DINAS LINGKUNGAN HIDUP
PEMERINTAH KOTA SURABAYA

Jl. Jimerto 25 – 27 lantai 4 Surabaya 60272
Telp. (031) 5312144 – 390 – 513 – 190 Fax (031) 5349960

PETUNJUK TEKNIS

PENGELOLAAN LIMBAH CAIR KEGIATAN RESTORAN/RUMAH MAKAN

TAHUN 2019

PEMERINTAH KOTA SURABAYA
DINAS LINGKUNGAN HIDUP

KATA PENGANTAR

Pujisyukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku Petunjuk Teknis Instalasi Pengolahan Air limbah untuk kegiatan restoran/rumah makan telah terselesaikan dengan baik. Buku Petunjuk Teknis ini berisi tentang bagaimana cara mengelola air limbah yang dihasilkan oleh berbagai jenis restoran/rumah makan. Yang paling utama adalah penjelasan terkait sistem pengolahan air limbah yang dapat diaplikasikan oleh restoran/rumah makan.

Tujuan dari pembuatan buku petunjuk teknis ini adalah sebagai panduan para pelaku usaha restoran/rumah makan untuk membangun IPAL secara mandiri dengan harapan effluen limbah hasil pengolahan memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

Kritik dan saran kami harapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan buku sistem pengelolaan kegiatan usaha lain di Kota Surabaya di masa yang akan datang dan semoga dapat bermanfaat.

Surabaya,
DINAS LINGKUNGAN HIDUP

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI ii
DAFTAR TABEL iv
DAFTAR GAMBAR vi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan 2
1.3 Dasar Hukum 2
BAB II KARAKTERISTIK AIR LIMBAH 4
2.1 Definisi Rumah Makan 4
2.2 Klasifikasi Rumah Makan 4
2.3 Karakteristik Umum Air Limbah Rumah Makan..... 7
2.4 Baku Mutu Limbah Cair Domestik 12
BAB III MEMBANGUN IPAL RESTORAN/RUMAH MAKAN 14
3.1 Sistem Pengolahan Air Setempat (*On-Site System*) 14
3.1.1 Pengolahan Pendahuluan 14
3.1.2 Pengolahan Biologis 17
3.2 Pemilihan Unit Pengolahan Air Limbah 20
3.3 Pedoman Perhitungan Volume dan Dimensi IPAL 24
3.3.1 Bak Penangkap Minyak dan Lemak 24
3.3.2 Bak Netralisasi 29
3.3.3 Tangki Septik Bersekat (ABR) 30
3.3.4 Biofilter 31
3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB) IPAL Restoran/Rumah – Makan 35

3.5 Pedoman Teknis IPAL Restoran/Rumah Makan 35
3.5.1 Bak Penangkap Minyak dan Lemak 35
3.5.2 Bak Netralisasi 44
3.5.3 Tangki Septik Bersekat (ABR) 45
3.5.4 Biofilter 49
Bab IV PEMELIHARAAN IPAL RESTORAN/RUMAH MAKAN ... 55
4.1 Pemeliharaan IPAL Restoran/Rumah Makan 55
4.1.1 Bak Penangkap Minyak/Lemak 55
4.1.2 Bak Netralisasi 56
4.1.3 *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)-Tangki Septik Bersekat 57
4.1.4 Biofilter 58
4.2 Monitoring 59
DAFTAR PUSTAKA 61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Restoran Berdasarkan Makanan, Minuman, dan – Kegiatan Yang Ada di Dalamnya 5
Tabel 2.2 Karakteristik Tipikal Parameter Air Limbah Restoran/ - Rumah Makan 11
Tabel 2.3 Tipikal Debit Air Limbah Restoran/Rumah Makan 11
Tabel 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik 13
Tabel 3.1 Pemilihan Jenis Unit Pengolahan Air Limbah 23
Tabel 3.2 Debit Air Limbah 24
Tabel 3.3 Kategori Air Limbah 24
Tabel 3.4 Efisiensi Penyisihan BOD/COD dari Bak Penangkap - Minyak/ Lemak 25
Tabel 3.5 Dimensi Bak Penangkap Minyak dan Lemak – (Konstruksi Luar) 26
Tabel 3.6 Dimensi Bak Penangkap Minyak dan Lemak (Konstruksi – Dalam)... 29
Tabel 3.7 Dimensi Tangki Netralisasi 30
Tabel 3.8 Dimensi Tangki Septik Bersekat (ABR) 32
Tabel 3.9 Efisiensi Pengolahan Pada Unit Biofilter 33
Tabel 3.10 Dimensi Unit Biofilter 34
Tabel 3.11 RAB Bak Penangkap Minyak/Lemak (Konstruksi Luar) 38
Tabel 3.12 RAB Bak Netralisasi 39
Tabel 3.13 RAB Tangki Septik Bersekat (ABR) 40
Tabel 3.14 RAB Biofilter Anaerobik-Aerobik 41
Tabel 3.15 Kisaran Harga Pompa Injeksi Udara 42
Tabel 3.16 Alternatif Unit Pengolahan Limbah Restoran/Rumah Makan .. 43

