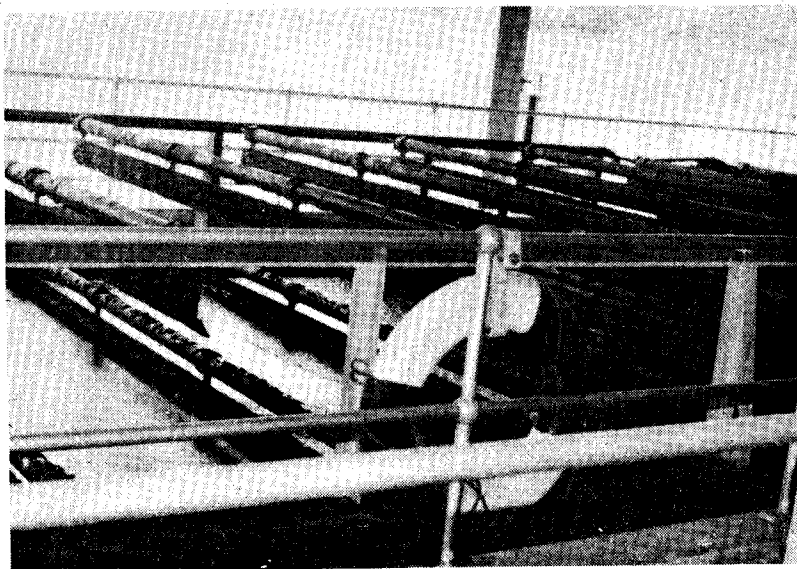
Skim yang terdorong ke atas akan dibawa ke tempat penampungan yang ada di sebelah kanan, sedangkan air yang relatif jernih akan bergerak ke arah kiri. Apabila ada kepingan lumpur lain yang tidak ikut mengapung maka akan diambil oleh penggaruk yang ada di bawah. Lumpur yang ada di bawah ini untuk selanjutnya akan disedot untuk dipompakan ke tempat pengolahan lumpur yang telah tersedia.



Gambar 4.9. Potongan memanjang bak pengentalan.

Biasanya pembangunan bak ini diletakkan pada daerah yang beratap untuk mencegah adanya pengenceran yang diakibatkan adanya hujan. Berikut ini adalah foto tentang bangunan bak pengentalan (*thickener*) yang ada di Jurong Sewage Treatment Work Singapura. (Gambar 4.10).

Untuk mengetahui lebih terperinci perhitungan pembubuhan polimer dapat diikuti perhitungan di bawah ini. Tentukan terlebih dahulu debit lumpur, misalnya 20 liter detik.

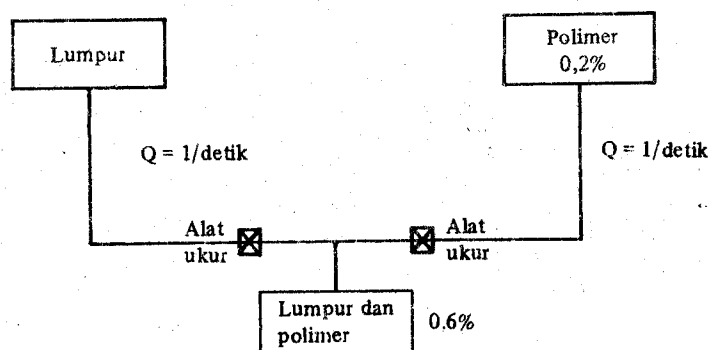


Gambar 4.10. Foto sebuah bangunan pengentalan.

Analisis kadar lumpur di laboratorium, misalnya 3%.

Buatlah polimer encer dengan konsentrasi 0,2% yang berarti bahwa cairan tersebut mengandung 2 mg/l.

Hasil campuran lumpur dan polimer diharapkan sebesar 0,6% atau 6 kg polimer untuk 1 ton lumpur.



Untuk menghitung debit aliran polimer dipergunakan pak-tokan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Q \text{ lumpur} \times \% \text{ lumpur} \times \% \text{ yang diharapkan} \times 1.000 \text{ gr}}{\text{konsentrasi polimer}} \\
 &= \frac{20 \text{ l/detik} \times 3/100 \times 0,6/100 \times 1.000 \text{ gr}}{2 \text{ gram/l}} \\
 &= \frac{20 \text{ l/detik} \times 3/100 \times 6}{2/\text{liter}} = \frac{20 \text{ l/detik} \times 18/100}{2/\text{liter}} \\
 &= \frac{20 \text{ liter}}{\text{detik}} \times \frac{18}{100} \times \frac{\text{liter}}{2} \\
 &= \frac{18 \text{ liter}}{10 \text{ detik}} \\
 &= \underline{\underline{1,8 \text{ liter/detik}}}
 \end{aligned}$$

Jadi debit polimer 0,2% yang dialirkan adalah sebesar 1,81/de-tik.

PENGOLAHAN KEDUA (SECONDARY TREATMENT)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran jenis kotoran yang ada dan sebagainya. Reaktor pengolah lumpur aktif dan saringan penjernihan biasanya dipergunakan dalam tahap ini. Pada proses penggunaan lumpur aktif (*activated sludge*), maka air limbah yang telah lama ditambahkan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat. Lumpur aktif tersebut dikenal sebagai MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*). Terdapat dua hal yang penting dalam proses biologis ini antara lain :

1. Proses penambahan oksigen.⁸⁾
2. Proses pertumbuhan bakteri.

8) *Ibid.*, hlm. 42.

Proses Penambahan Oksigen (Aerasi)

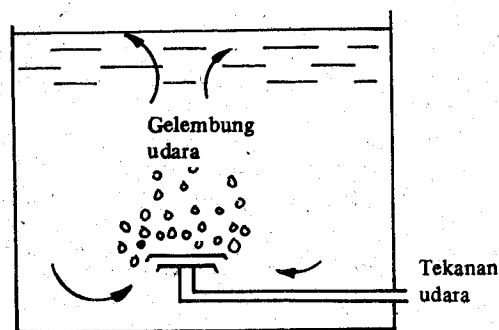
Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air limbah merupakan tujuan pengolahan air limbah. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan samasekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur.

Pada prakteknya terdapat 2 cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air limbah yaitu:

1. Memasukkan udara ke dalam air limbah.
2. Memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen.

Memasukkan Udara ke dalam Air Limbah

Adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni ke dalam air limbah melalui benda porous atau *nozzle*.

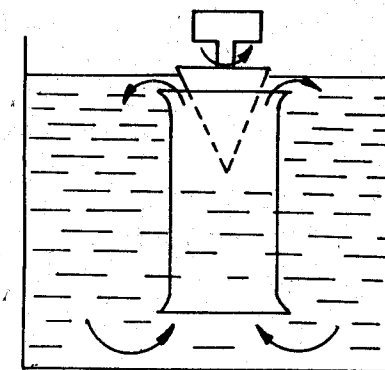


Gambar 4.11a. Aerasi dengan memasukkan udara ke dalam air limbah.

Apabila *nozzle* diletakkan di tengah-tengah, maka akan meningkatkan kecepatan berkontakannya gelembung udara tersebut dengan air limbah, sehingga proses pemberian oksigen akan berjalan lebih cepat. Oleh karena itu, biasanya *nozzle* ini diletakkan pada dasar bak aerasi. Udara yang dimasukkan adalah berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam air limbah oleh pompa tekan.

Memaksa Air ke Atas untuk Berkontak dengan Oksigen

Adalah cara mengontakkan air limbah dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah. Akibat dari pemutaran ini, air limbah akan terangkat ke atas dan dengan terangkatnya maka air limbah akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya. Pengalaman menunjukkan bahwa 43–123 m³ udara diperlukan untuk menguraikan 1 kg BOD atau bila menggunakan aerator mekanis diperlukan 0,7–0,9 kg oksigen/jam untuk dimasukkan ke dalam lumpur aktif.



Gambar 4.11b. Aerasi dengan menggunakan baling-baling.

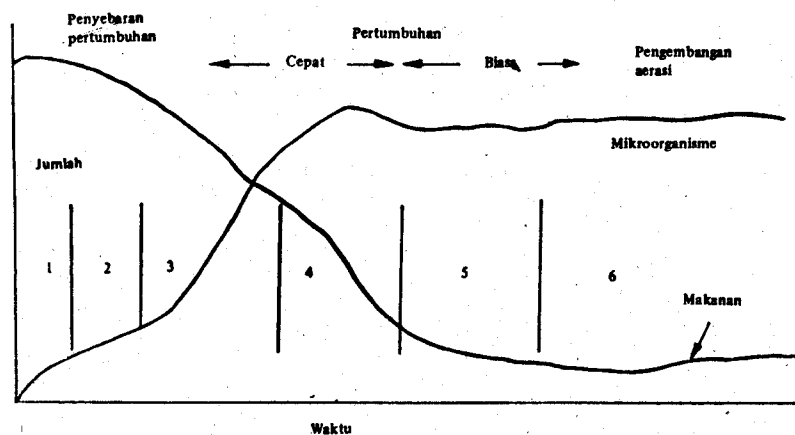
Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor⁹⁾

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam air limbah. Oleh karena itu, diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri itu sendiri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan. Pada permulaannya bakteri berbiak secara konstan dan agak lambat pertumbuhannya karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut, keadaan ini dikenal sebagai *lag phase*. Setelah beberapa jam berjalan maka bakteri mulai tumbuh berlipat ganda dan fase ini dikenal sebagai fase akselerasi (*acceleration phase*).

9) *Ibid.*, hlm. 83.

Setelah tahap ini berakhir maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya. Pertumbuhan yang dengan cepat setelah fase kedua ini disebut sebagai *log phase*. Selama *log phase* diperlukan banyak persediaan makanan, sehingga pada suatu saat terdapat pertemuan antara pertumbuhan bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung di dalamnya. Apabila tahap ini berjarak terus, maka akan terjadi keadaan di mana jumlah bakteri dan makanan tidak seimbang dan keadaan ini kita sebut sebagai *declining growth phase*. Pada akhirnya makanan akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga tercapai suatu keadaan di mana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh mulai berimbang yang dikenal sebagai *statinary phase*.

Setelah jumlah makanan habis dipergunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhannya maka keadaan ini disebut *endogeneous phase* dan pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan ATP untuk pernafasannya sampai ATP habis yang kemudian akan mati.



Gambar 4.12. Kurva pertumbuhan bakteri pada bak reaktor.

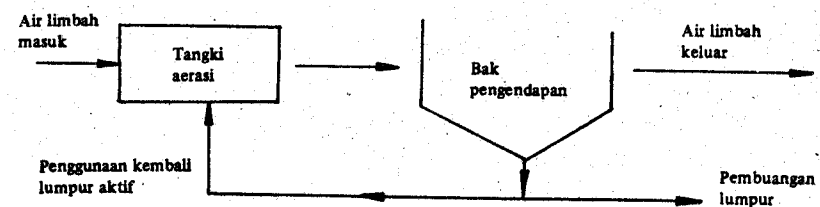
Keterangan :

- 1 = *Lag phase*.
- 2 = *Acceleration phase*.
- 3 = *Log phase*.

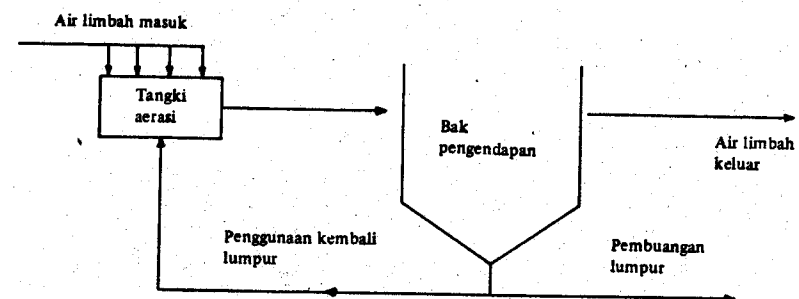
- 4 = *Declining growth phase*.
- 5 = *Stationary phase*.
- 6 = *Endogeneous phase*.

Dengan melihat fase pertumbuhan, maka dalam pertumbuhannya perlu adanya penambahan bahan makanan dari lumpur yang baru, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan dan pengolahan air limbah dapat terus berlangsung. Untuk lebih jelasnya, maka pertumbuhan bakteri pada bak reaktor dapat kita lihat pada Gambar 4.12.

Dengan demikian penambahan kembali bahan lumpur yang telah banyak mengandung makanan dan bakteri sangat diperlukan. Lumpur yang biasanya dipergunakan untuk penambahan makanan ini disebut lumpur aktif (*activated sludge*), di mana pemberiannya dilakukan sebelum memasuki bak aerasi dengan mengambil lumpur dari bak pengendapan kedua atau dari bak pengendapan terakhir (*final sedimentation tank*).



Gambar 4.12a. Penggunaan *aktivited sludge konventional*.



Gambar 4.12b. Penggunaan *aktivited sludge* dan mengontakkan dengan udara (aerasi).

Untuk mendapatkan hasil yang baik pada proses pengolahan kedua ini perlu diperhatikan beberapa pertimbangan antara lain :

1. Banyaknya udara yang diberikan setiap m^3 air limbah adalah sebanyak 8–10 m^3 .
2. Sebaiknya air limbah berada pada tangki aerasi adalah selama 6–8 jam.
3. Banyaknya udara yang harus disediakan dibandingkan dengan derajat pengotoran air limbah yang ada adalah sebesar 40–80 m^3 udara untuk setiap kg BOD. Untuk itu dipergunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{\text{Banyaknya udara dalam } \text{m}^3/\text{hari}}{\text{BOD dari air limbah} \times \text{Vol. limbah/hari (m}^3\text{)}}$$

Dari perhitungan rumus tersebut harus menghasilkan angka antara 40–80 $\text{m}^3/\text{kg BOD}$.

4. *Cell residence time* dari lumpur adalah sebesar 8 (delapan) hari. Untuk menghitung besarnya *cell residence time* (CRT) dipergunakan patokan :

$$\text{CRT} = \frac{\text{MLSS mg/l} \times \text{Vol. tangki aerasi (liter)}}{\text{Wasting rate l/detik} \times \text{RAS mg/l.}}$$

= Harus mencapai minimal 8 hari.

di mana: MLSS = dalam satuan mg/l.

Vol. tangki aerasi dalam satuan liter.

Wasting rate = Banyaknya lumpur yang dibuang dari bak aerasi dalam liter/detik.

RAS = Kadar lumpur yang dikembalikan ke dalam tangki aerasi dalam mg/liter.

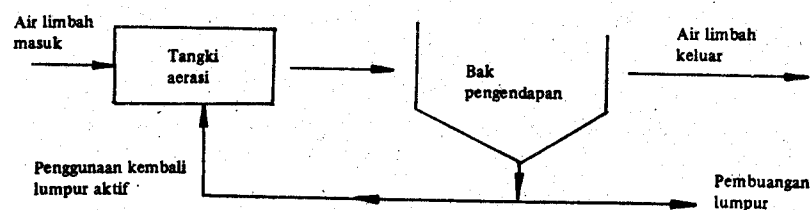
5. F/M rasio yaitu perbandingan antara makanan dan mikroorganisme sebesar 0,2–0,3 kg BOD/kg bakteri. Untuk itu dipergunakan rumus :

$$\frac{F}{M} = \frac{\text{BOD Limbah} \times \text{debit limbah/hari (m}^3\text{)}}{\text{MLSS} \times \text{Vol. tangki aerasi (meter kubik)}}$$

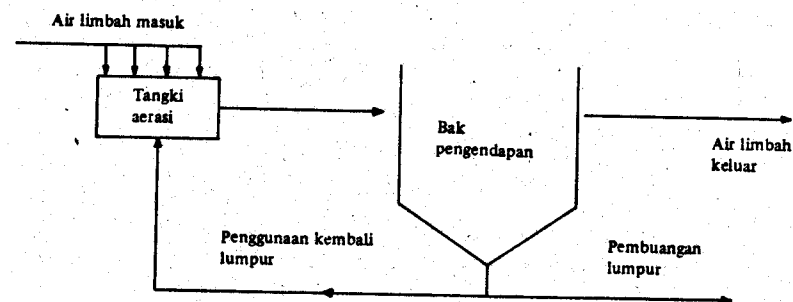
= Harus menghasilkan angka 0,2–0,3.

Dengan melihat fase pertumbuhan, maka dalam pertumbuhannya perlu adanya penambahan bahan makanan dari lumpur yang baru, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan dan pengolahan air limbah dapat terus berlangsung. Untuk lebih jelasnya, maka pertumbuhan bakteri pada bak reaktor dapat kita lihat pada Gambar 4.12.

Dengan demikian penambahan kembali bahan lumpur yang telah banyak mengandung makanan dan bakteri sangat diperlukan. Lumpur yang biasanya dipergunakan untuk penambahan makanan ini disebut lumpur aktif (*activated sludge*), di mana pemberiannya dilakukan sebelum memasuki bak aerasi dengan mengambil lumpur dari bak pengendapan kedua atau dari bak pengendapan terakhir (*final sedimentation tank*).



Gambar 4.12a. Penggunaan *activated sludge* konvensional.



Gambar 4.12b. Penggunaan *activated sludge* dan mengontakkan dengan udara (aerasi).

Untuk mendapatkan hasil yang baik pada proses pengolahan kedua ini perlu diperhatikan beberapa pertimbangan antara lain :

1. Banyaknya udara yang diberikan setiap m^3 air limbah adalah sebanyak 8–10 m^3 .
2. Sebaiknya air limbah berada pada tangki aerasi adalah selama 6–8 jam.
3. Banyaknya udara yang harus disediakan dibandingkan dengan derajat pengotoran air limbah yang ada adalah sebesar 40–80 m^3 udara untuk setiap kg BOD. Untuk itu dipergunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{\text{Banyaknya udara dalam } m^3/\text{hari}}{\text{BOD dari air limbah} \times \text{Vol. limbah/hari } (m^3)}$$

Dari perhitungan rumus tersebut harus menghasilkan angka antara 40–80 $m^3/\text{kg BOD}$.

4. *Cell residence time* dari lumpur adalah sebesar 8 (delapan) hari. Untuk menghitung besarnya *cell residence time* (CRT) dipergunakan patokan :

$$\text{CRT} = \frac{\text{MLSS mg/l} \times \text{Vol. tangki aerasi (liter)}}{\text{Wasting rate l/detik} \times \text{RAS mg/l.}}$$

= Harus mencapai minimal 8 hari.

di mana: MLSS = dalam satuan mg/l.

Vol. tangki aerasi dalam satuan liter.

Wasting rate = Banyaknya lumpur yang dibuang dari bak aerasi dalam liter/detik.

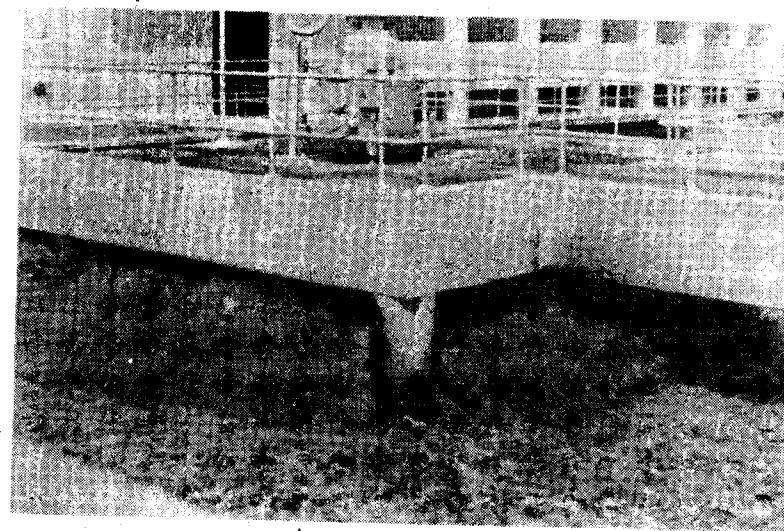
RAS = Kadar lumpur yang dikembalikan ke dalam tangki aerasi dalam mg/liter.

5. F/M rasio yaitu perbandingan antara makanan dan mikroorganisme sebesar 0,2–0,3 kg BOD/kg bakteri. Untuk itu dipergunakan rumus :

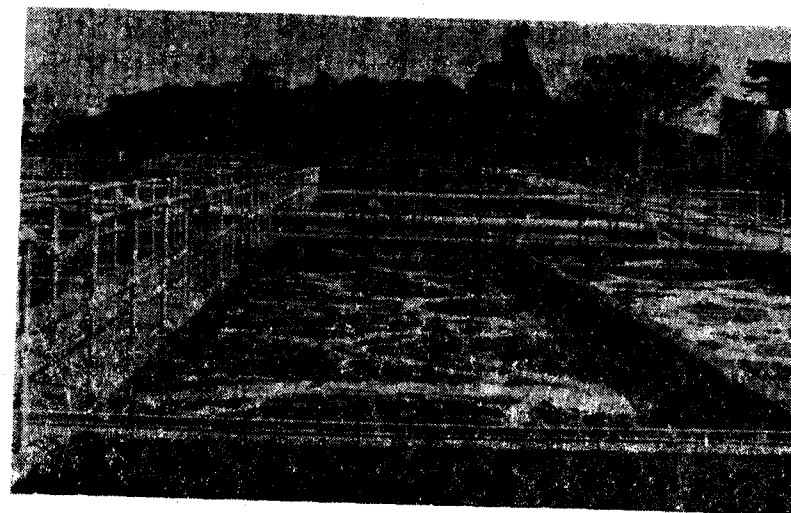
$$\frac{F}{M} = \frac{\text{BOD Limbah} \times \text{debit limbah/hari } (m^3)}{\text{MLSS} \times \text{Vol. tangki aerasi (meter kubik)}}$$

= Harus menghasilkan angka 0,2–0,3.