Tabel 3.17 Karakteristik Media Kontaktor 51
Tabel 3.18 Persyaratan Luas Media Kontak 51
Tabel 4.1 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik dari Restoran/ - Rumah Makan 60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Contoh dan Mekanisme Bak Penangkap Minyak dan Lemak 16
Gambar 3.2 Contoh Aplikasi Bak Penangkap Minyak dan Lemak..... 16
Gambar 3.3 Contoh Bak Penangkap Minyak dan Lemak (Konstruksi di - Luar Dapur) 16
Gambar 3.4 Contoh Bak Netralisasi 17
Gambar 3.5 Desain Tangki Septik Bersekat 18
Gambar 3.6 Aplikasi Unit Tangki Septik Bersekat 18
Gambar 3.7 Contoh Unit Biofilter 22
Gambar 3.8 Contoh Penampang Melintang Unit Biofilter 22
Gambar 3.9 Denah dan Potongan Bak Penangkap Minyak dan Lemak - (Konstruksi Luar) 27
Gambar 3.10 Dimensi Bak Penangkap Minyak dan Lemak (Konstruksi – Dalam) 29
Gambar 3.11 Contoh Pemasangan Bak Penangkap Minyak dan Lemak – (Di Dalam Dan Luar Bangunan) 35
Gambar 3.12 Contoh Unit ABR 46

Bab I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia maka makin sempit waktu untuk menyiapkan makanan bagi keluarga maupun dirinya sendiri. Menangkap peluang itu, banyak pelaku bisnis yang melirik usaha restoran/rumah makan (misalnya restoran, pujasera, dan kafe/depot makanan). Usaha tersebut makin meningkat tajam karena memberikan keuntungan yang berlipat dibandingkan usaha lain.

Dengan bertambah pesatnya usaha restoran/rumah makan ini maka dapat dipastikan air limbah yang dihasilkan akan menjadi suatu permasalahan yang perlu mendapatkan perhatian (Laksmi, 2013). Sumber air limbah restoran/rumah makan umumnya dihasilkan dari kegiatan pencucian peralatan makanan dan sisa makanan, dan pencucian pengolahan makanan serta dari buangan lain yang bersumber dari kamar mandi dan kakus (Suhardjo, 2008). Aktivitas inilah merupakan bagian yang berkontribusi dalam menimbulkan pencemaran lingkungan. Bila dilihat dari kuantitasnya, air limbah restoran/rumah makan cenderung berfluktuatif dan akan mencapai puncaknya pada saat saat jam makan dan akhir minggu (*weekend*).

Dari hasil survey Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya pada tahun 2014, sebanyak 102 dari 188 restoran/rumah makan telah memiliki pengolahan air limbah secara sederhana yaitu *grease trap* sedangkan sisanya membuang air limbah tanpa pengolahan lebih lanjut sehingga berpotensi melebihi baku mutu yang ditetapkan. Apabila kondisi ini terus berlanjut

tanpa perbaikan pengelolaan air limbah dan terus menerus air limbah tersebut dibuang ke lingkungan maka akan terjadi perkembangbiakan mikroorganisme yang berlebihan. Yang terjadi adalah proses pendegradasian air limbah tersebut tidak akan maksimal karena akumulasi air limbah di perairan. Dampak bagi perairan yang menerima buangan air limbah adalah terjadinya penurunan kualitas (terjadi pencemaran). Selain itu, polutan dapat berperan sebagai media pembawa penyakit (*water borne diseases*), bakteri, virus dan bau busuk yang mengganggu kesehatan dan estetika lingkungan.