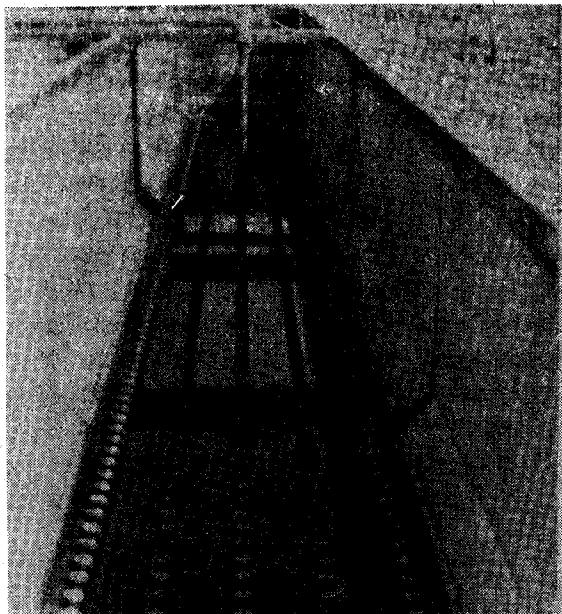
Berikut ini adalah foto tentang bak pengolahan kedua yang diterapkan pada beberapa bangunan pengolahan air limbah.



Gambar 4.13a. Bak pengolahan kedua dengan menggunakan baling-baling untuk mengontakkan dengan udara.



Gambar 4.13b. Foto bak pengolahan kedua dengan menggunakan cara memasukkan udara ke dalam air limbah.



Gambar 4.13c. Foto bak pengolahan kedua dengan cara memasukkan udara ke dalam air limbah pada saat dikosongkan.

PENGOLAHAN KETIGA (*TERTIARY TREATMENT*)

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan jenis ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah yang khusus pula. Terdapat beberapa jenis pengolahan yang sering dipergunakan antara lain :

1. Saringan pasir.
2. Saringan multi media.
3. *Precoal filter*.
4. *Mikrostaining*.
5. *Vacum filter*.
6. Penyerapan/*adsorbtion*.
7. Pengurangan besi dan mangan.

8. Perubahan CN^-
9. Osmosis bolak-balik.

Saringan Pasir

Penyaringan adalah pengurangan lumpur tercampur dan partikel koloid dari air limbah dengan melewatkan pada media yang porous. Kedalaman penyaringan menentukan derajat kebersihan air yang disaringnya pada pengolahan air untuk minum. Akan tetapi, penyaringan inipun banyak dijumpai sebagai pengolahan ketiga dari air limbah setelah mengalami proses biologis atau proses fisika kimia. Penyaringan akan memisahkan zat padat dan zat kimia yang dikandung air limbah selanjutnya dilakukan pembubuhan klor. Terdapat 2 macam penyaringan yang ada yaitu saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat.

Saringan Pasir Lambat

Terdiri dari lapisan gravel dengan tebal 0,3 meter dan pasir setebal 0,6–1,2 meter dengan diameter pasir sekitar 0,2–0,35 milimeter. Dari penyaringan ini akan dihasilkan kecepatan pengaliran sebanyak 0,034–0,10 liter/ m^3 /detik. Apabila air limbah sudah mulai menggenang sedalam 1,5–3 meter maka air limbah tersebut perlu dikeringkan dan permukaan pasir perlu dilakukan pengerukan, sedangkan waktu pengerukan ini dilakukan setiap 30–150 hari.

Saringan Pasir Cepat

Saringan ini berisikan 0,4–0,7 meter pasir dengan diameter 0,4–0,8 millimeter dan gravel setebal 0,3–0,6 meter. Adapun kecepatan aliran penyaringan yang dihasilkan sebesar 1,3–2,7 liter/ m^3 /detik. Pada saringan pasir cepat ini pencuciannya dilakukan dengan cara pengaliran kembali (*back washing*) setelah penyaringan berlangsung selama 6–24 jam dengan lama pencucian selama 5–10 menit.

Saringan Multi Media

Penyaringan dengan multi media ini menggunakan saringan yang berbeda granulanya misalnya: 0,5 meter antrasit dengan diameter 1 milimeter pada bagian atas, 0,3 meter pasir silika

dengan diameter 0,5 meter. Satu set penyaringan menghasilkan 2,7–5,4 liter/m³/detik.

Precoal Filter

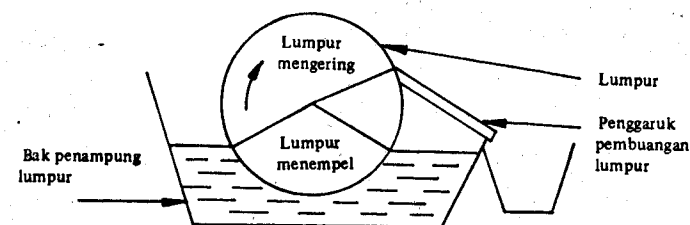
Saringan dengan tanah diatomeus atau perlit (*Siliceous rock*) dengan kepadatan 0,16 gr/cc. Saringan ini dapat menghasilkan 0,34–3,4 liter/m³/detik, dan banyak dipergunakan pada industri dan kolam renang. Yang menjadikan kelemahan cara ini adalah bahwa saringan dengan cara ini memerlukan biaya yang sangat tinggi.

Mikrostaining

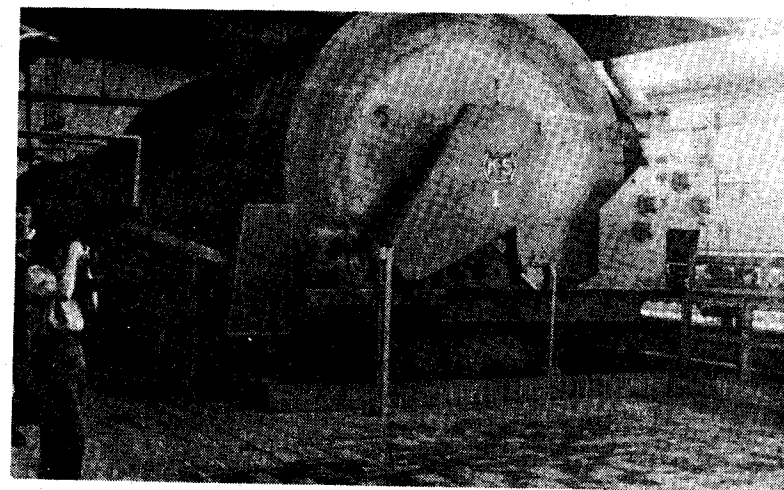
Saringan *mikrostaining* terdiri dari bahan drum yang diputar, sedangkan drum itu dibungkus ayakan bahan *stainless steel*. Pada penggunaannya drum berputar dengan 2/3 bagian dari drum yang terendam di dalam air limbah. Dengan demikian air yang cukup jernih dapat masuk ke dalam drum, sedangkan lumpurnya tertahan pada ayakan pembungkusnya dan melekat sehingga ikut terangkat ke atas pada waktu berputar. Pada saat lumpur berada pada daerah yang tidak terendam air maka lumpur tersebut disemprot dengan air sehingga terbawa keluar. Tenunan bahan *stainless steel* berdiameter 20–50 mikron akan menghasilkan debit penyaringan sebanyak 2–6,8 liter/m²/detik.

Vacum Filter

Saringan ini terdiri dari drum horisontal yang dilapisi dengan *filter medium* atau spiral, kemudian drum diputar di dalam campuran lumpur dan limbah dengan 1/4 bagian dari drum terendam ke dalam larutan. Dengan adanya penyedotan yang dilakukan dari dalam drum, maka kotoran akan menempel pada lapisan *filter* sedangkan airnya dapat masuk ke dalam drum untuk dibuang. Kotoran yang menempel akhirnya akan terbawa oleh putaran drum ke atas dan selama berada di luar air limbah akan mengalami pengeringan, setelah kering kotoran akan dikerok oleh penggaruk yang telah dipasang secara tetap. Setelah mengalami pengerokan maka lapisan tersebut akan masuk kembali ke dalam air limbah. Berikut ini adalah potongan melintang dari *vacum filter*. (Gambar 4.14a).



Gambar 4.14a. Potongan melintang *vacum filter*.



Gambar 4.14b. Foto *vacum filter* di salah satu bangunan pengolahan air limbah di Singapura.

Penyerapan (*adsorbtion*)¹⁰⁾

Penyerapan secara umum adalah proses mengumpulkan benda-benda terlarut yang terdapat dalam larutan antara dua permukaan. Antarpermukaan itu bisa antara cairan dan gas, zat padat atau lain cairan, bahkan penyerapan dipergunakan pada permukaan zat padat dan zat yang kental. Pada masa yang akan datang proses ini jarang dipergunakan secara luas pada penjernihan air limbah meskipun dengan penyerapan ini hasil pengolahan akan lebih baik mengingat biaya yang mahal.

10) Mott'ali dan Eddy, *op. cit.*, hlm. 277.

Walaupun proses tersebut dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, maka yang sering terjadi adalah bahan padat yang menyerap partikel yang berada di dalam air limbah. Bahan yang akan diserap disebut sebagai *adsorbate* atau *solute* sedangkan bahan penyerapannya dikenal sebagai *adsorbent*. Pada penjernihan air limbah dipergunakan untuk mengurangi pengotoran bahan organik, partikel termasuk benda yang tidak dapat diuraikan (*nonbiodegradable*) ataupun gabungan antara bau, warna dan rasa.

Banyak bahan-bahan padat dipergunakan sebagai bahan penyerap untuk mengurangi kekeruhan dari suatu cairan. Bahan penyerap yang mahal umumnya mempunyai luas permukaan yang lebih luas setiap unitnya. Peningkatan luas permukaan ini dilakukan dengan kerja yang rapi melalui pembelahan bahan *adsorbent*, adapun bahan yang sering dipergunakan adalah :

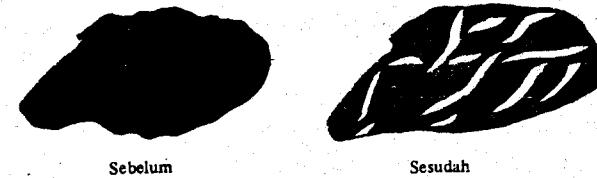
1. Karbon aktif.
2. *Molekuler sieves*.
3. Alumunium aktif.

Dari bahan tersebut di atas yang paling sering dipergunakan sebagai bahan *adsorbent* adalah *activated* karbon atau lebih dikenal sebagai arang batok kelapa.

Pengolahan air limbah dengan menggunakan karbon aktif biasanya dipergunakan sebagai proses kelanjutan dari pengolahan secara biologis. Karbon pada kejadian ini dipergunakan untuk mengurangi kadar dari benda-benda organik terlarut yang ada. Di samping inti dari pengontakan karbon dengan air maka benda-benda partikel juga bisa ikut dihilangkan. Proses ini biasanya dipergunakan untuk melengkapi proses pengolahan secara biologi dari limbah industri yang mana proses biologisnya tidak lengkap, sehingga masih terdapat masalah pada air limbah.

Karbon aktif alamiah adalah berupa butiran karbon dan bubuk karbon untuk pengolahan air limbah dan setelah dipergunakan perlu diaktifkan kembali. Persiapan karbon dipergunakan melalui pembuatan arang dari bahan kayu atau batubara. Bahan ini kemudian dibakar sampai berwarna merah. Partikel batubara kemudian diaktifkan dengan menambah gas oksigen

pada tekanan tinggi. Gas ini mengembangkan struktur rongga yang ada pada batubara/arang sehingga memperluas permukaan.

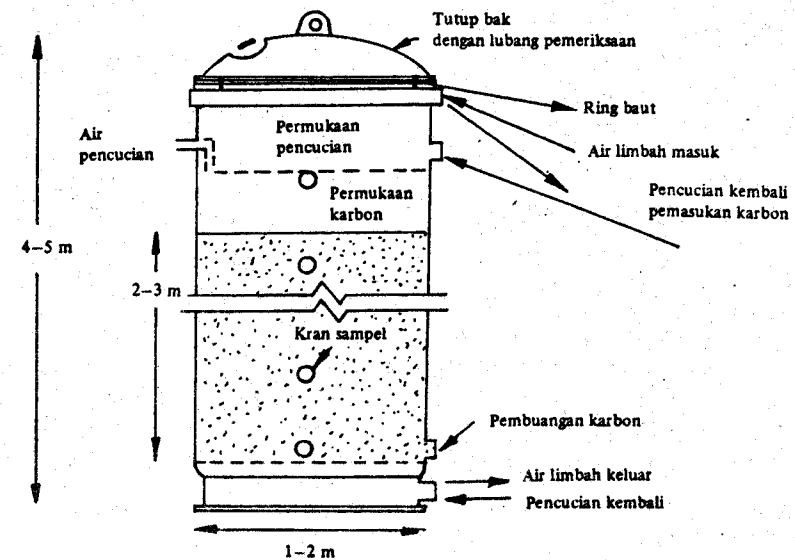


Gambar 4.15. Gambaran karbon aktif sebelum dan sesudah diaktifkan kembali.

Dalam pelaksanaannya, pemakaian karbon aktif ini dapat dipergunakan secara granula yang berdiameter 0,1 mm atau dapat dipergunakan sebagai bubuk yang berukuran 200 mesh.

Karbon Aktif Bentuk Granula¹¹⁾

Sebuah bak yang berisikan karbon granula dialiri air limbah, air limbah dialirkan dari bagian atas bak kemudian akan turun ke bagian bawah/dasar bak seperti terlihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16. Jenis bak penyerapan dengan karbon aktif.

11) *Ibid.*, hlm. 278.

Karbon aktif tertahan di tempatnya sedangkan air limbah akan mengalir melalui sistem pengering yang ada di bagian bawah. Pencucian kembali dapat dilakukan pada saat diperlukan melalui pipa yang telah disediakan. Masalah utama yang ada pada sistem ini adalah terjadinya penyumbatan. Apabila sudah dirasakan tidak mampu lagi menyerap partikel maka karbon yang ada dapat juga diganti seluruhnya.

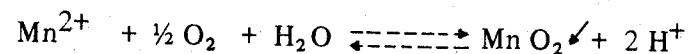
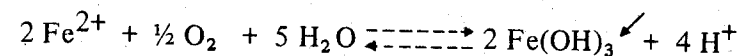
Karbon Aktif Bentuk Bubuk

Penggunaan karbon aktif di sini dilakukan dengan cara menaburkan bubuk ini ke dalam saluran ke luar yang berasal dari proses pengolahan biologis. Pengontakkan ini biasanya diletakkan pada bak yang tertentu, setelah bubuk tercampur, maka gaya beratnya akan mengendap dengan membawa partikel terlarut dan partikel tercampur. Untuk lebih mempercepat pengendapan bisa juga dibantu dengan zat pembantu mengendap. Agar menjadikan bahan ini lebih ekonomis, maka karbon aktif dapat dipergunakan kembali setelah dipakai dengan cara melakukan oksidasi dengan tekanan tinggi. Pada proses regenerasi ini biasanya karbon aktif akan hancur sebanyak 5–10%. Dari dua bentuk karbon aktif ini yang paling sulit untuk regenerasi adalah apabila mengolah karbon aktif yang berbentuk bubuk.

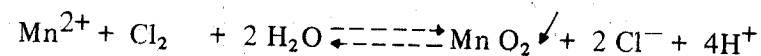
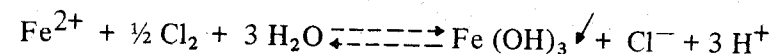
Pengurangan Besi dan Mangan

Ion Fe dan Mn selalu dijumpai pada air alami dengan kadar oksigen yang rendah, seperti pada air tanah dan pada daerah danau yang tanpa udara. Keberadaan *ferric* dan *manganic* larutan dapat terbentuk dengan adanya pabrik tenun, kertas, dan proses industri. Fe dan Mn dapat dihilangkan dari dalam air dengan melakukan oksidasi menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan MnO_2 yang tidak larut di dalam air, kemudian diikuti dengan pengendapan dan penyaringan. Oksidator utama adalah molekul oksigen dari udara, klorin atau KMnO_4 , sedangkan kecepatan pengendapan dipengaruhi oleh jenis dan kadar oksidator, pH, kesadahan, dan kemungkinan ditambahkannya katalisator. Oksigen terlarut mengubah Fe dan Mn ion menjadi

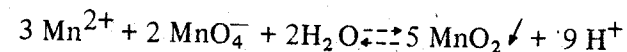
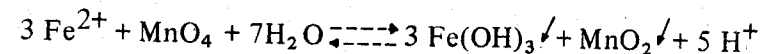
komponen yang tidak larut dengan reaksi :



Rata-rata oksidasi Fe akan meningkat mencapai 90% dalam waktu 10–20 menit pada pH 7, sedangkan rata-rata perubahan oksidasi Mn lebih rendah dari pH 7 tersebut. Apabila pH mendekati 10 baru kecepatan reaksinya akan normal. Untuk mempercepatnya biasanya dipergunakan katalisator peralatan pembubuh oksigen (aerasi) yang berupa menara talam di mana air menetes di atas talam tersebut atau berupa penyemburan ke udara. Apabila digunakan oksidasi klorin maka reaksinya adalah :



Pada pH yang sama reaksi dengan klorin biasanya lebih cepat bila dibandingkan dengan reaksi udara. Pembubuhan klorin ini biasanya diberikan sebelum air mencapai daerah penyaringan. Apabila yang dipergunakan sebagai reaktor adalah KMnO_4 , maka reaksinya adalah :

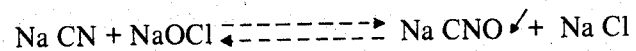
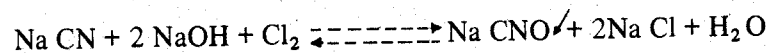


Dalam keadaan pH 6–9 pembentukan endapan oleh MnO_4 lebih cepat bila dibandingkan dengan endapan yang dihasilkan oleh klorin. Banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi Fe dan Mn jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan klorin dan MnO_4 . Mn membutuhkan 2 kali lebih banyak oksidasi seperti besi sebab Mn meliputi perubahan valensi 2 sedang Fe adalah valensi 1.

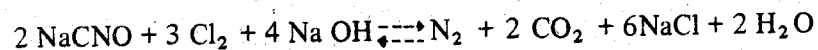
Perubahan CN

Sianida dijumpai pada air limbah yang berasal dari peng-

olahan besi khususnya pada bagian pelapisan CN. Kebanyakan sianida dalam air limbah industri berada sebagai CN^- atau logam kompleks. Sianida adalah bahan beracun bagi ikan dan kehidupan air lainnya pada kadar di bawah 1 mg/l. Pada proses pengolahan air limbah secara biologis, maka bakteri masih bisa mengadakan adaptasi pada kadar di bawah 30 mg/l. Pada proses pengolahan umumnya oksidasi dengan klorin atau hipoklorit dilakukan pada suasana basa. Oksidasi sebagian menjadi sianat (CNO^-) biasanya tercapai pada pH antara 9–11.



Sianat (CNO^-) adalah kurang beracun bila dibandingkan dengan sianida dan akan dihidrolisis pada suasana asam yang rendah menjadi NH_3 dan CO_2 . Jika klorin merupakan zat oksidasi banyaknya NaOH yang dibutuhkan sangat berbeda untuk reaksi tersebut (2 mol NaOH untuk 1 mol CN^-). Untuk selanjutnya sianat dapat dioksidasi menjadi CO_2 dan N_2 oleh kelebihan klorin.



Reaksi ini lebih baik dan cepat berlangsung pada pH netral dan untuk mencapai reaksi yang lengkap diperlukan waktu 10–30 menit.

Osmosis Bolak-balik

Osmosis bolak-balik adalah satu di antara sekian banyak teknik pengurangan bahan mineral yang diterapkan untuk memproduksi air yang siap dipergunakan kembali. Pada proses ini mendapatkan tambahan manfaat dalam pengurangan zat organik terlarut di mana tidak terambil untuk dibuang melalui teknik yang lain.

Kelemahan yang ada pada proses ini adalah karena biaya yang tinggi dan kurangnya pengalaman dalam melaksanakan pengolahan air limbah.

Osmosis bolak-balik adalah proses di mana air dipisahkan

dari garam yang larut di dalam cairan melalui penyaringan lapisan tipis/selaput yang lentur, pada tekanan yang lebih bila dibandingkan dengan tekanan osmosis yang disebabkan oleh larutan garam di dalam air limbah. Dengan membran yang tetap dan perlengkapan, tekanan diberikan dari tekanan atmosfer sampai 1.000 lb/in². Komponen utama dari osmosis bolak-balik adalah selaput, penahan selaput, bejana, pompa bertekanan tinggi. Selulosa asetat dan nilon adalah bahan yang dipergunakan untuk membuat selaput. Terdapat 4 jenis selaput yang dipergunakan sebagai penahan: gulungan spiral, pipa/tabung, bangunan jamak, serabut berbentuk lembek. Bangunan pipa adalah sangat dianjurkan untuk mengolah air limbah yang berasal dari rumah tangga. Unit osmosis bolak-balik dapat diatur jarang pada posisi paralel untuk meningkatkan kecukupan kapasitas hidrolis satu derajat pengurangan kadar mineral. Peningkatan kualitas lebih baik lagi diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dalam pelaksanaan proses osmosis. Pengolahan pendahuluan pada hasil pengolahan kedua perlu dilakukan penyerapan terlebih dahulu sebelum dilakukan osmosis bolak-balik. Untuk meningkatkan kemampuan mengurangi Fe dan Mn maka pH perlu diatur antara 4–7,5.

PEMBUNUHAN BAKTERI (*DESINFEKTION*)¹²⁾

Pembunuhan bakteri bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Mekanisme pembunuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi dari zat pembunuhnya dan mikroorganisme itu sendiri. Banyak zat pembunuh kimia termasuk klorin dan komponennya mematikan bakteri dengan cara merusak atau menginaktifkan enzim utama, sehingga terjadi kerusakan dinding sel. Mekanisme lain dari desinfeksi adalah dengan merusak langsung dinding sel seperti yang dilakukan apabila menggunakan bahan radiasi ataupun panas.

Penggunaan panas dan bahan radiasi meskipun sangat baik hasil yang dicapai, akan tetapi kurang cocok untuk diterapkan

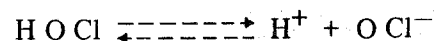
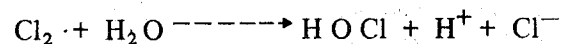
12) Donald W. Sundstrom, *op. cit.*, hlm. 375.

secara masal mengingat biaya pelaksanaannya sangat mahal serta cukup sulit dalam penanganannya. Oleh karena itu, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan kimia bila akan dipergunakan sebagai bahan desinfeksi antara lain :

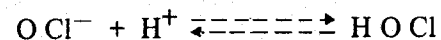
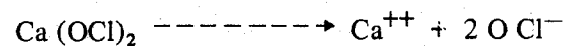
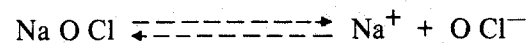
1. Daya racun zat kimia tersebut.
2. Waktu kontak yang diperlukan.
3. Efektivitasnya.
4. Rendahnya dosis.
5. Tidak toksis terhadap manusia dan hewan.
6. Tetap tahan terhadap air.
7. Biaya murah untuk pemakaian yang bersifat masal.

Dari pertimbangan tersebut, maka untuk menjernihkan air limbah banyak dipergunakan bahan, antara lain klorin oksida dan komponennya, bromine, rodine, permanganat, logam berat, asam dan basa kuat.

Dalam dunia perdagangan yang biasa dipergunakan adalah klorin. Apabila klorin berupa gas, maka reaksi yang terjadi adalah :

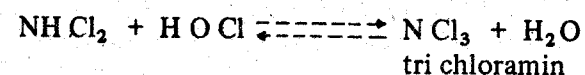
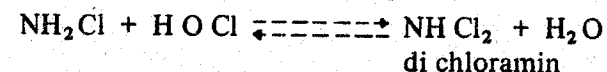
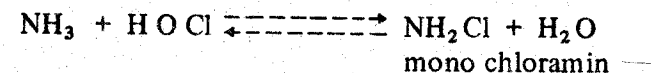


Selain gas dapat juga berupa garam-garam dari hipoklorida seperti Na O Cl atau garam Ca (OCl)_2 yang dikenal sebagai kaporit.

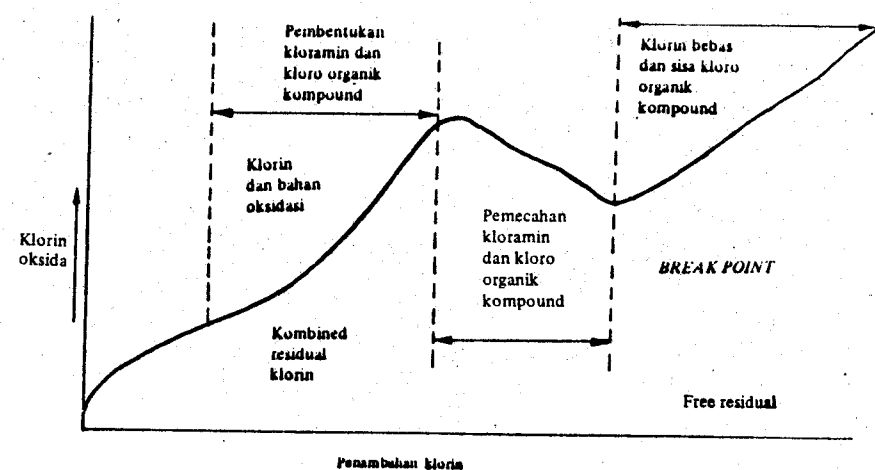


Di sini HOCl dan OCl^- disebut sebagai *free available chlorin* (klor bebas) dengan daya bunuh HOCl 40–80 kali lebih besar dari daya bunuh OCl^- .

Apabila amonia berada di dalam air, maka HOCl akan bereaksi dengannya terlebih dahulu dan akan membentuk kloramin.



Ketiga kloramin dikenal sebagai *combined available chlorin*. Apabila bercampur dengan klorin maka daya bunuhnya akan menurun. Adapun gambaran reaksi dari klorin di dalam air adalah pada awalnya akan bereaksi dengan bahan yang mudah teroksidasi seperti ion ferro, nitrit (*reducing compound*) maka pada saat ini daya bunuh terhadap bakteri tidak ada. Untuk selanjutnya akan bereaksi dengan amonia dan bahan organik akan membentuk kloramin dan kloro organik compound, pada saat ini daya bunuhnya juga sangat rendah. Dengan penambahan secara terus-menerus, maka kloramin dan kloro organik compound akan habis dan terbentuklah klor bebas. Titik di mana mulai timbul kenaikan klor bebas dikenal sebagai *break point chlorination*.



Gambar 4.17. Gambaran kurva *break point* dalam klorinasi terhadap air limbah.

PENGOLAHAN LANJUT (ULTIMATE DISPOSAL)

Dari setiap tahap pengolahan air limbah, maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Untuk itu perlu kiranya terlebih dahulu mengenal sedikit tentang lumpur tersebut.

Jumlah dan sifat lumpur air limbah sangat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain :

1. Jenis air limbah itu sendiri.
2. Tipe/jenis pengolahan air limbah yang diterapkan.
3. Metode pelaksanaan.

Adapun mengenai jumlah yang dihasilkan pada setiap pengolahan air limbah rumah tangga adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3. Banyaknya Lumpur yang Dihasilkan pada Setiap Proses Pengolahan

Proses pengolahan	Volume (m^3 lumpur tiap 1.000 m^3 air limbah)	Berat (kg zat padat tiap m^3 air limbah)
Pendahuluan	3,0	0,144
Trickling filter	0,7	0,054
Lumpur aktif	19	0,216

Sumber: Donald W. Sundstrom, 1979.

Dari tabel di atas terlihat bahwa proses pengolahan dengan menggunakan lumpur aktif menghasilkan lumpur yang paling banyak. Dari hasil lumpur tersebut ternyata bahwa kadar pupuk dari lumpur sangat rendah, hal ini dapat dilihat dari rendahnya kadar nitrogen, fosfor dan potasium yang sangat kecil apabila dibandingkan dengan bahan lainnya yang berada di dalamnya. Untuk itu pengolahan lumpur sangat diperlukan agar dapat mengubah bahan organik yang ada menjadi bahan lain yang bermanfaat (lihat Tabel 4.4).

Pengolahan lumpur yang masih sedikit mengandung bahan nitrogen dan mempermudah proses pengangkutan, maka diperlukan beberapa tahap pengolahan antara lain:

1. Proses pemekatan.
2. Proses penstabilan.
3. Proses pengaturan.

4. Proses pengurangan air.
5. Proses pengeringan.
6. Proses pembuangan.

Untuk mengetahui lebih jelas proses pengolahan lumpur dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Tabel 4.4. Komposisi Zat Kimia dari Lumpur Hasil Buangan Rumah tangga

Komponen	Persentase dari setiap komponen		
	Pengolahan pendahuluan	Lumpur aktif	Tangki pencernaan
Bahan organik	60 – 80	60 – 75	45 – 60
Jumlah abu	20 – 40	25 – 40	40 – 55
Protein	20 – 30	30 – 40	15 – 20
Lemak dan fat	6 – 35	5 – 12	3 – 20
Selulosa	5 – 15	5 – 15	5 – 15
Nitrogen	2 – 4	2 – 6	1,5 – 6
Fosporus (P_2O_5)	1 – 3	2 – 7	1,5 – 4
Potasium (K_2O)	0 – 1	0 – 2	0 – 2

Sumber: Donald W.S. dan Herbert E.K. 1979.

Dari Gambar 4.18, dapat terlihat adanya beberapa cara pengolahan lumpur yang dapat diterapkan pada setiap tahap pengolahan lumpur yang ada. Dengan demikian, kita bisa memilih cara atau metode yang ada.

Proses Pemekatan

Lumpur yang dihasilkan dari setiap bangunan pengolahan air limbah pada tahap awalnya harus melalui proses pemekatan, supaya kadar air di dalam lumpur sedikit mengalami pengurangan. Dengan demikian akan memperkecil jumlah yang akan ditangani. Proses pemekatan secara terperinci dapat dilihat pada bagian pengentalan dan pengapungan terdahulu.

Proses Stabilisasi (Stabilization)

Dengan stabilisasi baik yang berupa aerobik maupun yang berjalan secara anaerobik akan menghilangkan bau dan memu-

dahkan penghancuran serta menghilangkan jumlah mikroorganisme. Pada proses anaerob akan menghasilkan gas metan yang bisa dipergunakan sebagai sumber energi, sedangkan pada proses aerobik akan menghilangkan zat organiknya.

Berikut ini adalah contoh pengolahan lumpur dengan menggunakan tangki pencerna secara anaerobik untuk diambil gas metan sebagai pembangkit tenaga listrik. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan antara lain:

1. Banyaknya lumpur yang dimasukkan ke dalam tangki pencernaan setiap harinya (kg/hari), adalah sebesar volume lumpur yang dimasukkan setiap hari x% zat padat dari lumpur tersebut.
2. Menghitung banyaknya bahan organik yang dimasukkan ke dalam tangki pencernaan, adalah sebesar hasil perhitungan pada point (1) x% bahan organik dalam lumpur dalam satuan kg/hari. Pada umumnya kadar zat organik yang terkandung di dalam air limbah sebesar 72–75%.
3. Waktu tinggal lumpur di dalam tangki pencernaan yang dinyatakan dalam satuan hari, adalah sebesar :

$$= \frac{\text{Volume tangki digester (m}^3\text{)}}{\text{Volume lumpur yang dimasukkan (m}^3\text{/hari)}} = \dots\dots\dots \text{hari}$$

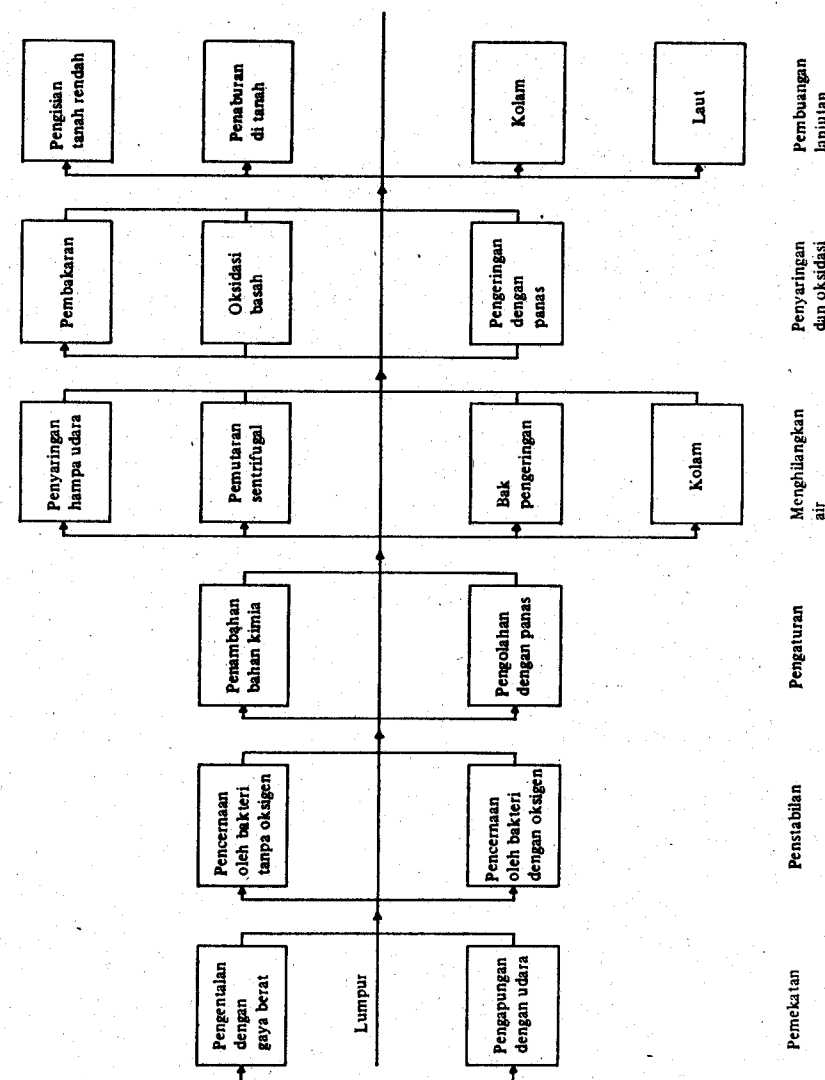
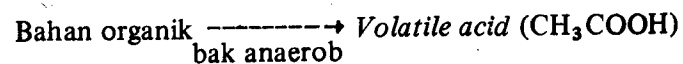
Waktu tinggal yang diharapkan agar proses pencernaan dapat mengeluarkan/menghasilkan gas metan berjalan sempurna adalah selama 15–20 hari.

4. Daya tampung tangki adalah sebesar :

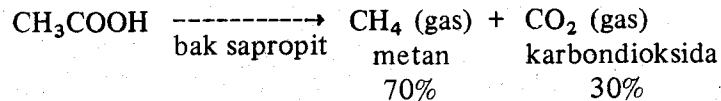
$$= \frac{\text{Hasil point (2) dalam kg/hari}}{\text{Volume tangki dalam meter kubik}} = \dots\dots\dots \text{kg/m}^3$$

Agar daya tampung sesuai dengan daya tampung optimalnya, maka sebaiknya daya tampung tersebut tidak melebihi angka 1–1,2 kg/m³.

5. Banyaknya gas yang dihasilkan (m³/hari). Terjadinya gas metan dari pencernaan dalam tangki ini secara kimiawi adalah sebagai berikut :

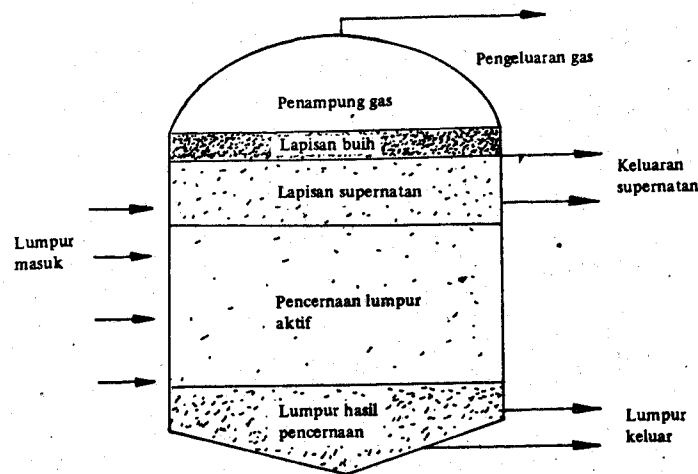


Gambar 4.18. Skema proses pengolahan lumpur.



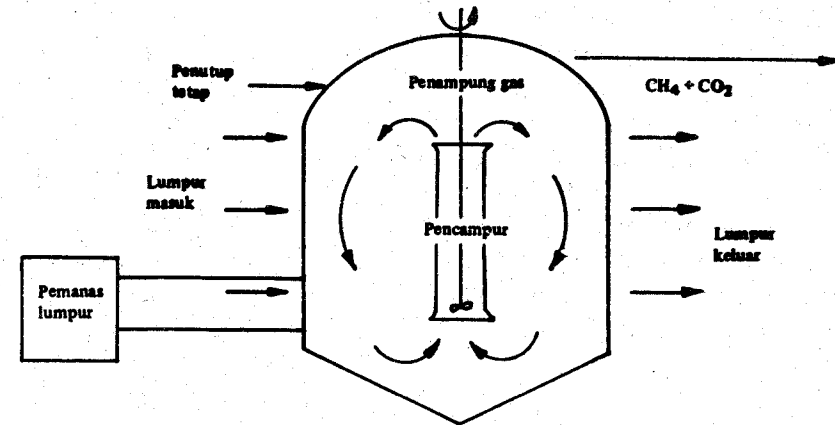
Pencernaan tanpa udara adalah proses yang sudah lama dipergunakan untuk menstabilkan lumpur. Pada proses ini pembusukan dari zat organik dan anorganik adalah bebas dari molekul oksigen. Adapun sisa hasil proses ini adalah berupa lumpur yang telah padat dan pekat. Pada proses ini, bahan organik campuran dari lumpur pada kondisi tanpa udara diubah menjadi metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) melalui proses tersebut di atas. Lumpur dimasukkan ke dalam tangki secara beruntun atau berselang-selang dan disimpan di dalam tangki untuk beberapa waktu. Adapun lumpur yang telah stabil juga dikeluarkan secara berurutan atau berselang-selang dari tangki pencernaan; lumpur ini bersifat sukar membusuk dan kandungan bakteri patogen sudah berkurang.

Terdapat 2 tipe pencernaan yaitu standar rata-rata dan standar tinggi.¹³⁾ Pada standar rata-rata proses pencernaan ada-

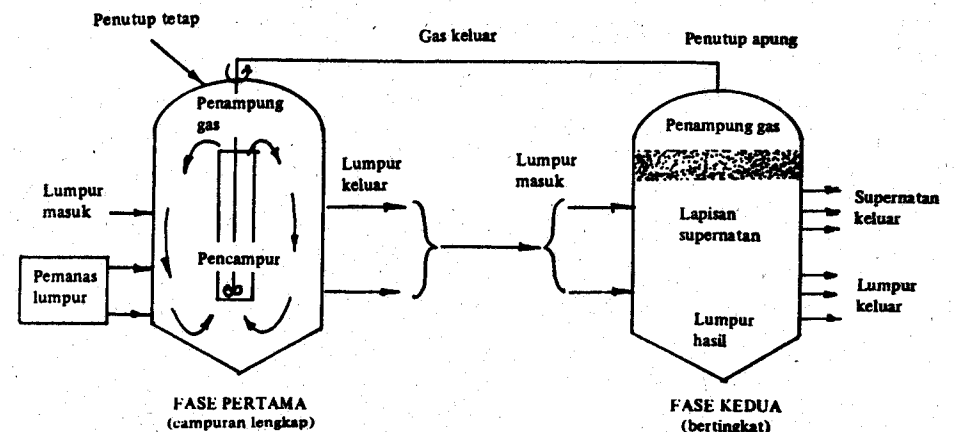


Gambar 4.19a. Pengolahan lumpur secara konvensional dengan cara standar rata-rata satu fase.

13) MetCalf dan Eddy, *op. cit.*, hlm. 455.



Gambar 4.19b. Pengolahan lumpur dengan tipe standar tinggi satu fase.



Gambar 4.19c. Pengolahan lumpur dengan proses dua fase.

lah berisikan pencernaan yang biasanya tanpa mengalami pemanasan dan tanpa pencampuran dengan waktu tinggal (*detention time*) selama 60 hari. Dengan demikian, maka proses pencernaan berjalan sangat lambat untuk mengolah lumpur dalam menghasilkan gas metan.

Pada proses dengan standar tinggi, maka lumpur yang ada dilakukan tambahan proses berupa pemanasan dan pengadukan secara lengkap. Pada proses ini waktu tinggal yang diperlukan

hanya mencapai 15 hari atau kurang.

Sebagai kombinasi dari tipe di atas adalah berupa 2 tahap proses di mana pada tahap pertama adalah memisahkan lumpur yang dicerna dari cairan supernatan yang mana pada kedua fase tersebut dapat timbul gas yang diharapkan.

Adapun proses biologisnya dari zat organik pada bangunan pengolah lumpur dapat terjadi melalui 2 atau 3 tahap. Tahap *pertama* meliputi pemindahan enzim pada molekul yang seberat molekul tinggi menjadi molekul seberat atom yang sesuai untuk dipergunakan sebagai sumber energi dan sel karbon.