Oleh karena itu,diperlukan upaya pengendalian dan pengelolaan air limbah restoran/rumah makan dengan pengolahan sederhana dan tepat guna. Dalam membantu upaya tersebut, buku petunjuk teknis ini disusun sebagai pedoman perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) restoran/rumah makan baik skala kecil, menengah ataupun besar. Sehingga pada akhirnya akan bermanfaat untuk memperbaiki kualitas lingkungan dan air permukaan di kota Surabaya.

1.2 Tujuan

Tujuan disusunnya buku ini adalah sebagai panduan para pelaku bisnis restoran/rumah makan untuk membangun IPAL secara mandiri dengan harapaneffluen limbah hasil pengolahan memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

1.3 Dasar Hukum

Dasar hukum yang digunakan untuk pedoman teknis ini, antara lain:

1. Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
3. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur.
4. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha.
5. Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

Bab II
KARAKTERISTIK AIR LIMBAH

2.1 Definisi Rumah Makan

Rumah makan atau restoran mempunyai definisi yang bermacam-macam. Menurut Keputusan Menteri Pariwisata, Pos, dan Telekomunikasi No. KN.73/PW105/MPPT-85 tentang Peraturan Usaha Rumah Makan, disebutkan bahwa rumah makan adalah suatu usaha yang menyediakan jasa pelayanan makanan dan minuman yang dikelola secara komersial. Sedangkan menurut peraturan Menteri Kesehatan RI No. 34/Menkes/per/89 tentang Persyaratan Rumah Makan, definisi restoran/rumah makan adalah satu jenis usaha jasa pangan yang bertempat di sebagian atau seluruh bangunan permanen, dan dilengkapi oleh peralatan dan perlengkapan untuk proses pembuatan, penyimpanan, dan penjualan makanan dan minuman bagi umum di tempat usahanya.

2.2 Klasifikasi Rumah Makan

Rumah makan (restoran/rumah makan) dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu makanan, minuman, dan kegiatan yang ada di dalamnya, dan sistem pengelolaan serta penyajian makanannya. Untuk lebih jelasnya, klasifikasi rumah makan dapat dilihat pada Tabel 2.1berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Restoran/Rumah makan Berdasarkan Makanan, Minuman, dan Kegiatan Yang Ada di Dalamnya

No	Jenis Restoran/rumah makan/rumah makan	Definisi
1	*A'la Carte Restaurant*	Restoran/rumah makan yang mendapatkan izin penuh untuk menjual makanan lengkap denganbanyakvariasi menu dan harga
2	*Table D 'hote Restaurant*	Restoran/rumah makan yang khusus menjual menu *table d'hote*, yaitu suatu susunan menu yang lengkap (dari hidangan pernbuka sampai penutup) dan tertentu, dengan harga yang telah ditentukan
3	*Coffe Shop atauBrasserei*	restoran/rumah makan yang pada umumnya berada di dalam lingkungan hotel. Sistem penyajian makanan pada umumnya dilakukan dengan cara *buffet* atau prasmanan
4	*Cafetariaatau Cafe*	Restoran/rumah makan kecil yang mengutamakan penjualan cake (kue-kue), *sandwich* (roti isi), kopi dan teh. Pada umumnya, di tempat ini pilihan makanan dan minuman yang disediakan terbatas
5	*Canteen*	restoran/rumah makan yang umum berada di sekolah, kantor, atau pun pabrik
6	*Continental Restaurant*	restoran/rumah makan yang menitik beratkan hidangan continental pilihan dengan pelayanan elaborate atau megah
7	*Carvery*	Suatu restoran/rumah makan yang berada di lingkungan hotel. Pada umumnya restoran/rumah makan ini memberikan kebebasan pada pengunjung untuk memilih dan mengiris sendiri makanan yang dipesan
8	*Dining Room*	Pada umumnya terdapat di hotel kecil, motel atau inn. *Dining room* pada dasarnya disediakan untuk para tamu yang tinggal di hotel, namun tetap terbuka pula untuk tamu dari luar hotel
9	*Discotheque*	Merupakan tempat makan dan minum yang menyuguhkan suasana hingar bingar sebagai daya tariknya. Biasanya menyuguhkan makanan dan minuman cepat saji
10	*Fish and Chip Shop*	Suatu restoran/rumah makan yang menyajikan ikan, kentang goreng, dan snack sebagai menu utama
11	*Grill Room (Rotisserie)*	Restoran/rumah makan yang menyediakan bermacam-macam daging panggang. Pada umumnya antara restoran/rumah makan dengan dapur dibatasi dengan sekat dinding kaca sehingga para tamu dapat memilih sendiri potongan daging yang dikehendaki dan melihat sendiri bagaimana cara memasaknya. *Grill room* kadang-kadang disebut juga sebagai *steak house*
12	*Inn Tavern*	Restoran/rumah makan dengan harga sedang yang dikelola oleh perorangan di tepi kota. Suasananya dibuat dekat dan ramah dengan tamu-tamu.
13	*Night Club/Super Club*	Restoran/rumah makan yang pada umumnya mulai dibuka menjelang larut malam, menyediakan makan malam bagi tamu-tamu yang ingin santai. Dekorasinya mewah, pelayanannya megah. Band merupakan kelengkapan