Tahap *kedua* meliputi perubahan oleh bakteri dari hasil tahap pertama ke dalam komponen molekul yang seberat atom sedang. Tahap *ketiga* meliputi perubahan oleh bakteri terhadap molekul seberat atom sedang menjadi bahan yang sederhana yang menghasilkan hasil akhir seperti metan dan CO_2 . Dari tahap I dan II adalah proses pembusukan di mana pada dasarnya dibagi menjadi dua kelompok yaitu hidrolisis dan fermentasi dari bahan yang kompleks menjadi bahan sederhana yang biasanya berupa asetik dan propionik acid. Kelompok mikroorganisme ini digolongkan sebagai bakteri nonmetanogenik, adapun yang bisa dipisahkan dari tangki pencerna tanpa udara antara lain klostidium Spp, peptokokus, anaerob, bifidobakterium spp, desulfovibrio spp, korinebakterium spp, laktobasilus, astinomises, stafilokokus dan eskersia koli.

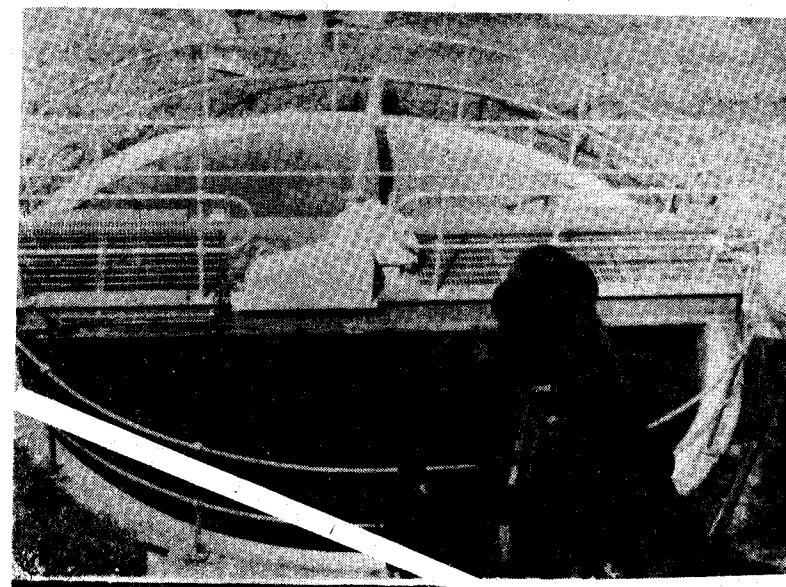
Kelompok kedua meliputi kelompok yang menghasilkan gas metan dan CO_2 dari bahan asam organik yang dibentuk pada fase pertama. Kelompok ini memprosesnya pada kondisi tanpa udara dan dikenal sebagai kelompok metanogenik atau lebih dikenal sebagai pembentuk metan. Setelah dilakukan identifikasi antara lain berupa bakteri berbentuk tangkai (*methanobacterium*, *methanobacillus*) dan berbentuk bola (*methanococcus*, *methanosarcina*). Bakteri terpenting golongan metanogenik adalah yang mengubah asam asetik dan asam propionik. Asam-asam ini timbulnya lambat dan kelambatan ini diikuti dengan lambatnya proses tanpa udara yang ada, merupakan tahap pembentukan gas metan dan karbondiok-

sida. Walaupun gas-gas ini perlu menyesuaikan secara khusus, maka bakteri metanogenik menghasilkan secara baik melalui 3 kategori dasar.

1. Asam lemak rendah yang berisi 6 atau lebih sedikit atom karbon (formik, asetik, propionik, butirik, valerik, kaproik).
2. Kondisi normal dan berisi alkohol yang mengandung 1 sampai 5 atom karbon (metanol, etanol propional, butanol, pentanol)
3. Tiga gas anorganik yaitu hidrogen, CO_2 dan CO.

Proses Pengaturan (*conditioning*)

Setelah lumpur mengalami pengolahan dengan diambil gas kandungannya, maka pemanfaatan selanjutnya adalah mengeringkan lumpur tersebut. Sebelum proses pengeringan dilaksanakan maka lumpur perlu diatur situasinya agar proses pengurangan air berjalan lancar. Untuk maksud ini perlu dilakukan penambahan bahan kimia agar partikel yang ada di dalam lumpur menjadi lebih besar. Adapun ukuran penambahan



Gambar 4.20. Foto bak pengatur yang dilengkapi dengan alat pengaduk, pengatur debit serta pompa penghisap.

bahan kimia adalah sama dengan ukuran yang telah diuraikan pada proses pengentalan. Berikut ini adalah bak tempat pengaturan lumpur di mana ke dalam bak ini dibubuhkan zat polimer yang telah dilarutkan dicampur dengan lumpur dan diaduk oleh pengaduk supaya merata. Dari bak ini barulah lumpur diangkut ke tempat pengeringan.

Proses Pengurangan Air (*Dewatering*)

Adalah unit operasi yang diterapkan untuk mengurangi kadar air dari lumpur dengan berbagai alasan antara lain:

1. Biaya angkutan yang akan dikeluarkan untuk membuang lumpur ke tempat pembuangan akan lebih rendah setelah air yang ada dikurangi.
2. Lumpur yang sudah diambil airnya lebih mudah untuk dikelola seperti penggunaan truk, ban berjalan maupun traktor.
3. Lumpur yang sudah diambil airnya dapat dipergunakan sebagai bahan bakar pada *incenerator*.
4. Dengan diambil airnya, maka lumpur menjadi tidak berbau dan tidak mudah membusuk.
5. Hasil akhir dari lumpur yang diambil airnya umumnya dipakai sebagai penimbun tanah dan mengurangi genangan air pada daerah pembuangan sampah secara *sanitary land fill*.

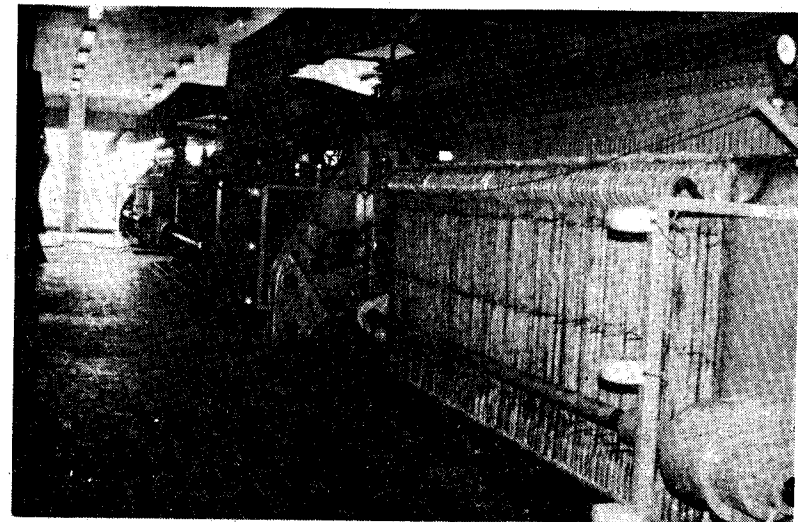
Beberapa cara dapat dilakukan untuk mengambil air yang terdapat di dalam lumpur, antara lain dengan cara alamiah maupun secara mekanis misalnya penyaringan dengan penekanan, gerakan kapiler, saringan hampa udara, pemutaran dan pemadatan. Pemilihan cara ini berdasarkan dengan jenis lumpur yang dihadapi serta areal yang tersedia. Untuk bangunan pengolahan air limbah yang kecil dan tanah yang tersedia tidak merupakan masalah, maka pengeringan secara alamiah yaitu dengan penguapan dapat diterapkan, akan tetapi karena pengaruh lainnya seperti terbatasnya areal serta teknik yang telah dikuasai maka pilihan akan jatuh pada pengolahan secara mekanis. Salah satu contoh bila menggunakan saringan bertekanan (*filter presser*).

Pada saringan bertekanan, maka pengurangan air dicapai melalui pemaksaan air keluar dari lumpur di bawah tekanan

tinggi. Saringan bertekanan ini dinyatakan baik dilihat dari:

1. Lumpur yang dihasilkan sangat padat.
2. Cairan hasil proses pemerasan adalah sangat jernih.
3. Pengambilan lumpur sangat baik.
4. Penggunaan bahan kimia.

Sedangkan kejelekannya adalah dalam hal biaya yang dikeluarkan cukup tinggi dan mempercepat kerusakan pada peralatan. Beberapa jenis saringan bertekanan yang banyak dipergunakan pada banyak daerah antara lain berupa lempengan persegi panjang yang diletakkan berhadapan-hadapan secara tegak lurus yang tetap tetapi dapat digerakkan ke depan dan ke belakang.



Gambar 4.21. Foto alat pengepres lumpur dengan menggunakan saringan bertekanan (*filter presser*).

Setiap pelat disambung dan dipasang saringan sebagai penahan lumpur, sedangkan lumpur dimasukkan melalui lubang yang diletakkan di tengah rangkaian pelat. Selama memompakan lumpur ini, maka bersamaan dengan ini pelat ditekan dengan tekanan sebesar 60–226 lb/inci² dan dibiarkan selama 1–3 jam. Selama dalam proses penekanan sedikit demi sedikit

air akan keluar dari pelat dan jatuh ke saluran untuk dikembalikan ke bangunan pengolah. Setelah selesai pengepresan, rangkaian pelat dibuka untuk dipisahkan, sedangkan lumpur padat langsung dibuang ke tempat pembuangan. Banyaknya lumpur yang dihasilkan ketebalannya bervariasi antara 2,5–3,8 cm dengan kadar uap air bervariasi antara 55–70%.

Proses Pengeringan¹⁴⁾

Pada proses ini dipergunakan bak pengering yang menampung lumpur berasal dari tangki pencernaan. Lumpur diletakkan pada bak pengering dengan ketebalan 200–300 mm dan dibiarkan sampai kering terkena sinar matahari. Setelah kering kemudian lumpur dikerok untuk dibuang ke tempat pembuangan akhir. Bak ini sangat cocok untuk mengeringkan lumpur yang berasal dari bangunan pengolah air limbah yang kecil, atau sedang dari sebuah kota dengan penduduk 20.000 dan pada daerah tersebut masih tersedia areal yang cukup luas dengan lebar 6 meter dan panjang antara 6–30 meter pada daerah terbuka dan jauh dari tempat pemukiman ± 100 m. Untuk mempermudah dalam memperkirakan besarnya luas areal pengeringan dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5. Luas Areal yang Diperlukan untuk Bak Pengering Lumpur Secara Alamiah

Jenis lumpur	Areal (m ²) setiap 1.000 orang	Rata-rata muatan lumpur kering (kg)/m ² /tahun
Pengolahan pertama	90 – 140	120 – 200
Pengolahan pertama dan humus	110 – 160	100 – 160
Pengolahan I dan lumpur aktif	160 – 275	60 – 100
Pengolahan I dan lumpur pengendapan bahan kimia	185 – 230	100 – 160

Sumber: MetCalf dan Eddy, 1979.

14) *Ibid.*, hlm. 655.

Hilangnya air dari lumpur adalah melalui gaya berat lumpur karena tertahan oleh lapisan pasir dan melalui penguapan dari permukaan lumpur oleh udara. Sebagian besar air meninggalkan lumpur melalui saluran pengering, oleh karena itu dipergunakan sistem pengering yang baik dengan menggunakan pipa berlubang yang ditanam di tanah pada dasar bak pengering. Selain itu pembuatan lapisan dasar juga harus mematuhi beberapa ketentuan dalam meletakkan susunan lapisan koral, pasir, pasir halus seperti terlihat pada Gambar 4.22a dan 4.22b.



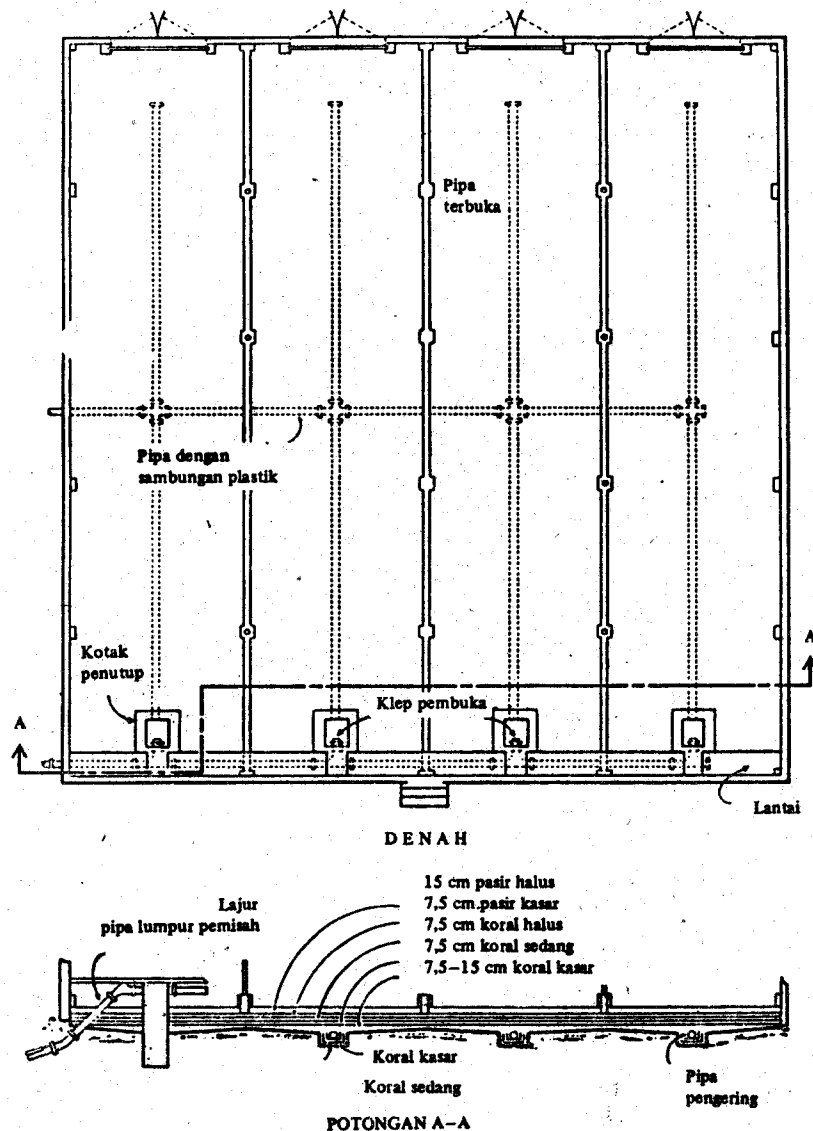
Gambar 4.22a. Foto bak pengering lumpur secara alamiah yang terdapat pada salah satu bangunan pengolah air limbah di Singapura.

Proses Pembuangan¹⁵⁾

Pembuangan akhir dari lumpur dan zat padat biasanya tergolong dalam pembuangan di tanah. Sedangkan pembuangan ke laut akan menimbulkan pencemaran terhadap kehidupan laut. Masalah utama dalam pembuangan ini adalah terletak pada nilai ekonomis dari produk yang dihasilkannya. Metode yang biasanya dipergunakan dari pembuangan di tanah adalah

15) MetCalf dan Eddy, *op. cit.*, hlm. 688 dan 689.

dengan menebarkan di atas tanah, membuat kolam, penimbunan, dan pengisian tanah yang cekung (*land filling*).



Gambar 4.22b. Denah dan potongan melintang bak pengering lumpur secara alamiah.

Penebaran di Atas Tanah

Pembuangan lumpur yang telah dikeringkan dapat dibuang dengan cara menebarkan di atas tanah pertanian untuk kemudian dilakukan pembajakan setelah kering untuk dicampur. Metode ini banyak dipergunakan di beberapa tempat di Inggris dengan rata-rata penaburannya setebal 2,3–5,6 cm/tahun. Dari penelitian yang dilakukan oleh Metropolitan Sanitary District of Chicago menetapkan bahwa penebaran dengan rata-rata setebal 5,1 cm/tahun adalah penebaran yang baik. Selain itu juga sedang dipelajari efek sampingan jangka panjang dari penggunaan lumpur untuk tanah pertanian ini.

Pembuatan Kolam

Memasukkan lumpur ke dalam kolam adalah metode pembuangan lainnya yang juga populer karena cara seperti ini sangat sederhana dan ekonomis apalagi jika pabrik penghasil lumpur tersebut berada di sekitar kolamnya. Lumpur cair yang belum kering ini didiamkan di dasar kolam untuk diendapkan. Kelebihan cairan dari kolam apabila jumlah cukup banyak dikembalikan ke bangunan pengolahan dan apabila sedikit dapat langsung dibuang ke tempat pembuangan atau ke sungai. Selama proses pengeringan ini terjadi pencernaan lumpur melalui proses aerobik dan anaerobik sehingga akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Oleh karena itu dalam pelaksanaannya haruslah dijauhkan dari tempat tinggal penduduk.

Penimbunan atau Penumpukan

Pembuangan lumpur yang sudah dipadatkan, dan dalam keadaan stabil adalah sangat cocok menggunakan sistem seperti di atas, karena meskipun hanya dilakukan penumpukan saja lumpur tersebut sudah tidak menimbulkan gangguan pada masyarakat di sekitarnya. Termasuk dalam cara ini adalah cocok juga dipergunakan untuk membuang sisa hasil pengolahan yang berasal dari *incenerator*.

Pengisian Tanah

Apabila daerah itu merupakan daerah yang nyaman, maka

pembuangan lumpur dengan cara pengisian tanah (*sanitary land fill*) adalah cara yang paling tepat untuk membuang lumpur, lemak, pasir serta zat padat lainnya. Dengan demikian pembuangan dengan cara ini adalah cukup baik untuk membuang semua kotoran yang dihasilkan oleh masyarakat setempat selain membuang lumpur yang dihasilkan oleh bangunan pengolahan air limbah. Adapun cara pembuangan dengan sistem ini adalah membuang kotoran padat dan bahan buangan lainnya pada tempat yang telah ditentukan kemudian dipadatkan dengan traktor atau alat pemadat lainnya selanjutnya ditutup dengan tanah setebal 30 cm. Pekerjaan seperti ini dilakukan setiap hari sehingga semua sampah tidak akan tercecer dan tidak tampak dari luar. Dengan demikian gangguan yang berupa bau dan pemandangan yang tidak sedap dapat dihindarkan melalui pembuangan secara *land filling*.

Dalam melakukan pemilihan tempat pembuangan seperti ini harus diperhitungkan tentang gangguan yang akan timbul juga bahaya kesehatan yang bisa ditimbulkan dengan adanya pembuangan ini. Misalnya saja untuk mengangkut lumpur padat yang akan dibuang ke tempat pembuangan ini hendaknya telah tersedia jalur yang tidak melewati daerah usaha atau tempat keramaian kota, sehingga masyarakat sekitarnya tidak mengalami gangguan kebisingan maupun lalu-lalangnya kendaraan pengangkut. Selain itu juga harus diperhitungkan kemungkinan pencemaran terhadap tanah dan air tanah yang ada di sekitarnya.

Setelah pengisian tanah rata dengan tanah areal, maka yang dihasilkan ini dapat dipergunakan sebagai tempat untuk rekreasi atau daerah penghijauan. Akan tetapi, areal tersebut belum dapat dipergunakan sebagai tempat untuk mendirikan bangunan apalagi bangunan yang bertingkat, karena tanah yang ada masih belum stabil sehingga apabila berdiri bangunan di tempat ini, maka bangunan tersebut dapat turun dan merusak bangunannya.

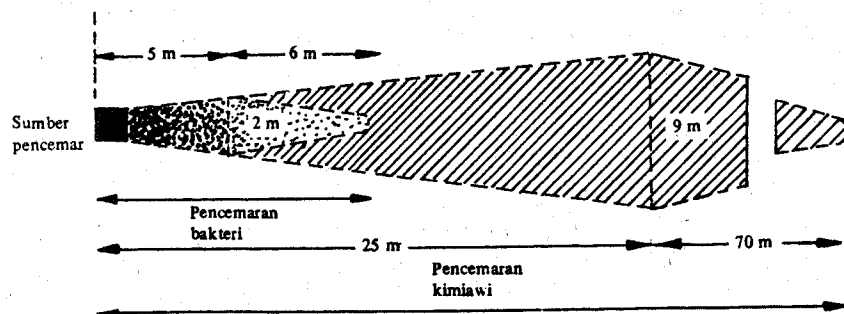
5

Penerapan Pengolahan Air Limbah di Masyarakat

PENGOLAHAN AIR LIMBAH DAN KOTORAN MANUSIA DI RUMAH

Apabila suatu kota telah mempunyai sistem pembuangan air limbah yang berupa saluran tertutup dengan pengolahan yang tersendiri, maka setiap air limbah dan kotoran rumahtangga yang dihasilkan oleh warga kota akan dibuang ke saluran kota terdekat untuk dialirkan ke tempat pengolahan yang tersedia. Akan tetapi, apabila kota itu belum memiliki sistem pembuangan air limbah secara tertutup, maka umumnya hanya air limbah yang berasal dari kamar mandi dan cuci saja yang dibuang ke saluran limbah kota, sedangkan kotoran yang berasal dari WC akan dibuang ke tempat pembuangan khusus yang dikenal sebagai *septic tank*.

Dengan demikian setiap rumahtangga mempunyai *septic tank* tersendiri, sedangkan air limbah selain dari WC saja yang dibuang ke saluran air limbah perkotaan. Sehubungan dengan pembuangan kotoran rumahtangga ini, maka perlu kiranya dipertimbangkan akibat negatif yang akan ditimbulkan dari pembuangan tersebut. Sebagai ilustrasi, berikut ini adalah suatu gambaran pola pencemaran yang ada di dalam tanah apabila suatu sumber pencemar diletakkan di dalam tanah. Dalam hal ini pencemaran adalah gambaran pencemaran akibat adanya pembuangan kotoran rumahtangga terhadap tanah di sekitarnya.



Gambar 5.1. Penyebaran mikroorganisme dan bahan kimia dalam suatu pencemaran terhadap air tanah di sekitarnya.

Dari gambar di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Pencemaran yang ditimbulkan oleh bakteri terhadap air yang ada di dalam tanah dapat mencapai jarak 11 meter searah dengan arah aliran air tanah. Oleh karena itu, pembuatan sumur pompa tangan dan sumur gali untuk keperluan air rumah tangga sebaiknya berjarak 11 meter dari sumber pencemar.
2. Keadaan ini dapat diperpendek jaraknya apabila pembuangan kotoran yang ada belum mencapai permukaan air tanah karena perjalanan bakteri di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh aliran air di dalam tanah.
3. Kalau pencemaran bakteri hanya mencapai 11 meter, maka pencemaran yang diakibatkan oleh kandungan bahan kimia dapat mencapai jarak sejauh 95 meter. Dengan demikian, sumber air yang ada di masyarakat sebaiknya harus berjarak lebih besar dari 95 meter dari tempat pembuangan bahan kimia.

Septic Tank

Untuk membuat *septic tank* yang baik sehingga tidak mencemari air dan tanah di sekitarnya, maka beberapa hal perlu diperhatikan antara lain :

1. Dinding *septic tank* hendaknya dibuat dari bahan yang rapat air.
2. Untuk membuang air limbah hasil pencernaan dari *septic*

tank perlu dibuatkan daerah peresapan.

3. *Septic tank* ini direncanakan untuk membuang kotoran rumah tangga dengan jumlah air limbah sekitar 100 liter/orang/hari.
4. Waktu tinggal air limbah di dalam tangki pencernaan diperkirakan minimal selama 24 jam.
5. Besarnya ruang lumpur diperkirakan untuk menampung lumpur yang dihasilkan proses pencernaan dengan patokan banyaknya lumpur sebesar 30 l per orang/tahun, sedangkan waktu pengambilan lumpur diperhitungkan minimal selama 4 tahun.
6. Lantai dasar *septic tank* harus dibuat miring ke arah ruang lumpur.
7. Pipa air masuk ke dalam *septic tank* hendaknya selalu lebih tinggi $\pm 2,5$ cm dari pipa air keluarnya.
8. *Septic tank* hendaknya dilengkapi dengan lubang pemeriksaan dan lubang penghawaan untuk membuang gas hasil pencernaan.
9. Untuk menjamin terpakainya bidang peresapan, maka pemasangan siphon otomatis adalah sangat bermanfaat agar air limbah yang dibuang ke daerah peresapan terbuang secara berkala.

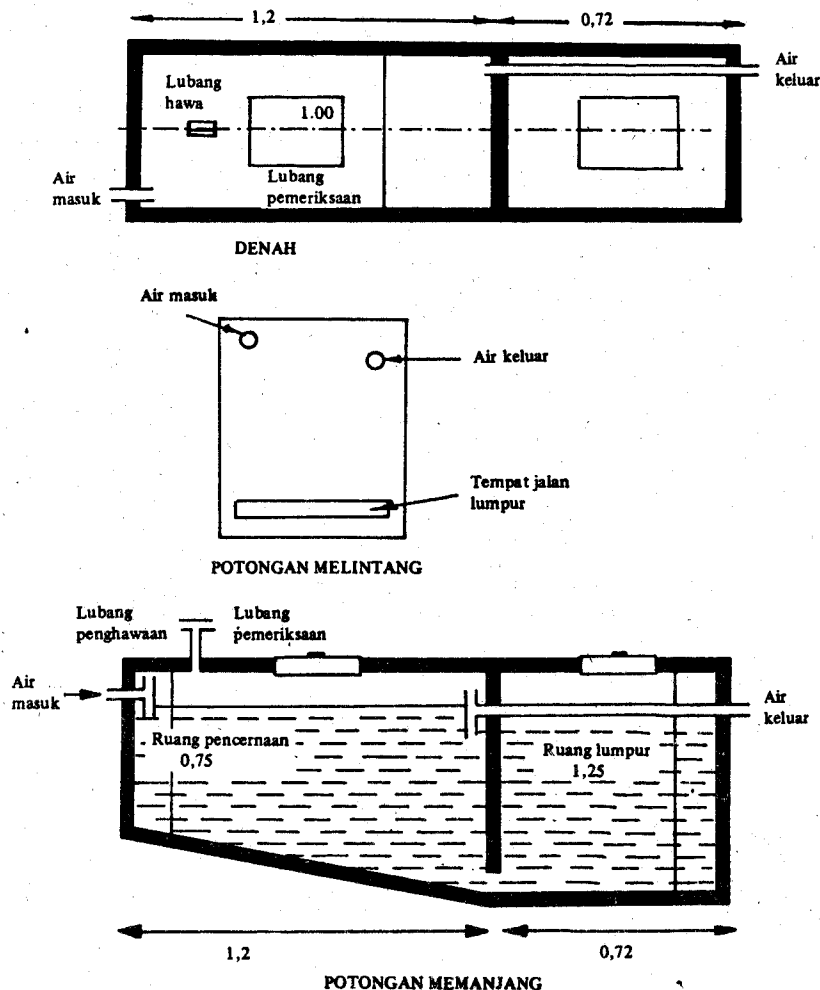
Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk membuat *septic tank* yang akan dipergunakan oleh keluarga dengan jumlah penghuni 6 orang dan jangka waktu pengambilan lumpur selama 5 tahun, sedangkan waktu tinggal di dalam tangki pencernaan direncanakan selama 2 hari.

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Besarnya tangki pencernaan} &= \text{Banyaknya air limbah selama 2 hari} \\ &= 2 \times 6 \text{ orang} \times 100 \text{ liter} \\ &= 1.200 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\text{Besarnya ruang lumpur} = 6 \times 30 \text{ l} \times 5 \text{ tahun} = 900 \text{ liter}$$

jadi, untuk melayani keluarga tersebut di atas diperlukan tangki pencernaan sebesar $1,2 \text{ m}^3$ dengan ruang pengumpul lumpur sebesar $0,9 \text{ m}^3$.



Gambar 5.2. Skema bangunan septic tank.

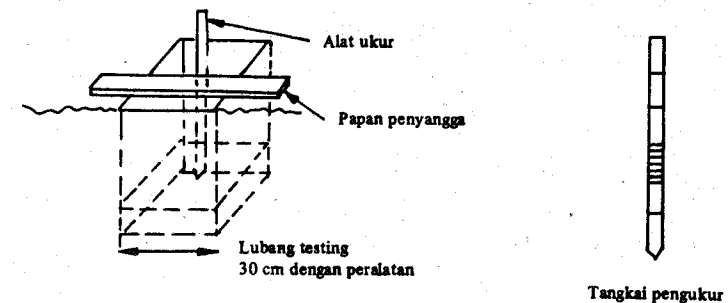
Percobaan Daya Resap Tanah¹⁾

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam meresapkan air limbah. Hal ini diperlukan untuk mengetahui berapa besarnya luas areal peresapan yang diperlu-

1) Yoseph A. Salvato, J.R., *Environmental Engineering and Sanitation*, Second Edition (New York: John Wiley Interscience, 1972), hlm. 268–310.

kan untuk suatu jenis tanah dari tempat percobaan. Semakin besar daya resap tanah, maka semakin kecil luas daerah peresapan yang diperlukan untuk sejumlah air limbah tertentu. Mengingat setiap daerah mempunyai jenis tanah yang berbeda maka daya resap tanahnya juga akan berbeda pula. Untuk melaksanakan percobaan peresapan ini diperlukan beberapa peralatan antara lain :

1. Alat penggali tanah.
2. Papan penyangga.
3. Tongkat sebagai alat pengukur.



Gambar 5.3. Peralatan untuk melaksanakan tes daya resap tanah.

Adapun cara melakukan percobaan peresapan ini sebagai berikut :

1. Jumlah dan tempat percobaan; enam atau lebih percobaan harus dilakukan dalam lubang percobaan yang terpisah pada jarak antara yang sama sepanjang medan peresapan.
2. Jenis lubang percobaan; galilah lubang dengan garis tengah sepanjang 10–30 cm dengan kedalaman sepanjang dalamnya parit perembesan yang akan dibuat.
3. Cara pembuatan lubang; galilah lubang itu dengan alat penggali yang tajam untuk mendapatkan gambaran tanah yang asli sebagai tempat merembesnya air. Angkatlah semua tanah yang lepas, kemudian masukkanlah pasir kasar atau kerikil halus setinggi 5 cm yang berfungsi untuk melindungi dasar lubang dari endapan tanah.
4. Proses penjiwaan dan pemekaran tanah; adalah upaya

agar kondisi tanah yang ada dapat menyamai kondisi pada saat musim penghujan. Dengan membuat kondisi seperti ini diharapkan kemampuan tanah menyerap air tidak terpengaruh oleh musim. Adapun proses ini dengan cara mengisi lubang tersebut dengan air jernih sampai pada ketinggian 30 cm di atas kerikil. Pengisian ini dilakukan secara terus-menerus agar ketinggiannya dapat dipertahankan selama satu malam atau setidaknya-tidaknya selama 4 jam. Dengan pemekaran semalam diharapkan hasilnya tidak akan berbeda apabila dilakukan pada saat musim penghujan maupun musim kemarau.

5. Pengukuran kecepatan merembes; pengukuran dilakukan pada hari berikutnya setelah mengalami pemekaran, kecuali pada tanah yang berpasir, maka setelah 4 jam pemekaran dapat langsung dilakukan pengukuran. Apabila setelah satu malam masih tersisa air maka tambahkan ketinggian air menjadi 15 cm di atas kerikil, begitu juga halnya apabila airnya habis. Dari satu titik tolak yang tetap ukurlah turunnya air dalam jangka waktu 30 menit selama 4 jam, dengan

Tabel 5.1. Medan Peresapan yang Diperlukan untuk Rumah-tangga dan Sekolah

Angka rembesan (waktu yang diperlukan untuk turunnya air 2,5 cm dalam menit)	Medan peresapan yang diperlukan (dasar parit peresapan dalam M persegi untuk tiap orang)	
	Rumah-tangga	Sekolah
2 atau kurang	2,30	0,84
3	2,80	0,93
4	3,25	1,12
5	3,50	1,21
10	4,65	1,67
15	5,35	1,86
30	7,00	2,70
45	8,45	3,10
60	9,30	3,50
Lebih dari 60	Tidak cocok untuk sistem perembesan dangkal	

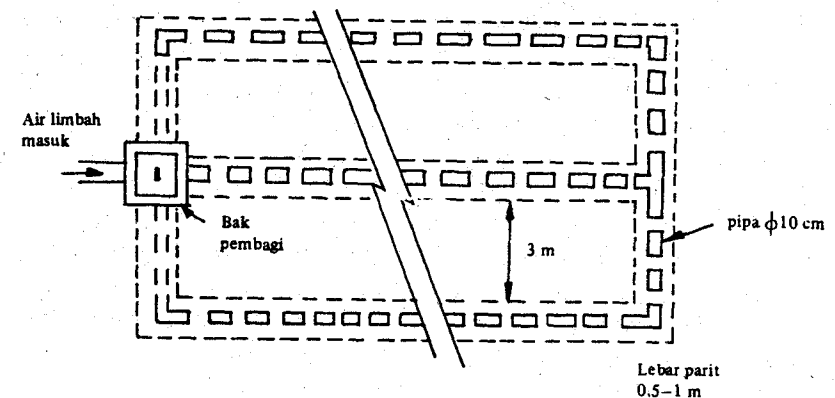
Sumber: Studies on Household sewage disposal sistem.

dilakukan pengisian kembali apabila perlu sampai 15 cm di atas kerikil. Turunnya permukaan air dalam jangka waktu 30 menit terakhir digunakan untuk memperhitungkan angka rembesan. Dari sini akan dihasilkan besarnya angka dalam cm, turunnya air selama 30 menit, dan dari angka ini akan bisa dihitung berapa menit waktu yang diperlukan untuk menurunkan air sepanjang 2,5 cm. Angka inilah yang nantinya akan dimasukkan ke dalam perhitungan tabel, dan angka hasil perhitungan ini disebut angka rembesan.

Pada tanah yang berpasir biasanya 15 cm air pertama merembes kurang dari 30 menit sesudah jangka waktu pemekaran semalam. Untuk mengatasi hal ini, maka jarak pengukuran harus diambil setiap 10 menit dan lamanya percobaan adalah 1 jam. Turunnya air pada 10 menit terakhir yang dipergunakan sebagai angka yang dimasukkan ke dalam tabel sehingga menghasilkan angka rembesan.

Catatan :

Bahwa perhitungan medan peresapan yang terdapat pada tabel di atas adalah atas dasar perhitungan untuk mengalirkan air limbah sebanyak 190 liter per orang per hari. Oleh karena itu, untuk memperhitungkan medan peresapan efektif dari jumlah air limbah yang berbeda dapat diperhitungkan dengan cara mengalikan luas daerah hasil perhitungan di atas



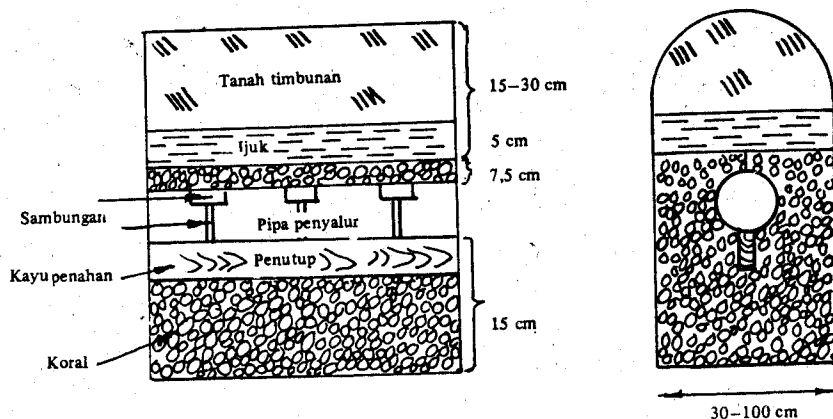
Gambar 5.4a. Denah parit peresapan.

dengan rasionya (angka perbandingan).

$$\text{Rasio} = \frac{\text{Pengaliran air limbah setempat dalam liter/org./hr.}}{\text{Pengaliran air limbah dalam tabel (190 l)}}$$

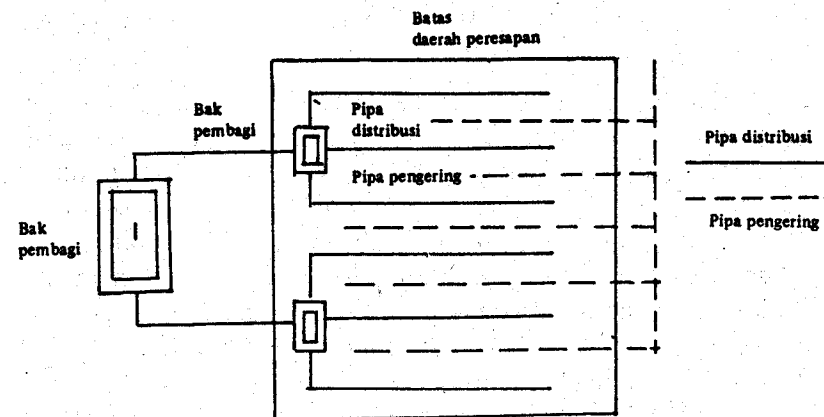
Misalnya: apabila jumlah pengaliran air limbah dari suatu kelompok masyarakat diperkirakan sebesar 50 liter/orang/hari, maka luas areal peresapan daerah adalah sebesar luas areal hasil perhitungan dari tabel dikalikan dengan $\frac{50}{190}$ atau 0,263.

Untuk menghitung panjangnya parit yang akan dibuat, maka hasil perhitungan tabel di atas harus dibagi dengan lebar parit yang akan dibuat. Biasanya pembuatan parit peresapan menggunakan lebar parit 0,5–1 meter. Gambar detail tentang pembuatan parit peresapan dapat dilihat pada Gambar 5.4a.

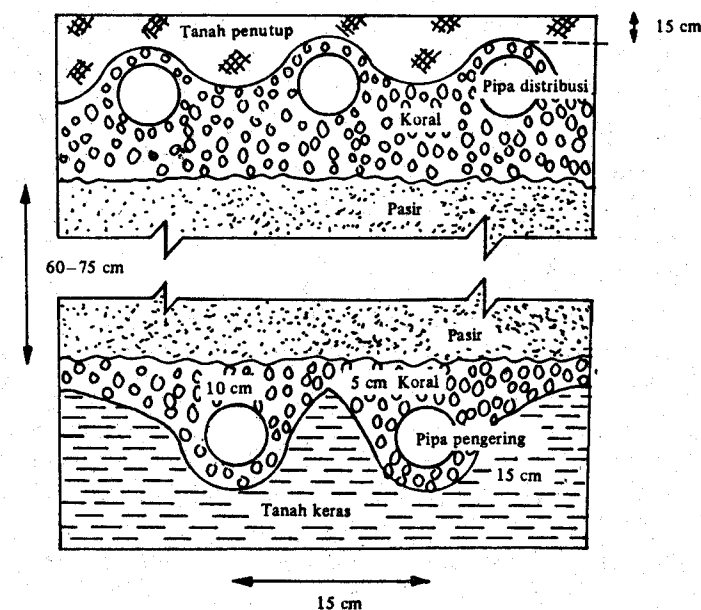


Gambar 5.4b. Potongan melintang parit peresapan.

Apabila tanah yang ada di daerah itu merupakan tanah yang keras, sehingga sulit untuk meresapkan air limbah, maka dapat dipergunakan daerah peresapan yang menggunakan saringan pasir. Dengan demikian air yang telah melewati daerah peresapan dapat langsung dibuang pada saluran terbuka atau ke sungai. Adapun cara membuat daerah peresapan pada tanah yang keras dapat dilihat pada Gambar 5.5a dan 5.5b.



Gambar 5.5a. Denah parit peresapan pada tanah yang keras.



Gambar 5.5b. Potongan melintang daerah peresapan pada tanah yang keras dengan menggunakan saringan pasir.

PENGOLAHAN AIR LIMBAH DI PERUSAHAAN PENGOLAH SUSU²⁾

Pengolahan susu diproses dalam bentuk cairan seperti halnya pada pasteurisasi susu yang homogen untuk konsumsi sehari-hari atau diproses di pabrik menjadi susu bubuk kering yang telah diambil lemaknya, keju, dan produk lainnya yang kurang mudah untuk terjadi pembusukan agar memudahkan dalam proses penyimpanannya. Hasil dari pengolahan ini kemungkinan akan dipergunakan oleh perusahaan susu atau diangkut ke perusahaan roti, manisan, atau perusahaan lainnya agar lebih meningkat kegunaannya.

Air limbah yang berasal dari perusahaan susu sebenarnya tidak berbeda dengan air limbah yang berasal dari perusahaan makanan lainnya, akan tetapi air limbah yang berasal dari perusahaan susu ini mempunyai suatu yang istimewa yaitu ke rentanannya terhadap serangan bakteri. Dengan demikian air limbah dari perusahaan ini sangat mudah mengalami proses pembusukan.

Sumber Air Limbah

Air limbah yang berasal dari perusahaan pengolah susu dibagi menjadi 3 kategori antara lain :

1. Buangan industri.
2. Buangan rumah tangga.
3. Buangan yang tidak terkontaminasi.

Air buangan/limbah industri berasal dari pembuangan bahan baku yang komposisinya dapat dilihat berikut ini (Tabel 5.2). Dengan demikian limbah perusahaan susu adalah berisikan kandungan yang tidak banyak berbeda dengan kandungan bahan bakunya. Air buangan industri ini dapat dipisahkan menjadi :

1. Air cucian dan bilasan dari kaleng, tangki, juga peralatan tangki pipa produksi dan lantai.
2. Air tumpahan, kebocoran dari kerusakan peralatan atau kurang cermatnya waktu kerja.

2) Clifford W. Watson, Jr., "Dairy Product" di dalam C. Fred Gurnham (Ed.), *Industrial Wastewater Control* (New York: Academic Press, 1965), hlm. 94.