No	Jenis Restoran/rumah makan/rumah makan	Definisi
		yang diperlukan. Para tamu dituntut berpakaian resmi dan rapi
14	*Pizzeria*	Restoran/rumah makan yang khusus menjual pizza dan beberapa makanan Italia lainnya.
15	*Pancake House/Creperie*	Restoran/rumah makan yang khusus menjual *pancake* dan *crepes* yang diisi dengan berbagai macam topping (seperti: sayur, krim, saus, atau pun es krim) didalamnya
16	*Pub*	Pada mulanya merupakan tempat hiburan umum yang mendapat izin menjual minuman bir serta minuman beralkohol lainnya. Para tamu mendapatkan minumannya dari counter (meja panjang yang membatasi dua ruangan). Pengunjung dapat menikmat; sambil duduk atau berdiri. Hidangan yang tersediaberupa snack seperti *pies* dan *sandwich*.
17	*Snack Bar/Cafe/Milk Bar*	Restoran/rumah makan yang sifatnya tidak resmi dengan pelayanan cepat dimana para pengunjung dapat mengumpulkan makanan mereka diatas baki yang diambil dari atas *counter* dan kemudian membawanya kemeja makan. Makanan yang disediakan biasanya adalah *hamburger*, sosis dan *sandwich*.
18	*Specialty Restaurant*	Restoran/rumah makan yang suasana dan dekorasi seluruhnya disesuaikan dengan tipe khas makanan yang disajikan atau temanya. Restoran/rumah makan/rumah makan semacam ini menyediakan masakan Cina, Jepang, Italia dan sebagainya. Pelayanannya sedikit banyak berdasarkan tata cara Negara tempat asal makanan Negara itu
19	*Terrace Restaurant*	Restoran/rumah makan yang terletak di luar bangunan, namun pada umumnya masih berhubungan dengan hotel maupun restoran/rumah makan induk. Di Negara-negara barat pada umumnya restoran/rumah makan tersebut hanya buka pada waktu musim panas saja
20	*Gourmet Restoran/rumah makan/rumah makan*	Restoran/rumah makan yang menyediakan pelayanan makanan dan minuman untuk orang-orang yang mempunyai cita rasa tinggi dalam merasakan jenis macam-macam makanan dan minuman. Keistimewaan restoran/rumah makan ini ialah makanan dan minumannya yang lezat-lezat, pelayanannya megah dan harganyacukup mahal
21	*Family Type Restaurant*	Restoran/rumah makan sederhana yang menghidangkan makanan dan minuman dengan harga tidak mahal. Jenis restoran/rumah makan ini umumnya disediakan untuk tamu-tamu keluarga maupun rombongan.
22	*Main Dining Room*	Restoran/rumah makan atau ruang makan utama yang terdapat di hotel-hotel besar. Pramusaji terikat oleh suatu peraturan pelayanan makanan yang ketat. Servisnya biasa menggunakan pelayanan ala Perancis atau Rusia. Tamu-tamu yang hadir pun pada umumnya berpakaian resmi atau formal.

Sumber: Marsum, 2005.