Tabel 5.2. Komposisi Bahan yang Biasa Terdapat pada Pabrik Penghasil Susu

Pabrik pengolahan susu	Mentega lemak	Protein	Susu gula	Tambah gula	Abu	Keasaman sbg. lact.	Jumlah zat padat	Organis padat	BOD
Susu penuh	3,9	3,2	5,1	0	0,7	—	12,9	12,2	10,3
Susu yang diuapkan	7,9	6,7	10,1	0	1,4	—	26,1	24,7	20,8
Susu yang telah dipisahkan	0,1	3,3	5,3	0	0,8	—	9,5	8,7	7,2
Susu bubuk kering tanpa lemak	0,9	36,9	50,5	0	8,1	—	96,4	88,3	73,7
Susu kental manis yang telah dipisahkan	0,3	10,4	16,8	40	2,5	—	70,0	67,5	50,2
Mentega susu	0,5	3,4	4,3	0	0,7	0,6	9,5	8,8	7,2
Dadih cheddar	0,3	0,9	4,9	0	0,6	0,2	6,9	6,3	3,5
Cheddar keju	35,5	26,6	1,5	0	3,5	—	67,1	63,6	60,0
Kepala susu	40,0	2,2	3,0	0	0,4	—	45,6	45,2	39,9
Campuran es krem	12,0	3,9	5,9	15	0,8	—	37,6	36,8	29,2

Semua angka yang ada adalah dalam persen (perseratus).
Sumber: C. Fred Gurnham, 1965.

3. Air buangan yang berasal dari dadih, mentega yang rusak.
4. Air buangan dari bahan baku yang telah rusak.

Sedangkan buangan rumahtangga adalah air limbah dari dapur, kamar mandi, WC seperti layaknya air limbah rumah tangga lainnya.

Adapun yang tergolong dalam buangan yang tidak terkontaminasi adalah jenis air pendingin yang dipergunakan setelah pasteurisasi. Air limbah ini tidak mengandung bahan susu sama sekali. Banyaknya air limbah yang dibuang oleh perusahaan dipengaruhi oleh tersedianya sumber asal air dan pola penggunaan airnya. Perencanaan dengan sistem lantai kering adalah pelaksanaan yang irit terhadap penggunaan air. Sistem ini adalah yang terbanyak dipergunakan oleh perusahaan pengolah susu yang beroperasi saat ini. Dengan demikian akan mengurangi biaya untuk keperluan air yang pada giliran selanjutnya akan mengurangi jumlah air yang akan dibuang.

Cara Pengolahan Air Limbah

Bahan padat yang mudah mengendap adalah bahan yang kurang begitu penting pada pengolahan ini. Akan tetapi, bahan organik dalam bentuk koloid maupun dalam bentuk terlarut adalah bahan yang terpenting pada pengolahan air limbah dari perusahaan susu.

Pengurangan kebutuhan akan oksigen dapat dilaksanakan dengan baik melalui pengendapan. Pengendapan pada tangki pertama menyebabkan perubahan laktosa menjadi laktat secara cepat dan mengendapnya kasein. Buangan bersifat asam akan menyulitkan pengolahan tahap kedua, kasein itu sendiri tidak dapat dicerna pada kondisi yang asam. Walaupun pada pengendapan pertama merupakan bagian kecil saja dari pengolahan yang ada, akan tetapi bak pengendap pasir juga sangat diperlukan karena pasir dan bahan pengendap lainnya dapat merusak pompa serta bangunan pengolah dan mengganggu proses pengolahan itu sendiri.

Bagian lain yang tidak kalah pentingnya adalah keseimbangan antara jumlah aliran dan BOD dari air limbah dibandingkan dengan volume tangki yang akan dipergunakan, mengingat kondisi air limbah yang dapat berubah secara cepat dalam waktu

tu 24 jam. Adapun sistem pengolahan yang banyak dipergunakan dewasa ini adalah sistem aerasi, modifikasi lumpur aktif, *trickling filter* dan irigasi serta lagoon.

Aerasi

Yang paling utama pada pengolahan dengan menggunakan metode aerasi adalah pengaturan penyediaan udara pada bak aerasi, di mana bakteri aerob akan memakan bahan organik di dalam air limbah dengan bantuan O_2 . Penyediaan ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan lingkungan dan kondisi sehingga bakteri pemakan bahan organik dapat tumbuh dan berbiak dengan baik sehingga kelangsungan hidupnya terjamin. Penyediaan udara yang lancar dapat mencegah terjadinya pengendapan di dalam bak aerasi. Adanya endapan akan menyebabkan terjadinya penahanan pemberian oksigen ke dalam sel. Dengan demikian akan menyebabkan timbulnya situasi bakteri anaerobik. Oleh karena, pemberian oksigen yang cepat melalui jet aerator serta pemutaran dengan baling-baling untuk mencegah timbulnya gumpalan akan meningkatkan penyerapan oksigen.

Skema berikut ini adalah suatu *flowdiagram* yang menggunakan aerasi dengan pemanfaatan kembali lumpur aktifnya (lihat Gambar 5.6).

Pengolahan dengan penggunaan oksidasi ini mempunyai dua fase yaitu :

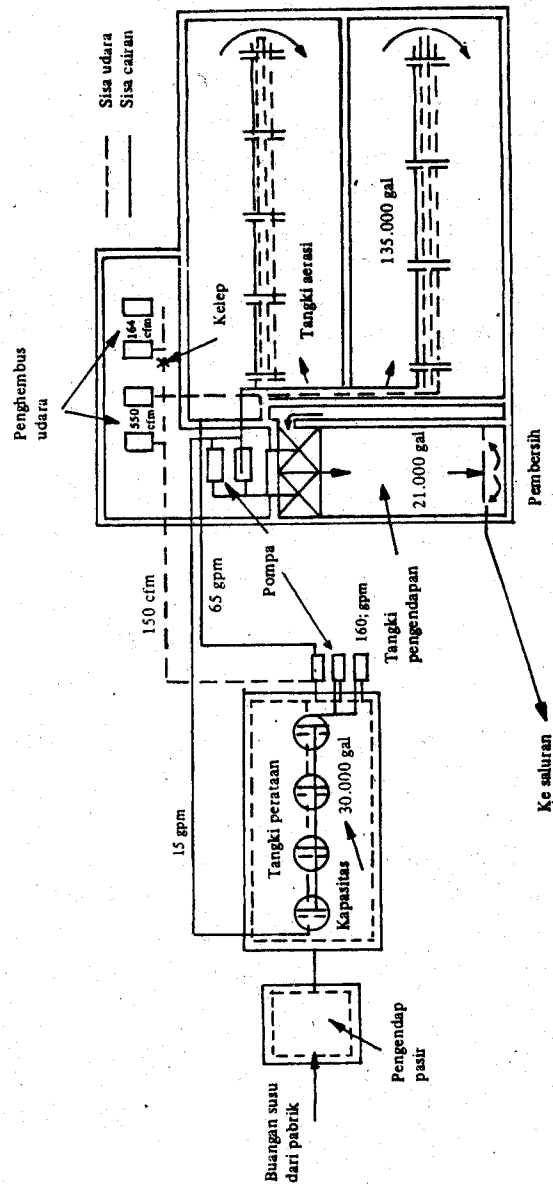
1. Fase Asimilasi

Pada fase ini air buangan susu segar masih berada dalam tangki aerasi. Pada saat ini bakteri secara cepat memakan bahan organik dan memerlukan oksigen yang banyak dalam waktu singkat.

2. Fase Endogenous

Bakteri tidak menerima makanan baru, tetapi mencerna makanan selama proses asimilasi dan memerlukan oksigen dalam waktu yang lama. Oleh karena itu pemberian oksigen harus kontinu.

Semenjak pencernaan sendiri dilakukan bahkan selama dalam fase asimilasi oksigen harus selalu diberikan selama peng-



Gambar 5.6. Bangunan pengolah air limbah dari pabrik susu dengan cara aerasi.

olahan. Percobaan menunjukkan bahwa setiap pound berat kering bahan organik diperlukan 1,2 lb oksigen untuk pencernaan lengkap. Pada susu kering yang tidak mengandung lemak diperkirakan 83,3% adalah bahan organik. Jadi, satu-satuan berat dari susu nonlemak memerlukan satu-satuan berat oksigen. Kebutuhan oksigen untuk oksidasi komplit sebesar 37,5% atau sebanyak 0,45 lb/lb dari bahan organik selama fase asimilasi.

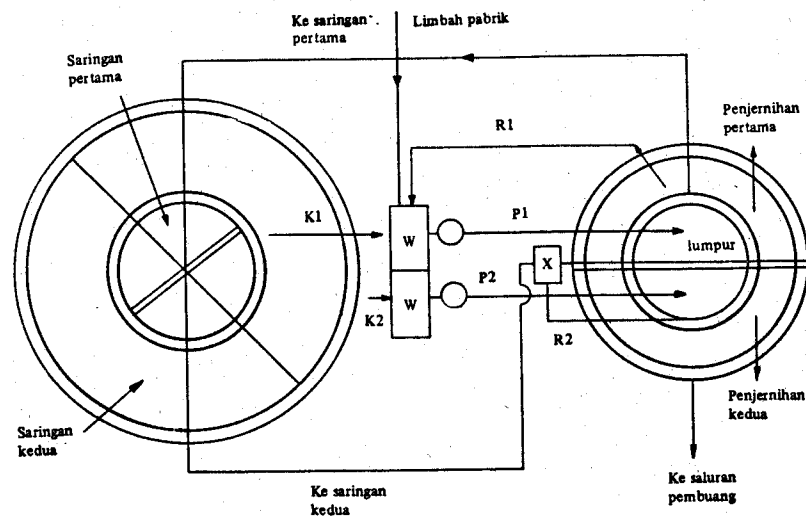
Pernafasan endogenous memerlukan 62,5% dari kebutuhan oksigen atau 0,75 lb setiap 0,52 lb lumpur yang dihasilkan, ini adalah sebanding dengan 1,44 lb oksigen setiap lb lumpur. Selama fase endogenous pada 90°F lumpur yang dimakan sendiri berkisar 1% per jam, di mana memerlukan 0,0144 lb oksigen per jam untuk satu pound berat lumpur, apabila suhu rendah proses berjalan sangat lambat.

Masalah yang Terdapat dalam Aerasi

Busa merupakan masalah negatif yang timbul sebagai akibat pemberian udara selama fase endogenous di mana kebutuhannya hanyalah sekitar 10% dari fase asimilasi. Pengurangan dari penyediaan udara sekitar 3 jam setelah pemberian lumpur tambahan sudah dapat merusak atau menghentikan proses. Kerusakan utama disebabkan kelebihan muatan atau tidak cukupnya waktu untuk oksidasi, sehingga kebutuhan oksigen tidak cukup dan bahan organik menjadi masih tertinggal.

Saringan Pasir

Saringan pasir adalah salah satu dari cara pengolahan air limbah pabrik susu. Pengalaman pertama menunjukkan bahwa buangan pabrik susu yang pekat diterapkan sebagai dasar rata-rata penyaringan, karena terlalu kotor limbahnya dapat membuat saringan tidak dapat beroperasi. Oleh karena itu, pengenceran sangat diperlukan, juga melalui penambahan air pendingin dan air bersih lainnya atau menggunakan kemampuan saringan yang tinggi dengan cara mengalirkan kembali bahan yang akan dibuang dari bak pertama. Trebler mengembangkan hal ini dengan bak penjernih pertama dan kedua diletakkan pada satu tangki bulat dan dipisahkan oleh pelat (Gambar 5.7). Sedangkan pada fase kedua berisikan bak dua buah



Keterangan Gambar :

- | | |
|---|---|
| K1 = Air limbah yang keluar dari saringan I. | R1 = Perputaran kembali limbah dari penjernihan I. |
| K2 = Air limbah yang keluar dari saringan II. | R2 = Perputaran kembali limbah dari penjernihan II. |
| P1 = Pompa pembuangan dari saringan I. | W = Sumur pengumpul. |
| P2 = Pompa pembuangan dari saringan II. | X = Klep pengontrol yang terapan. |

Gambar 5.7. Saringan pasir dengan sistem pemutaran kembali air limbah.

berbentuk lingkaran dengan bagian dalam adalah saringan I, sedangkan yang bagian luar adalah saringan II, di mana keduanya dilengkapi dengan tangkai pemutar.

Problema yang terjadi pada pengolahan air limbah dengan saringan pasir adalah terjadinya asam laktat akibat berubahnya laktosa secara cepat dan mengakibatkan penurunan pH pada tangki I. Akibat selanjutnya adalah mengendapnya kasein dan juga menurunnya aktivitas bakteri. Dengan menurunnya aktivitas bakteri akan menyebabkan pembuntuan dari saringan, sehingga bahan organik menjadi busuk dan menyebabkan bau yang busuk dari bangunan pengolah tersebut. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan aerasi dengan menghembuskan udara sebanyak 0,25–0,5 cuft/lb dari BOD, selain menjaga air limbah agar tetap segar.

Irigasi

Sistem ini dapat diterapkan apabila tanah yang tersedia

cukup luas, barulah sistem ini dapat diterapkan. Pengolahan dengan irigasi merupakan cara yang paling ekonomis serta paling kecil menimbulkan masalah pada bangunan pengolahnya, akan tetapi perlu tanah yang cukup luas. Bahan organik yang ada dimakan bakteri secara alamiah di atas permukaan tanah, yang mana nantinya akan diubah menjadi CO_2 , air, serta produk lainnya seperti nitrat.

Untuk melaksanakan pembuangan dengan sistem irigasi ini dapat ditempuh melalui dua cara yaitu :

1. Dengan sistem penyemprotan.
2. Dengan sistem arus dan bumbungan.

Pada sistem yang pertama diperlukan peralatan kecil-kecil serta perpipaan yang tetap dengan *nozzle* penyemprot pada sepanjang pipa. Air limbah dipompakan dari bak pengumpulan kemudian dialirkan ke daerah irigasi melalui pipa dan ke luar dari *nozzle* yang ada.

Sedangkan pada sistem kedua adalah dengan menggunakan parit yang dangkal selanjutnya dialirkan ke sungai, adapun yang perlu diperhatikan :

1. Kemiringan tanah sebesar 6%.
2. Jenis tanah (kapur, lempung, pasir).
3. Jenis tumbuh-tumbuhan.
4. Suhu, kelembapan, curah hujan.

Luas areal yang diperlukan untuk irigasi sangat dipengaruhi oleh banyaknya air limbah. Sistem ini banyak menggunakan air di mana 2–3 bagian adalah hilang melalui proses penguapan. Bahan organik dari air limbah yang merupakan makanan bakteri aerob sehingga perlu oksigen. Untuk penggunaan tanah sebagai daerah irigasi sebaiknya dilakukan secara bergantian, sehingga diberikan kesempatan oleh tanah untuk mengambil kembali udara luar. Dengan demikian akan dapat dicegah terjadinya situasi anaerob pada daerah irigasi. Biasanya pengaliran pipa irigasi dilakukan setiap dua hari sekali, sedangkan untuk sistem parit dengan cara mengatur pengaliran air secara bergantian. Apabila limbah yang ada banyak mengandung sodium maka perlu ditambahkan kapur ke dalamnya, gipsium agar sodium yang ada tidak menimbulkan penyumbatan pori-pori tanah.

Tanaman keras sebagai pelindung pada sistem irigasi sangat

diperlukan untuk menjaga kestabilannya. Pengalaman menunjukkan bahwa dari 4.000 sampai dengan 30.000 galon/acre = 0,4646 ha/hari dengan variasi BOD 25 sampai dengan 2.500 lb/acre/hari adalah cukup baik dengan waktu istirahat adalah 1–2 jam di dalam tangki penyimpanan. Pada tangki ini diperlukan saringan kasar sebesar 1/4 inci yang berfungsi untuk menangkap gumpalan agar tidak menimbulkan penyumbatan pada *nozzle*.

Kolam

Pembuangan dengan sistem kolam adalah cocok untuk pembuangan rumahtangga atau gabungan rumahtangga dan buangan pabrik susu. Apabila merencanakan sistem ini diperlukan perhatian terhadap luas kolam yang tersedia. Pemberian oksigen dapat dilakukan secara alamiah ataupun secara mekanis. Kandungan BOD perlu diketahui agar terdapat keseimbangan antara oksigen yang diperlukan untuk kepentingan pembusukan. Untuk itu semua telah dibuatkan standarisasi dalam membuat kolam untuk mengolah air limbah yang berasal dari perusahaan susu seperti apa yang telah terlihat dalam tabel berikut ini yang dibuat oleh "State of Missouri".

Tabel 5.3. Standar dari Missouri State untuk Membuat Kolam

Jenis bangunan pengolah	Jumlah limbah setiap 1.000 lb susu yang diterima	Muatan kolam yang sepadan dari setiap acre permukaan air	BOD (lb) setiap acre permukaan air
Pengolahan keju	16	400	64
Tempat penerima	4	300	48
Tempat krem	6	400	64
Pabrik susu pada umumnya	10	350	56

Sumber: C. Fred Gurnham, 1965.

PENGOLAHAN AIR LIMBAH DARI PABRIK PENGHASIL BARANG-BARANG YANG TERBUAT DARI LOGAM³⁾

Industri yang menghasilkan barang-barang dari logam sangat berhubungan dengan beberapa perusahaan antara lain peralatan listrik, *automotive*, perhiasan, dan lain-lain industri kerajinan. Berbeda dengan industri lainnya yang berupa bahan organik, maka buangan industri di sini sangat bervariasi tergantung dari jenis industri yang ada. Besi dan baja merupakan gambaran yang nyata selain cairan asam yang berisikan asam dan besi, di mana larutan asam-asaman sebagai produksi akhir dari logam hasil pembilasan.

Pada umumnya, pengolahan air limbah dari pabrik penghasil barang-barang dari logam tidak banyak berbeda dengan pengolahan air limbah dari industri lainnya, yaitu berupa pengendapan dan penggumpalan selain menghilangkan sifat racun yang merupakan problem utama, sedangkan pengolahan BOD kurang menjadi perhatian.

Keadaan Pabrik atau Perusahaan

Secara garis besar proses pembuatan barang-barang dari logam dapat dikategorikan sebagai berikut :

1. Proses pembersihan, perubahan pelapisan.
2. Proses pelapisan bahan kimia organik.
3. Proses pelapisan dan elektrolisa.

Berbagai variasi dalam proses pembuatan yang merupakan bagian dari produksi dalam mendapatkan hasil akhir seperti pada bagian barang-barang elektronik, pipa sumur minyak, hiasan mobil serta barang tembaga. Pembersihan dan perubahan pelapisan biasanya dikerjakan terlebih dahulu. Semua bagian ini tidak dikerjakan oleh satu pabrik, akan tetapi terbagi dalam beberapa usaha kecil yang kalau digabungkan akan merupakan penghasil barang jadi. Dengan demikian sangatlah sulit menentukan jumlah air limbah dari suatu pabrik penghasil barang

3) D. Gardner Foulke, "Metal Finishing Product" di dalam C. Fred Gurnham (Ed.), *Industrial Wastewater Control* (New York: Academic Press, 1965), hlm. 339-356.

dari logam. Terdapat sekitar 15.000 jenis peralatan yang diperlukan untuk membuat barang-barang dari logam. Hanya sebagian kecil saja dari alat tersebut yang hasilnya dapat langsung selesai.

Sifat-sifat Air Limbah

Air limbah yang berasal dari pabrik ini sangat sedikit mengandung BOD kecuali apabila pada pembuatan terakhir menggunakan bahan organik. Pada beberapa bagian terdapat bahan yang relatif kecil, akan tetapi bahan tersebut sangat beracun terhadap kehidupan air serta lain-lain kehidupan termasuk juga mikroorganisme pada bangunan pengolahan air limbah.

Pada proses pembersihan dan perubahan pelapisan termasuk bermacam-macam kelompok pemrosesan lainnya mempunyai harga pH antara 1–11 termasuk kandungan bahan makanan bakteri seperti fosfat dan bahan beracun (ion kromat, kation besi). Saat ini air limbah berisikan komponen BOD yang berbeda seperti keton, hidrokarbon, klorinated hidrokarbon dan surfaktan, asam dan sianida juga dipergunakan sebagai bahan pengatur. Bahan buangan organis tersebut dapat berupa minyak, tiner serta bahan pewarna yang berasal dari pencucian. Air limbah yang berasal dari industri ini apabila dibuang langsung ke dalam saluran dapat membahayakan saluran serta beracun terhadap mikroorganisme, untuk itu perlu ditetapkan peraturan perundangannya. Bahan saluran yang berupa beton cor, baja, bahkan besi yang diglazur akan diserang juga oleh asam. Minyak yang berada dalam bentuk emulsi serta skum atau buih yang dihasilkan akan mengganggu pengaliran air limbah.

Pengeluaran Air Limbah di dalam Pabrik

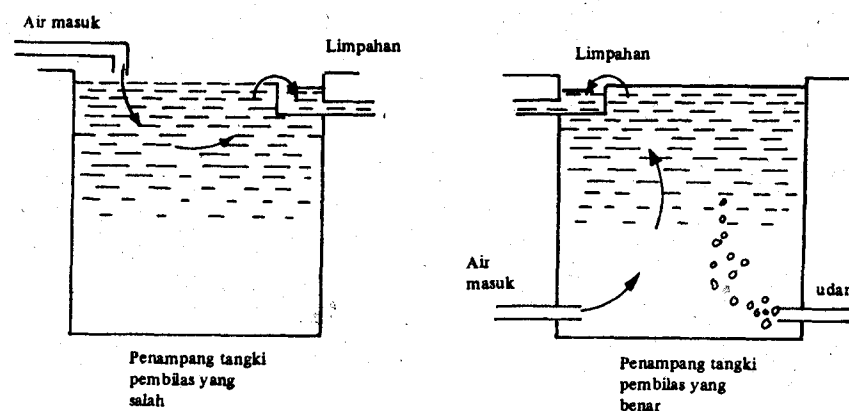
Pabrik yang memproduksi barang-barang dari logam ini memerlukan persediaan air yang cukup banyak, sebab adanya pembilasan-pembilasan yang dilakukan pada setiap fase produksi. Pengenceran air limbah yang dilakukan menjadikan air bertambah banyak dan tidak berbahaya terhadap binatang piaraan dan ikan. Secara ekonomi, maka untuk mengolah air limbah ini memerlukan biaya sebanyak tiga kali lipat biaya produksi. Pengenceran dengan menggunakan air yang banyak hanya tidak dilaksanakan pada industri kecil saja, sedangkan pengolahan

dengan menggunakan sistem tertutup memerlukan biaya tinggi dan biasanya diterapkan apabila daerah tersebut memberlakukan perundangan secara ketat. Adapun pengolahan yang sering diterapkan adalah pengolahan dengan menggunakan kolam atau bak dan diolah secara terus-menerus.