2.3 Karakteristik Umum Air Limbah Rumah Makan

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik yang kehadirannya tidak dikehendaki lingkungan dan tidak memiliki nilai ekonomis.

Karakteristik air limbah rumah makan secara garis besar digolongkan sebagai berikut:

1. Karakteristik Fisik

   Air limbah rumah makan sebagian besar terdiri dari air dan sedikit zat padat/tersuspensi. Air limbah cenderung berwarna suram dan berbau, karena terdapat banyak kandungan minyak dan lemak, sisa makanan, dan deterjen dari bekas cucian alat masak dan alat makan.

2. Karakteristik Kimiawi

   Secara kimiawi, air limbah rumah makan lebih banyak mengandung zat-zat organic dari proses pencucian alat masak dan alat makan. Beberapa rumah makan menghasilkan air limbah yang mengandung minyak dan lemak lebih banyak dari pada rumah makan yang lain, tergantung dari jenis menu makanan yang ditawarkan.

3. Karakteristik Biologis

   Air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu akan menyebabkan berbagai gangguan kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup, antara lain:

   a. Menjadi transmisi atau media penyebaran berbagai penyakit terutama kolera, typhus abdominalis, dan disentri baciler.
   b. Menjadi media berkembangnya mikroorganisme patogen.
   c. Menjadi tempat berkembangnya nyamuk atau tempat hidup larva nyamuk.
   d. Menimbulkan bau yang tidak enak serta pandangan yang tidak sedap.

e. Merupakan sumber pencemaran air permukaan, tanah, dan lingkungan hidup lainnya.
f. Mengurangi produktivitas manusia karena orang bekerja dengan tidak nyaman dan sebagainya.

Beberapa parameter utama yang digunakan sebagai indikasi karakteristik air limbah, parameter tersebut adalah :

1. *Total Suspended Solid* (TSS)

   TSS atau zat padat tersuspensi sendiri dapat diartikan sebagai padatan yang terlarut dalam air berupa bahan organik dan inorganik dengan ukuran ≥ 0,45µm (Hermana,2004). Materi yang tersuspensi ini mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam badan air. Kekeruhan air yang meningkat akan menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi tanaman dalam air. TSS yang ada pada air limbah restoran/ rumah makan sekitar 2-5 kali lebih tinggi dibanding dengan air limbah permukiman (USEPA, 2002).

2. *Biochemical Oxigen Demand*(BOD)

   BOD merupakan parameter penting sebagai indikator pencemaran air. Dalam air buangan terdapat zat organik yang terdiri, dari unsur karbon, hidrogen dan oksigen dengan unsur tambahan yang lain seperti nitrogen, phosphat dan lain-lain yang cenderung menyerap oksigen. Oksigen digunakan untuk menguraikan senyawa organik. Nilai BOD menyatakan kebutuhan oksigen terlarut (OT) yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan kandungan zat organik dalam air limbah.Kadar BOD_5 dalam air limbah restoran/rumah makan dapat melebihi 1.000 mg/L atau 3,5-6,5 lebih tinggi dari air limbah permukiman(USEPA, 2002).

3. *Chemical Oxygen Demand*(COD)

   COD adalah jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non degradable*).

4. Minyak dan lemak

   Minyak dan lemak banyak dihasilkan dari proses pengolahan makanan. Restoran/rumah makan dengan menu tertentu, seperti masakan Indonesia, Chinese, dan seafood banyak menghasilkan komponen ini. Minyak dan lemak akan ikut terbuang kebadan air pada saat proses pencucian alat masak dan alat makan. Tanpa adanya pengolahan limbah, minyak dan lemak dapat mengurangi kualitas badan air dan menggangu kehidupan biota air.

5. Deterjen

   Deterjen sudah pasti digunakan di rumah makan-rumah makan untuk mencuci piring, tangan dan alat-alat dapur. Umumnya deterjen mengandung surfaktan, bulider, filer, aditif. Surfactan merupakan bahan dengan komposisi terbesar dibandingkan yang lain.

   a. Surfactan

      Surfactan (*Surfact Active Agent*) merupakan zat adiktif permukaan yang mempunyai ujung berbedaya itu *hidrofil* (suka air) dan *hidrofob* (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Secara garis besar, terdapat 4 kategori surfactant yaitu :

      1) Anionik

         - *Alkyl Benzene Sulfonat* (ABS)