Untuk mengetahui kandungan bahan kimia dari air limbah pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 5.4. Dengan tanpa memperhatikan permasalahan yang ada serta jenis air limbahnya, maka pengaturan perusahaan secara teliti dibarengi dengan pemasangan saluran air limbah yang baik akan dapat mengurangi jumlah air limbah yang dihasilkan. Dengan demikian akan mengurangi beban sarana pengolahan yang berarti akan mengurangi biaya pengolahannya.

Gambaran Tangki Pembilasan

Tangki pembilasan dapat dibuat dengan meletakkan dinding penahan langsung sebagai pipa limpahan sehingga air tidak dapat tumpah. Air pembilas dimasukkan dari bagian bawah, sedangkan udara dimasukkan dari sisi yang berlawanan dengan air masuk dan saluran limpahan sehingga campuran yang terjadi adalah rata. Berikut ini adalah gambaran penampang melintang dari tangki pembilas yang dimaksud.



Gambar 5.8. Penampang melintang tangki pembilas yang baik dan yang jelek.

Tabel 5.4. Klasifikasi Air Limbah dari Pabrik Barang-barang yang Terbuat dari Logam

Proses	Bahan pencemar	Sumber asal	Pengolahan
1. Pembersihan dan perubahan lapisan	Minyak dan lemak Pelarut dari klorin Pelarut hidrokarbon Bahan basa, kaustik, karbonat, silikat fosfat Asam, HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , HF , H_3PO_4 , dan HOAc Lumpur Kromates	Pembersihan Pelarutan Fase kedua/pembersihan Pembersihan dan penambahan fosfat Bahan asam Besi hidroksida, besi partikel, sisa bufer Campuran kromat	Pemisahan lemak Pemisahan minyak Pemisahan minyak Netralisasi Netralisasi Pengendapan Penyaringan Reaksi reduksi Pertukaran ion
2. Penyelesaian organik	Pelarut Minyak Lumpur	Pemberian pernis Pengecatan Pemberian warna	Pemisahan minyak Pemisahan minyak Pengendapan
3. Pelapisan dan elektrolisa	Ion logam Cu, Ni, Zn, Cd, logam berharga Bahan sianida kromat yang simpel (<i>comp.</i>)	Pelapisan dan pemusungan Cairan pelapis Pelapisan dan pemusungan	Pengumpulan, pengendapan Pertukaran ion Perusakan dengan oksidasi Reaksi reduksi, pengumpulan, pertukaran ion.

Sumber : C. Fred Gurnham, 1965.

Pengolahan Air Limbah

Pembersihan benda yang akan dilapisi adalah kegiatan pendahuluan dari proses pelapisan maupun pada proses perubahan pelapisan khususnya selalu didahului dengan pengecatan ataupun pemolesan. Jika menggunakan pendahuluan sebelum melakukan kegiatan seperti pelapisan fosfat, maka banyak menggunakan bak-bak yang berupa basa alam.

Pengolahan air Limbah dari Proses Pembersihan dan Perubahan Pelapisan

Cairan pembersihan dipergunakan untuk mencairkan minyak dan lemak, mengapungkan kotoran serta secara umum akan meningkatkan kebersihan dari permukaan benda yang akan dilapisi. Bahan-bahan basa sering dipergunakan tergantung pada jenis metal yang akan diolah. Campuran dengan menggunakan dua tahap pembersihan dipergunakan pelarut hidrokarbon juga dipergunakan bahan pelarut dari klorin. Pelarut ini biasanya menyebabkan pencemaran udara dan jarang menimbulkan permasalahan dalam air limbah.

Buangan pembersihan basa biasanya dipisahkan dari buangan asam untuk menjaga sistem perpipaan yang ada. Jenis-jenis zat ini dicampur dengan basa lainnya apabila perlu menghasilkan racunnya, baru kemudian dicampur dengan buangan asam untuk melakukan netralisasi. Pada umumnya pembersihan dengan basa akan diikuti dengan penambahan asam. Pembilasan ini kemudian dicampur pada saluran asam dengan asam lain. Pada kebanyakan industri air bilasan berupa asam akan melebihi jumlahnya dari air limbah berupa basa, sedangkan endapan dari tangki adalah relatif sama, dengan demikian maka air limbah berupa asam akan terjadi kelebihan setelah dilakukan netralisasi.

Pengolahan yang cukup murah dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kapur sebagai zat pembunuh terakhir. Sedangkan apabila air limbahnya bersifat basa maka sebagai netralisasi biasanya dipergunakan asam sulfat yang harganya relatif murah.

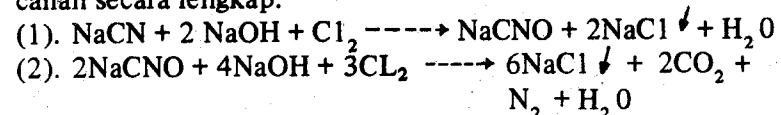
Pengolahan air Limbah dari Proses Pelapisan dan Oksidasi

Bagaimana limbah basa dan asam dari hasil pembilasan se-

lalu menetralkan, pada kegiatan dengan menggunakan oksidasi maka bertambah lagi air limbahnya dengan komponen berupa metalik compound, bahan beracun tambahan asam serta basa lainnya. Bahan-bahan asam tersebut berikut basa akan tetap dipisahkan sampai bahan yang beracun dapat dinetralkan, barulah kemudian mereka dapat dibawa bersama untuk diadakan proses netralisasi.

Pengolahan Limbah dari Pelapisan Sianida

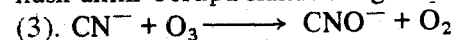
Salah satu metode untuk mengolah buangan yang mengandung sianida telah banyak dilaksanakan, akan tetapi oksidasi melalui basa hipoklorida atau klorin adalah yang paling banyak dipergunakan. Oksidasi ini menghasilkan proses sampai selanjutnya memerlukan tambahan waktu yang cukup agar bisa menjadi karbon dioksida dan nitrogen. Adapun reaksi yang terjadi dari sianida klorination adalah sebagai berikut, pertama-tama dioksidasi menjadi sianat sedangkan reaksi kedua adalah pemecahan secara lengkap.



Reaksi yang pertama adalah berjalan sangat cepat hanya dalam waktu sekitar 2 menit reaksi telah berjalan sebanyak 80–90%. Dari 1 pound sianida sebagai CN secara teoretis memerlukan 2,7 lb klorin dan 3, 1 lb sodium hidroksida. Adapun reaksi kedua adalah sangat lambat sehingga kadang-kadang diperlukan waktu sekitar 1 jam. Untuk kedua reaksi tersebut di atas diperlukan 6,8 lb klorin dan 87.3 lb sodium hidroksida untuk menetralkan 1 pound sianida.

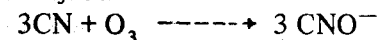
Pengolahan Limbah dari Proses Ozonisasi

Ozon adalah zat oksidator yang cocok untuk sianida dengan hasil akhir berupa sianat dengan reaksi :



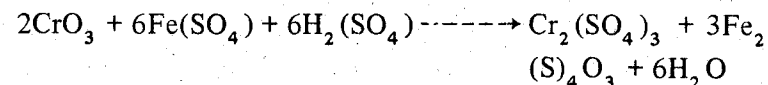
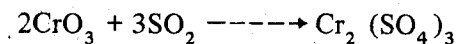
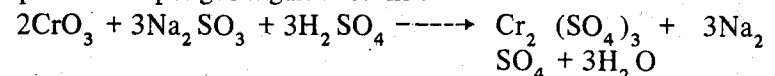
secara teoretis ozon diperlukan sebanyak 1.84 lb untuk setiap lb CN^- , akan tetapi dalam kenyataannya hanya diperlukan ozon sebanyak 1.5 lb sebagai pengaruh dari oksidasi itu sendiri. Berikut ini adalah persamaan reaksi lain dari reaksi ozon yang

bisa terjadi:

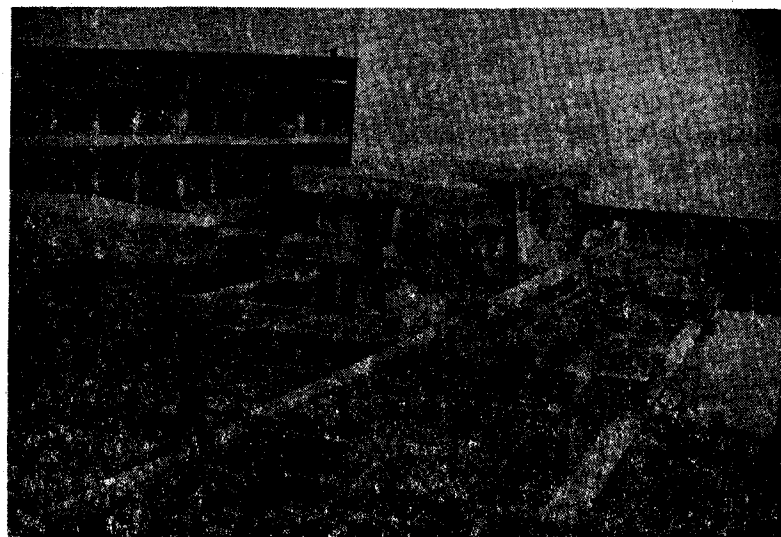


dengan memerlukan 0.615 lb O_3 /lb CN^- . Kebanyakan proses yang dipergunakan adalah mengatur limbah dalam hal pH di bawah 3 dan menambahkan gas SO_2 yang diukur melalui tangki atau meteran atau cairan sodium sulfit atau bisulfit 50–100 mg/l.

Adapun reaksi pengurangan kromik :



Jadi 1 lb asam kromik (CrO_3) memerlukan 1,9 lb sodium sulfit juga 1 lb SO_2 atau 8.5 lb dari ferro sulfat sebagai heptahidrat. Pada umumnya sungai yang membawa limbah kromik berisikan



Gambar 5.9. Foto sebuah bak pengolah air limbah pada pabrik pelapisan krom.

asam yang terdiri asam sulfat, HCl, HNO₃ dengan sejumlah kecil besi, seng, tembaga. Campuran diatur pada pH 8-9 dengan kapur menetralkan dan pengendapan.

Pengolahan Limbah pada Proses Pertukaran Ion

Pemakaian cara pertukaran ion untuk mengambil kembali bahan kimia yang berada di dalam air limbah banyak dipergunakan di pabrik-pabrik, di pesawat udara yang memproduksi bahan-bahan akhir yang terbuat dari logam seperti kadmium, krom, tembaga, emas, nikel, perak, timah dan pelapisan seng. Kromik dan elektrolisa sulfur serta pembersihan permukaan benda termasuk juga pelapisan kromat, pemberian fosfat dan proses penghitaman. Air bilasan yang mengandung lapisan sianida diolah untuk dihilangkan sianidanya melalui oksidasi, sedangkan bilasan sianida, bilasan asam dan logam-logam berat akan dinetralkan terus mengendap dan dibuang ke saluran pembuangan air limbah. Pada beberapa pengelolaan bilasan yang mengandung asam kromik dan kromat akan dikembalikan. Air bilasan dilewatkan melalui sebuah bahan resin sebagai perubahan kation, pertama-tama adalah mengurangi ion sodium, tetapi juga mengambil aluminium, magnesium, serta tembaga. Ion kromat kemudian dihilangkan melalui dua perubahan ion. Air buangan yang telah mengalami pengurangan bahan-bahan mineral baru digabungkan dan dikembalikan ke dalam tangki pembilas untuk dipergunakan kembali.

LAMPIRAN

PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA

NOMOR: 173/Men.Kes./Per/VIII/1977

T E N T A N G

PENGAWASAN PENCEMARAN AIR DARI BADAN AIR UNTUK BERBAGAI KEGUNAAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN KESEHATAN

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA

- Menimbang : a. bahwa air untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan yang memenuhi syarat mempunyai peranan penting dalam rangka pemeliharaan, perlindungan dan mempertinggi derajat kesehatan masyarakat.
- b. bahwa perlu mencegah adanya pencemaran air dan penggunaan air yang tidak memenuhi syarat-syarat kualitas (mutu) air untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan.

- Mengingat : 1. Undang-undang No. 9 tahun 1960 tentang pokok-pokok kesehatan (Lembaran Negara No. 131 tahun 1960 tambahan Lembaran Negara No. 2068).
2. Undang-undang No. 11 tahun 1962 tentang Higiene untuk usaha-usaha bagi umum (Lembaran Negara No. 48 tahun 1962, tambahan Lembaran Negara No. 2475).
3. Undang-undang No. 2 tahun 1966 tentang Higiene (Lembaran Negara No. 22

tahun 1966, Tambahan Lembaran Negara No. 2804).

4. Undang-undang No. 11 tahun 1974 tentang pengairan (Lembaran Negara No. 65 tahun 1974, Tambahan Lembaran Negara No. 3046);
5. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 01/I/1975 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum.

M E M U T U S K A N

Menetapkan : PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA TENTANG PENGAWASAN PENCEMARAN AIR DARI BADAN AIR UNTUK BERBAGAI KEGUNAAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN KESEHATAN.

B A B I K E T E N T U A N U M U M Pasal 1

Dalam peraturan ini yang dimaksud dengan :

- a. "Air baku" adalah air dari badan air yang diolah menjadi air minum yang pada pokoknya dilakukan dengan cara koagulasi pengendapan, penyaringan dan pencucihamaan.
- b. "Air minum" adalah air yang mutunya (kualitasnya) memenuhi syarat-syarat sebagai air minum seperti yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 01/BIRHUMKAS/I/75 tahun 1975 tentang syarat-syarat dan Pengawasan kualitas air minum.
- c. "Air pemandian alam" adalah air dari badan air yang dalam keadaan alami dipergunakan untuk pemandian bagi umum.
- d. "Air untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan" adalah meliputi air baku dan air untuk pemandian alam, perikanan darat, pertanian yang hasilnya dimakan tanpa dimasak terlebih dahulu, olahraga, pesiar serta keindahan.

- e. "Badan air" adalah tempat dan wadah di atas permukaan daratan yang berisi atau menghasilkan air, yaitu rawa, danau sungai, waduk dan saluran air.
- f. "Badan air kelas A" adalah badan air yang airnya dipergunakan untuk air baku.
- g. "Badan air kelas B" adalah badan air yang airnya dipergunakan untuk pemandian alam dan pertanian yang hasilnya dimakan tanpa dimasak terlebih dahulu.
- h. "Badan air kelas C" adalah badan air yang airnya dipergunakan untuk perikanan darat, olahraga (kecuali renang, ski air, luncur air), pesiar dan keindahan.
- i. "Buangan industri" adalah buangan yang berasal dari industri sebagai akibat proses produksi.
- j. "Buangan rumah tangga" adalah buangan yang berasal bukan dari industri, melainkan berasal dari rumah tinggal, kantor, hotel, restoran, tempat ibadah, tempat hiburan, pasar, pertokoan, pelabuhan dan rumah sakit.
- k. "Dinas Kesehatan" adalah Dinas Kesehatan Kabupaten atau Kotamadya Daerah Tk II atau setingkat dengan itu.
- l. "Keadaan khusus" adalah keadaan yang menyimpang dari ketentuan atau persyaratan yang telah ditetapkan, yang disebabkan karena keadaan alam atau keadaan lainnya yang tidak dapat tidak dihindarkan.
- m. "Pencemaran air" adalah suatu peristiwa masuknya zat-zat ke dalam air yang mengakibatkan kualitas (mutu) air tersebut menurun, sehingga dapat mengganggu dan membahayakan kesehatan masyarakat.

B A B II S Y A R A T - S Y A R A T K U A L I T A S (M U T U) A I R D A R I B A D A N A I R

Pasal 2

Air untuk kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan dari badan air kelas A, kelas B dan kelas C harus memenuhi syarat-syarat fisika, kimia, mikrobiologi dan radioaktivitas sebagai yang tercantum pada Daftar 1 dan Daftar 2 terlampir.

Pasal 3

Penyimpangan dari syarat-syarat yang tercantum pada Pasal 2 peraturan ini tidak dibenarkan, kecuali dalam keadaan khusus dan di bawah pengawasan Dinas Kesehatan.

BAB III PENGUNAAN AIR DAN ATAU BADAN AIR

Pasal 4

Penggunaan air dari badan air kelas A atau kelas B atau kelas C untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan tidak dibenarkan, bila penggunaan air tersebut mengakibatkan daya membersihkan air secara alami menurun.

Pasal 5

- (1) Penggunaan air kelas A atau kelas B atau kelas C sebagai media penerima buangan industri dan atau pertambangan dan atau buangan rumahtangga dalam bentuk padat tidak dibenarkan.
- (2) Penggunaan badan air kelas A atau kelas B atau kelas C sebagai media penerima buangan industri dan atau pertambangan dan atau buangan rumahtangga dalam bentuk cairan tidak dibenarkan, kecuali bila cairan tersebut diolah terlebih dahulu dengan sarana pengolahan dan dibuang dengan sarana pembuangan secara seksama.

BAB IV SYARAT-SYARAT KUALITAS (MUTU) CAIRAN BUANGAN/LIMPAHAN/BOCORAN

Pasal 6

Cairan buangan yang telah diolah sebagai yang dimaksud Pasal 5 ayat (2) peraturan ini dan atau cairan limbah/bocoran pertanian dan atau perkebunan dan atau industri dan atau pertambangan dan atau buangan rumahtangga yang dibuang atau mengalir ke badan air kelas A atau kelas B atau kelas C, harus memenuhi syarat-syarat :

1. Fisika dan kimia sebagai yang tercantum pada Daftar 3.

Pasal 7

Penyimpangan dari syarat syarat yang tercantum dalam Pasal 6 peraturan ini tidak dapat dibenarkan, kecuali dalam keadaan khusus dan di bawah pengawasan Dinas Kesehatan.

BAB V PEMELIHARAAN

Pasal 8

- (1) Kualitas air dari badan air sebagai yang dimaksud pada Pasal 2 peraturan ini harus dipelihara dengan baik, secara teratur dan terus-menerus.
- (2) Kualitas cairan buangan sebagai yang dimaksud pada Pasal 6 peraturan ini harus dipelihara dengan baik, secara teratur dan terus-menerus.

BAB VI PENGAWASAN

Pasal 9

Dinas Kesehatan menyelenggarakan pengawasan terhadap kualitas (mutu) air dari badan air sebagai yang dimaksud pada Pasal 2 dan kualitas (mutu) cairan buangan sebagai yang dimaksud pada Pasal 6 peraturan ini.

Pasal 10

Pengawasan yang dimaksud dalam Pasal 9 meliputi :

- a. Pemeriksaan secara berkala baik di lapangan maupun di laboratorium.
- b. Penganalisisan hasil kegiatan huruf a.
- c. Perumusan cara-cara pemecahan masalah yang timbul dari hasil kegiatan huruf a dan huruf b.
- d. Pemecahan masalah atas dasar kegiatan huruf c.

Pasal 11

Cara penyelenggaraan pengawasan sebagai yang dimaksud dalam Pasal 9 dan syarat-syarat tenaga pelaksana diatur oleh Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan.

BAB VII PEMBIAYAAN

Pasal 12

Pembiayaan kegiatan pengawasan sebagai yang dimaksud pada Pasal 9 peraturan ini dibebankan pada anggaran belanja Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

BAB VIII PENINDAKAN

Pasal 13

Perbuatan-perbuatan yang melanggar ketentuan-ketentuan Pasal 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 peraturan ini. Sehingga mengganggu/membahayakan bagi kesehatan masyarakat dan atau mengakibatkan kerugian bagi kepentingan umum dapat ditindak dan atau dituntut sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

BAB IX PENUTUP

Pasal 14

Peraturan ini dapat disebut Peraturan Menteri Kesehatan tentang Pengawasan Pencemaran Air dari Badan Air.

Pasal 15

Hal-hal yang belum cukup diatur dalam Peraturan Menteri ini, akan diatur lebih lanjut dengan peraturan tersendiri.

Pasal 16

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan. Agar setiap orang dapat mengetahuinya, memerintahkan pengumuman Peraturan Menteri ini dengan menempatkan dalam berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di : JAKARTA
Pada tanggal : 3 Agustus 1977

Menteri Kesehatan Republik Indonesia
ttd.

G.A. SIWABESSY

Lampiran yang dimaksud dalam Pasal 2 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 173/Men.Kes./Per/VIII/'77. Tahun 1977 tentang Pengawasan Pencemaran Air dari badan air untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan.