- *Linier Alkyl Benzene Sulfonat* (LAS)
- *Alpha Olen Sulfonat* (AOS)

2) Kationik : garam ammonium
3) Non ionik : *Nonyl Phenol Polyethoxyle*
4) Ampotenik : *Acyl Ethylene Namines*

b. Builder

Buider (pembentuk) berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfactant dengan cara menonaktifkan mineral kesadahan air

1) Fosfat : *Sodium Tri Poly Phosphat* (STPP)
2) Asetat
   - *Nitrit Tri Acetate* (NTA)
   - *Ethylene Diamine Tetra Acetate* (EDTA)
3) Silikat : *Zeolit*
4) Sitrat : AsamCitrat

c. Filler

Filler (pengisi) adalah bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas, contoh; *Sodium Sulfat*.

d. Aditif

Aditif merupakan bahan tambahan misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna. Contoh *enzim*, *boraks*, *sodium klorida*, *carboxy methyl cellulose* (CMC).

Bahan pembentuk deterjen ini menyebabkan air limbah rumah makan tidak hanya mengandung senyawa organic tetapi juga anorganik. Secara umum, range tipikal parameter air limbah di beberapa jenis rumah makan dapat dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik Tipikal Parameter Air Limbah Restoran/Rumah Makan

Jenis Restoran/rumah makan	Parameter				
	pH	COD (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	Minyak dan Lemak (mg/L)	Suspended Solid (mg/L)
Masakan Chinese[1]	6 – 8	292 – 3.390	58 – 1.430	120 - 712	13 - 246
Masakan Western[1]	7 – 10	912 – 3.500	489 – 1.410	53 – 2.100	152 - 545
Masakan Amerika[1] **(fast food)**	6 – 7	980 – 4.240	405 – 2.240	158 - 799	68 - 345
Kantin[1]	7 – 9	900 – 3.250	545 – 1.630	415 – 1.970	124 – 1.320
Steakhouse[2]	N/A	950 - 1942	433 – 1.160	14 - 249	134 - 310
Seafood[2]	N/A	185 – 1.630	55 – 1.180	12 - 109	20 – 2.118
Pizza[2]	N/A	2.330 – 4.320	1.270 – 3.220	85 - 539	63 – 1.100
Masakan Indonesia[3,4]	4,5 – 6	752 – 2.048	365 – 540	N/A	277 - 3.667
Ice Cream[5]	N/A	N/A	292.000 (maks)	N/A	N/A

Keterangan: N/A = Tidak ada data
Sumber: [1]Chen et al, 2000
[2]Blount, J.
[3]Enjarlis, 2012
[4]Hasil Analisa, 2014
[5]Wendorff, 2001

Debit air limbah yang keluar dari unit usaha restoran/rumah makan bervariasi, tergantung dari kapasitas pelayanannya. Tipikal debit air limbah beberapa unit restoran/rumah makan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tipikal Debit Air Limbah Restoran/Rumah Makan

Fasilitas	Unit	Debit (Liter/Unit/Hari)	
		Kisaran	Tipikal
Cafetaria	Pengunjung	4 - 11	8
	Pekerja	30 - 45	8
Cocktail lounge	Kursi	45 - 95	76
Coffee Shop	Pengunjung	15 - 30	23
	Pekerja	30 - 45	38
Dining Hall	PiringSaji	15 - 38	26
Restoran/rumah makan	PiringSaji	8 - 15	11

Fasilitas	Unit	Debit (Liter/Unit/Hari)	
		Kisaran	Tipikal
(konvensional)	Pengunjung	30 - 38	34
Restoran/rumah makan (order cepat)	Pengunjung	11 - 30	23
Kantin	Pengunjung	38 - 76	57

Sumber: Crites dan Tchobanoglous, 1998

Menurut SNI No. 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing, kebutuhan air dingin dan air panas restoran/rumah makan sebesar 15 L/kursi/hari dan 10 L/kursi/hari. Bila di dalam restoran/rumah makan tersebut menggunakan air dingin dan air panas, maka total air bersih yang dibutuhkan sebesar 25 L/kursi/hari. Dengan asumsi 80% air bersih yang digunakan tersebut adalah air limbah, maka debit air limbah restoran/rumah makan yang dihasilkan sebesar 20 L/kursi/hari.

2.4 Baku Mutu Limbah Cair Domestik

Kadar maksimum baku mutu air limbah domestik yang ada di Surabaya, mengikuti peraturan yang ada dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lain. Pada peraturan tersebut, baku mutu air limbah domestik dari permukiman (real estate), rumah makan (restoran/rumah makan), perkantoran, perniagaan, apartemen, perhotelan dan asrama, dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4. Baku Mutu Air Limbah Domestik

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK Volume Limbah Cair Maksimum 120 L/(orang.hari)	
Parameter	**Kadar Maksimum (mg/l)**
BOD5	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6 - 9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Guna memenuhi regulasi tersebut, maka diperlukan adanya komitmen yang tinggi dari para pemilik usaha rumah makan (restoran/rumah makan) untuk membangun suatu sistem pengolahan air limbah dalam lingkungan usahanya.

Bab III
MEMBANGUN IPAL RESTORAN/RUMAH MAKAN

3.1 Sistem Pengolahan Air Setempat (On-Site System)

Sistem pengolahan ini memungkinkan masing-masing pemilik usaha restoran/rumah makan untuk mengolah air limbahsecara mandiri. Pada prinsipnya, semua buangan domestik (*grey water*)dari proses pencucian di restoran/rumah makan akan masuk ke dalam sistem pengolahan air limbah.

Pengolahan air limbah terdiri dari dua tahapan, yaitu pengolahan pendahuluan (pretreatment) dan pengolahan biologis dengan menggunakan Tangki Biofilter maupun *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)/Tangki Septik Bersekat.

3.1.1 Pengolahan Pendahuluan

Pengolahan pendahuluanberfungsi untuk mengurangi kandungan minyak, lemak, dan padatan-padatan dalam air limbah. Pengolahan pendahuluan ini dapat dilakukan pada 2 unit sistem pengolahanberikut :

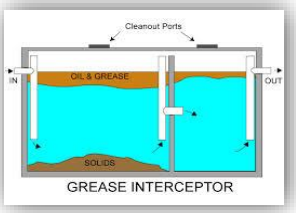
a. Bak penangkap minyak dan lemak

Minyak dan lemak yang masukdalam sistem pengolahan akan membentuk lapisan mengapung yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Semakin tinggi kandungan minyak dan lemak dalam air limbah, akan mengganggu kinerja sistem pengolahan biologis. Selain itu, campuran antara lemak yang mengeras dan padatan sisa makanan akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pipa, gangguan laju aliran air dalam pipa, serta bau yang tidak sedap.

Bak penangkap minyak dan lemak dapat terbuat dari beberapa material, seperti: stainless steel, plastik, beton, ataupun baja. Kapasitasnya juga bervariasi antara 35 liter–diatas 45.000 liter.Pemilihan kapasitas bak penangkap minyak dan lemak biasanya disesuaikan dengan jumlah kompartemen wastafel dapur yang ada di masing-masing restoran/rumah makan.Desain dan aplikasi bak penangkap minyak dan lemak dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2.

Mekanismenya, air buangan dari wastafel dapur akan langsung masuk ke dalam bak penangkap minyak dan lemak. Padatan sisa makanan akan mengendap di dalam bak penangkap minyak dan lemak, sedangkan minyak dan lemak yang beratnya lebih ringan akan mengapung di permukaan. Selanjutnya, air limbah yang bebas dari padatan dan minyak-lemak akan dialirkan ke dalam pengolahan lanjutan berupa pengolahansecara biologis.

Padatan sisa makanan yang mengendap serta minyak-lemak yang terapung di dalam bak penangkap minyak dan lemakharus dibersihkan secara berkala dengan sistem manual ataupun sistem pemompaan. Untuk menjaga efisiensi bak penangkap minyak dan lemak, maka sisa makanan baik yang berupa padatan, saus, ataupun susu, tidak dibuang langsung ke dalam wastafel dapur. Disamping untuk efisiensi alat, pembersihan bak secara berkala berfungsi untuk menghindari terbentuknya gas *hydrogen sulfide* (H_2S) akibat pembusukan sisa-sisa makanan, dan asam sulfat akibat bercampurnya gas H_2S dengan air. Terbentuknya asam sulfat, akan menimbulkan terjadinya karat ataupun korosi pada material bak penangkap minyak dan lemak.