Lampiran 5.1. Syarat-syarat (Mutu), Air dari Badan Air Kelas A, B, dan C

No.	Parameter	Satuan	Minimum yang di- perbole- kan	Maksimum		Ket.
				yang di- jurkan	yang di- perbole- kan	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I. KIMIA						
A. Kimia anorga- nik						
1. Arsen	mg/l	—	—	nihil	0,05	sbg. As
2. Barium	mg/l	—	—	nihil	0,05	sbg. Ba
3. Besi jumlah	mg/l	—	—	nihil	1,0	sbg. Fe
4. Bor	mg/l	—	—	nihil	1,0	sbg. B
5. Krom	mg/l	—	—	nihil	0,05	sbg. Cr martabat 6
6. Krom	mg/l	—	—	nihil	0,5	sbg. Cr martabat 3
7. Kadmium	mg/l	—	—	nihil	0,01	Sbg. Cd
8. Kobalt	mg/l	—	—	—	1,0	sbg. Co
9. Mangan	mg/l	—	—	nihil	0,5	sbg. Mn
10. Nikel	mg/l	—	—	—	0,1	sbg. Ni
11. Perak	mg/l	—	—	nihil	0,05	sbg. Ag
12. Raksa	mg/l	—	—	—	0,005	sbg. Hg
13. Sesium	mg/l	—	—	nihil	0,01	sbg. Se
14. Seng	mg/l	—	—	nihil	1,0	sbg. Zn
15. Tembaga	mg/l	—	—	nihil	1,0	sbg. Cu
16. Timbal	mg/l	—	—	nihil	0,05	sbg. Pb
17. Amonia	mg/l	—	—	0,01	0,5	sbg. N
18. Klorida	mg/l	—	—	25	600	sbg. Cl ⁻
19. Klor bebas	mg/l	—	—	—	nihil	sbg. Cl ₂
20. Fluorida	mg/l	—	—	—	1,5	sbg. F ⁻
21. Kesadahan °D	—	—	5	10	—	—
22. Nitrat dan nitrit	mg/l	—	—	nihil	10	sbg. N
23. Sulfat	mg/l	—	—	50	400	sbg. SO ₄ ⁻

No.	Parameter	Satuan	Minimum yang diperbolehkan	Maksimum		Ket.
				yang dianjurkan	yang diperbolehkan	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
24.	Sulfida	mg/l	—	—	nihil	sbg. S ⁻
25.	Uranil	mg/l	—	nihil	5	sbg. uranyl ion
B. Kimia organik						
1.	Ekstrak karbon kloroform	mg/l	—	0,01	0,5	
2.	Herbisida	mg/l	—	nihil	0,1	
3.	Minyak dan lemak	mg/l	—	nihil	nihil	
4.	Fenol	mg/l	—	nihil	0,002	
5.	Pestisida					
a.	Aldrin	mg/l	—	nihil	0,017	
b.	Klordane	mg/l	—	nihil	0,003	
c.	DDT	mg/l	—	nihil	0,042	
d.	Dieldrin	mg/l	—	nihil	0,017	
e.	Endriana	mg/l	—	nihil	0,001	
f.	Heptaklor	mg/l	—	nihil	0,018	
g.	Heptaklor eposit	mg/l	—	nihil	0,018	
h.	Lindane	mg/l	—	nihil	0,056	
i.	Metoksi klor	mg/l	—	nihil	0,035	
j.	Organopospat dan karbonat	mg/l	—	nihil	0,100	
k.	Toxophene	mg/l	—	nihil	0,005	
6.	Sianida	mg/l	—	nihil	0,1	sbg. CN ⁻
7.	Zat yang bereaksi dengan biru metilen	mg/l	—	nihil	0,5	
II. RADIOAKTIVITAS						
1.	Gross beta	pCi/l	—	100	1.000	
2.	Radium 226	pCi/l	—	1	3	
3.	Strontium -90	pCi/l	—	2	10	

Lampiran sebagai yang dimaksud dalam Pasal 2 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 173/Men.Kes./Per/VIII/77. Tahun 1977 tentang Pengawasan Pencemaran Air dari Badan Air, untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan.

Lampiran 5.2. Syarat-syarat Kualitas (Mutu) Air dari Badan Air

Parameter	Satuan	Kelas A		Kelas B		Kelas C		Ket.
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
FISIKA								
Suhu	°C	—	suhu udara	—	suhu udara	—	suhu udara	
Kimia								
Kebutuhan biologik akan oksigen	mg/l	—	3	—	3	—	5	sbg O ₂
Oksigen terlarut	mg/l	6	—	4	—	6	—	sbg. O ₂
pH	—	6,5	8,5	6,5	8,5	6	9	
Zat terlarut	mg/l	—	1.000	—	2000	—	2000	
MIKROBIOLOGIK								
Perkiraan jumlah terdekat gol coli	per 100 ml	—	10.000	—	1.000	—	20.000	
Perkiraan terdekat jumlah gol coli form tinja	per 100 ml	—	2.000	—	400	—	4.000	

Catatan :

- (1) = Minimum yang diperbolehkan.
- (2) = Maksimum yang diperbolehkan.
- (3) = Minimum yang diperbolehkan.
- (4) = Maksimum yang diperbolehkan.
- (5) = Minimum yang diperbolehkan.
- (6) = Maksimum yang diperbolehkan.

Lampiran sebagai yang dimaksud dalam Pasal 6 ayat (1) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 173/Men.Kes./Per/VIII/77 tentang pengawasan Pencemaran Air dari Badan Air untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan.

Lampiran 5.3. Syarat-syarat Kualitas (Mutu) Cairan Buangan/Limpahan/Bocoran Industri Pertambangan dan Rumah tangga

No.	Parameter	Satuan	Minimum yang diperbolehkan	Rata-rata dalam waktu 24 jam	Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I. FISIKA						
1.	Suhu	°C	—	—	30	yang tahan saringan 0 3 mm
2.	Zat terapung	mg/l	—	—	nihil	
3.	Zat terendap	mg/l	—	—	10	
II. KIMIA						
A. Kimia Anorganik						
1.	Aluminium jumlah	mg/l	—	—	10	sbg. Al
2.	Arsen jumlah	mg/l	—	—	1	sbg. As
3.	Barium	mg/l	—	—	1	sbg. Ba
4.	Besi jumlah	mg/l	—	—	1	sbg. Fe
5.	Krom	mg/l	—	—	0,1	sbg. Cr martabat 6
6.	Kadmium jumlah	mg/l	—	—	1	sbg. Cd
7.	Nikel jumlah	mg/l	—	—	2	sbg. Ni
8.	Perak jumlah	mg/l	—	—	0,1	sbg. Ag
9.	Raksa jumlah	mg/l	—	—	0,1	sbg. Hg
10.	Seng jumlah	mg/l	—	—	1	sbg. Zn
11.	Tembaga jumlah	mg/l	—	—	1	sbg. Cu
12.	Timbal jumlah	mg/l	—	—	1	sbg. Pb
13.	Amonia bebas	mg/l	—	—	0,1	sbg. NH ₃
14.	Klor bebas	mg/l	—	—	0,05	sbg. Cl ₂
15.	Flurida	mg/l	—	—	2	sbg. ion F
16.	Nitrit	mg/l	—	—	1	sbg. ion NO ₂

No.	Parameter	Satuan	Minimum yang diperbolehkan	Rata-rata dalam waktu 24 jam	Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
17.	Fosfat	mg/l	—	—	—	sbg. ion PO ₄
18.	Sulfida	mg/l	—	—	0,1	sbg. ion S
19.	Kebutuhan biologik akan oksigen	mg/l	—	20	30	sbg. O ₂
20.	Kebutuhan kimiawi akan oksigen	mg/l	—	50	80	sbg. O ₂
21.	pH	—	6,5	—	8,5	negatif
22.	Uji biru metilen	—	—	—	—	negatif
23.	Zat yang teroksidasi dengan K MnO ₄	mg/l	—	60	90	sbg. O ₂
24.	Zat tersuspensi	mg/l	—	20	—	—
B. Kimia Organik						
1.	Hidrokarbon	mg/l	—	—	10	sbg. Fenol sbg. ion CN
2.	Minyak dan lemak	mg/l	—	—	10	
3.	Fenol jumlah	mg/l	—	—	0,1	
4.	Sianida	mg/l	—	—	0,1	—

Daftar Pustaka

- Asean Training, Award, *Training on Sewage Treatment Work* (Singapura: Unpublished, 1984).
- Azwar, Azrul, *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan* (Jakarta: Mutiara, 1979).
- Besselièvre, Edmund dan Max Schwarth, *The Treatment Industri-Wastes*, Second Edition (Tokyo: McGraw-Hill Kotgukusha, 1976).
- Dharman, M.N., *Assainering*, Pengetahuan dari Praktek untuk Praktek (Bandung: Prakarya Internasional, 1976).
- Ehlers, Victor M. dan Ernest W. Steel, *Municipal and Rural Sanitation* (New York: McGraw-Hill Book Co., 1965).
- Fair, Gordon Maskew, John Charles Geyer, D.A. Okun, *Elemen of Water Supply and Wastewater Disposal*, Second Edition (New York: John Willey and Sons Inc., 1971).
- Feachem, Richard, *et al.*, *Water, Waste and Health in Hot Climates* (New York: A Wiley Interscience Publication, 1980).
- Franson, Mary Ann H. (Ed.), *Standard Method for The Examination of Water and Wastewater*, Fifteenth Edition (New York: APHA, AWWA, 1971).
- Gloyne, Earnest F., *Wastes Stabilization Pounds* (Geneva: WHO, 1971).
- Gurnham, C. Fred (Ed.), *Industrial Wastewater Control*, a Textbook and Reference Work (New York: Academic Press, 1965).
- Hamidah, *Deterjen dari Minyak Bumi*, Kolokium Sarjana Jurusan Kimia (Jakarta: Fakultas Ilmu Pasti dan Ilmu Alam, 1976).
- Hammer, Mark J., *Water and Wastewater Technology* (New York: John Willey and Sons Inc., 1977).
- Hardam Sighn, Azad (Ed.), *Industrial Wastewater Management*, (Hand Book Co., 1976).
- Indonesia, Departemen Kesehatan RI, *Sistem Pengawasan Kualitas Air Minum dan Pencemaran Air* (Jakarta: Departemen Kesehatan RI, 1980).
- Keman, Soedjajadi, *et al.*, "Kondisi Air Limbah Beberapa Industri di Sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Surabaya", *Majalah Kesehatan Masyarakat Indonesia*, Tahun XV, Nomor 11, 30 Juni 1985.
- Lund, Herbert F., *Industrial Pollution Control*, Hand Book (New York, McGraw-Hill, 1976).
- Mara, Duncan, *Sewage Treatment in Hot Climate* (London: John Willey and Sons, 1976).
- McCabe, Robert H. dan R.F. Mines (Ed.), *Man and Environment* (New York: Prentice Hall Inc., 1978).
- Met Calf dan Eddy Inc., *Wastewater Engineering*, Treatment, Disposal, Re Use, McGraw-Hill Series Water Resources and Environmental Engineering (New York: McGraw-Hill Book Co., 1979).
- Okun, Daniel A. dan George Ponghis, *Community Wastewater Collection and Disposal* (Geneva: WHO, 1975).
- Parker, P.E. dan Homer W., *Wastewater Sistem Engineering* (New Jersey: Prentice Hall Inc., 1975).
- Rekso Soebroto, Soebagyo, *Ilmu Hygiene dan Sanitasi*, Mimeo, makalah disusun untuk materi kuliah pada Akademi Penilik Kesehatan (Jakarta: APK, tt).
- Salvato Jr., Yoseph A., *Environmental Engineering and Sanitation*, Second Edition (New York: John Willey Interscience, 1972).
- Sastrodimedjo, Soewito, *Pengantar Studi Pengelolaan Air Kotor* (Jakarta: Pusdiknakes Departemen Kesehatan, 1985).
- Soemardji, Yoseph, *Pembuangan Kotoran dan Air Limbah* (Jakarta: Pusdiknakes Departemen Kesehatan RI, 1985).
- Subarkah, Imam, *Hidrologie untuk Perencanaan Bangunan Air* (Bandung: Idea Dharma, tt).
- Sub Dinas Kesehatan Lingkungan Propinsi Dati I Jambi, *Kumpulan Perundangan yang Ada Hubungannya dengan Kesehatan Lingkungan*, seri I (Jambi: Sub Dinas Kesehatan, 1981).
- Soesanto, Sri Soewasti, "Limbah Industri dan Dampaknya pada Kesehatan", *Majalah Kesehatan Masyarakat Indonesia*, Tahun XV, Nomor 10, 1985.
- Steel, E.W. dan Terence J. Mc Ghee, *Water Supply and Sewerage*, Fifth Edition (Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha Ltd., 1979).
- Sundstrom, Donald W., Herbert E. Klei, *Wastewater Treatment* (USA: Prentice Hall Inc., 1979).
- Vita Publication, *Village Technology*, Hand Book (USA Maryland: Vita Publication, tt).

Wagner E.G. dan J.N. Lanoix, *Excrete Disposal for Rural Area and Small Communities* (Geneva: WHO, 1958).

Walker, Rodger, *Water Supply, Treatment and Distribution* (New Jersey: Prentice Hall Inc., 1978).

Indeks

A

ABS (Alkyl Bentene Sulfonate), 30
Aerasi, 95, 115, 159
Aerator mekanis, 115
Administrasi teknis, 3
Adsorbate, 124
Adsorbent, 124
Air baku, 174
Air limbah, 5, 19, 24, 31, 41
Air limbah industri, 13
Air limbah rembesan, 14
Air limbah rumah tangga, 10, 24
Air minum, 174
Air pemandian alam, 174
Air stripping, 96
Amonium, 2
Anaerob, 31, 135
Anorganik, 31
Angka rembesan, 153
Asam sulfat, 68
Askaris Spp., 46

B

Badan air, 61, 175
Badan air kelas A, 175, 176
Badan air kelas B, 175, 176
Badan air kelas C, 175, 176
Bak aerasi, 97
Bak penangkap lemak, 54, 95
Bak penangkap pasir, 95
Bak pengendap ideal, 103
Bak reaktor, 115
Back washing, 121
Bakteri, 37, 48

Bakteri aerob, 37
Bakteri anaerob, 38
Bakteri metanogenik, 138
Bakteri nonmetanogenik, 138
Basillus anthracis, 46
Bangunan air limbah, 6, 49
Besi, 2
Besi tuang, 70
Benda koloid, 9
Benda organik, 7
Benda padat, 25
Bilangan permanganat, 2
BOD, 6, 28, 95
Break point chlorination, 131
Brusella, 46
Buangan industri, 175
Buangan rumah tangga, 175

C

CCTV, 88, 92
Cell Residence Time (CRT), 118
COD, 6
Crustacea, 39

D

Daya resap tanah, 150
Dentrifikasi, 7, 96, 97
Dinas kesehatan, 175
DNA (Deoxyribo Nucleic Acid), 37
Deinfeksi, 96
Deterjen, 30

E

Effluent, 7, 45
Elektrodialisis, 96
Entamuba histolitika, 46
Enterobius Spp., 46

F

Faeces, 16
Fase asimilasi, 161
Fase endogenous, 161
Fenol, 30
Filter presser, 140
Fosfor, 34
Fotosintesis, 37

G

Gas, 35
Ganggang, 38
Gaya berat, 23
Gemuk, 29
Grafitasi, 9

H

Heterotropik bakteri, 37
Holopitik, 39
Holozoik, 39

I

Incenerator, 140
Irigasi, 162

J

Jamur, 37

K

Karbohidrat, 28
Karbodioksida, 50
Karbon aktif, 95, 124, 125
Karosif, 71
Kotoran rumahtangga, 5
Keadaan khusus, 175
Kecepatan merembes, 152
Kebasaan, 31
Kehidupan biotik, 47
Keindahan, 48
Kekeruhan, 9, 24

Kemiringan, 63, 64, 71, 87
Kerusakan benda, 50
Kloramin, 131
Klorida, 32
Klorinasi, 97
Klor bebas, 131
Kolam anaerob, 97
Krom, 47

L

LAS (Linear Alkyl Sulfonat), 30
Lemak, 29, 30, 51, 54
Limbah, 1, 8
Limbah cair, 1
Limbah gas, 2
Limbah padat, 1
Logam berat, 33
Lubang pemeriksaan, 8
Lumpur, 7, 97, 132
Lumpur aktif, 8, 97, 110, 113

M

Macerator, 102
Medan peresapan, 152
Mengendap, 23
Metan, 33, 135, 136
Mikrobakterium tuberkulosis, 46
Mikrostaining, 122
MLSS, 8, 113
MLVSS, 8, 23
Minyak, 29, 48
Miring: yang diperbolehkan, 64
yang diperlukan, 64
yang terdapat, 64

N

Natrium, 2
Netralisasi, 95, 97
Nitrifikasi, 7, 96
Nitrit, 34
Nitrobakter, 29
Nitrogen, 33
Nitrosomonas, 29
Nonbiodegradable, 124
Nozzle, 163

O

Ozon, 170
Ozonisasi, 97
Oksigen terlarut, 7, 47
Organik, 10, 23, 97, 136
Osomosis, 96, 128
Outlet weir, 107

P

Para-para, 98, 99
Pelapisan sianida, 170
Pembawa suatu penyakit, 2
Pembersih keliling, 88, 89
Pembuangan, 4
Pembuangan lanjutan, 96, 97
Pembuangan sistem saluran, 6
Pembuatan kolam, 145
Pembunuhan kuman, 96, 129
Pencacah, 99
Pencemaran air, 175
Pencernaan standar rata-rata, 136
Pencernaan standar tinggi, 136
Pendorong sumbatan, 88, 89
Penebaran di atas tanah, 144
Pengambilan benda mengendap, 101
Pengambilan benda terapung, 98
Pengaliran air limbah, 52
Pengambil pasir, 90, 91
Pengapungan, 9, 97, 110
Pengendapan, 9, 95
Pengendapan kimiawi, 96
Pengentalan, 110, 111
Pengelolaan air limbah, 5
Pengisian tanah, 146
Pengolahan, 4
Pengolahan air limbah, 95
Pengolahan lumpur, 98, 132, 133
Pengolahan pendahuluan, 96, 97
Pengolahan pertama, 96, 97, 103
Pengolahan kedua, 96, 97, 113
Pengolahan ketiga, 96, 97, 120
Pengolahan lanjutan, 96, 132
Pengolahan lumpur, 97, 132, 133
Pengurangan besi dan mangan, 120, 126
Penyaringan, 10, 95
Penyaringan dengan teresana, 10, 51
Penyerapan, 120, 123
Penyerapan karbon, 97
Penyedot pasir, 101

Perajangan, 95

Peralatan pemeliharaan, 87
Pertukaran ion, 97, 172
Pertumbuhan bakteri, 115
— Acceleration phase, 116
— Declaining growth phase, 116
— Endogeneous phase, 116
— Lag phase, 116
— Log phase, 116
— Stationary phase, 116
Perubahan CN, 120, 127
pH, 2, 31,
Pipa asbestos semen, 69
Pipa beton, 68, 69
Pipa tanah liat, 68
Pipa penyaluran, 68
Pipa plastik, 70
Pipa saluran rumahtangga, 71
Porous, 10
Precoal filter, 120, 122
Proses basah, 13
Proses ozonisasi, 170
Proses pembuangan, 143
Proses pemekatan, 133
Proses pengaturan, 139
Proses pengeringan, 142
Proses pengurangan, 140
Proses penjenhuan, 152
Proses stabilisasi, 133
Protein, 26
Protozoa, 39
Pusat pemompaan, 9, 81, 82

R

Reaktor lumpur aktif, 95
RNA (Ribo Nucleic Acid), 37
Rotifera, 39

S

Saluran air hujan, 67
Saluran air limbah, 5, 51
Saluran rumahtangga, 73
Saluran terbuka, 62
Saluran tercampur, 6
Saluran terpisah, 6
Saluran tertutup, 63
Salmonella, 45
Sanitary land fill, 1, 140, 146
Saringan multi media, 120

Saringan pasir cepat, 121
 Saringan pasir lambat, 121
 Saringan pasir, 97, 121, 161
 Saringan bertekanan, 140, 141
 Septic tank, 148, 149
 Settleable solid, 7
 Sianida, 47
 Shigella, 45
 Sifat bakteriologis, 4
 Sifat fisik, 4, 20, 24
 Sifat kimiawi, 4, 20, 23
 Skhistosomiasis, 46
 Sulfur, 31
 Sumbatan pertama, 88
 Sumur pemeriksaan, 76
 Surface settling rate, 107, 108

T

Taenia Spp., 46
 Tangki ekualisasi, 95
 Tangki pengendap terakhir, 8
 Tangki pengentalan, 49
 Tangki penghisap, 84
 Tangki otomatis, 84
 Teknis administratif, 3

Teknis operasional, 3
 Tercampur, 24
 Terlarut, 23
 Timah hitam, 47
 Tinja, 5
 TSS, 7

U

Urine, 16

V

Vacum filter, 120, 122
 Vibrio kolera, 45
 Virus, 45

W

Waktu pengendapan, 106
 Waktu tinggal, 8, 135, 136
 Wasting rate, 118
 Weir, 108
 Weir loading, 107

Z

Zat beracun, 33