Gambar 3.1Contoh dan Mekanisme Bak penangkap minyak dan lemak

Gambar 3.2 Contoh Aplikasibak penangkap minyak dan lemak yang menyatu dengan *kitchen sink*

Desain Bak penangkap minyak dan lemak untuk pemasangan/konstruksi di luar dapur dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan, dapat dilihat seperti pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3 Contoh Bak penangkap minyak dan lemak (konstruksi di luar dapur)

b. Bak Netralisasi

Bak netralisasi didesain untuk menerima, mengencerkan, dan menetralkan bahan–bahan berbahaya dalam air limbah seperti deterjen, sebelum dialirkan ke pengolahan selanjutnya. Bak netralisasi dilengkapi dengan monitor pH untuk mengontrol dan menetralkan pH air limbah yang terlalu tinggi (>8) ataupun terlalu rendah (<6). Proses netralisasi umumnya membutuhkan waktu lebih dari 45 menit. Penambahan *limestone* (kapur tohor/NaOH) pada bak netralisasi diperlukan untuk menetralkan pH air limbah yang asam. Sedangkan untuk menetralkan pH air yang basa (pH tinggi) dapat digunakan asam asetat (CH_3COOH), asam karbonat, ataupun asam sitrat.

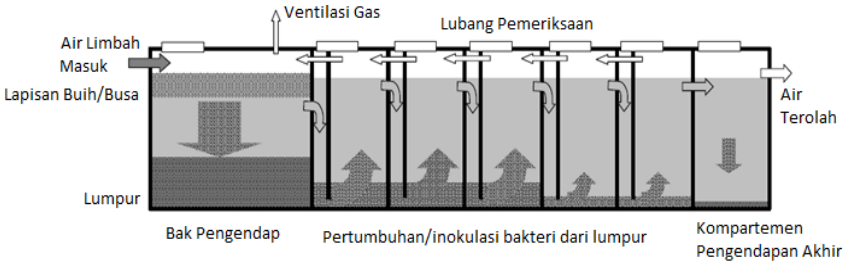
Gambar 3.4 Contoh Bak Netralisasi

3.1.2 Pengolahan Biologis

a. Tangki Septik Bersekat

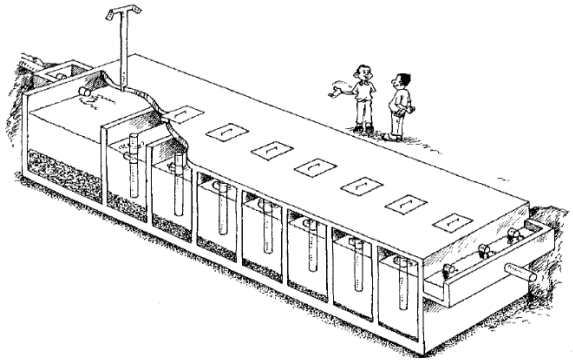
Anaerobic Baffled Reactor (ABR) disebut juga tangki septik bersekat,adalah pengolahan air limbah menggunakan beberapa bak/kompartemen tersusun secara seri dan memiliki fungsi yang berbeda-beda. Air limbah diolah secara bertahap pada setiap kompartemen. Kompartemen pertama menguraikan bahan organik yang mudah terurai lalu berlanjut pada kompartemen-kompartemen selanjutnya untuk mengolah bahan organik yang sulit terurai. Dengan menggunakan sistem ini, kadar

BOD yang bisa dihilangkan antara 70%-95%, sedangkan untuk kadar COD antara 65%-90%. Desain unit ABR dapat dilihat pada Gambar 3.5 yang terdapat kompartemen sedimentasi (pengendapan) sebagai pengolahan pendahuluan dari desain tersebut.



Gambar 3.5 Desain Tangki Septik Bersekat

Pada sistem ini, lumpur aktif terdapat di bagian dasar tiap kompartemen. Selama aliran masuk ke kompartemen, air limbah bercampur dengan lumpur secara intensif dan polutan air limbah terurai.Semakin banyak kompartemen, maka performa yang dihasilkan akan semakin tinggi. Aplikasi unit ABR dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Aplikasi unit Tangki Septik Bersekat

b. Biofilter

Biofilter (*submerged filter*) merupakan istilah dari reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang menempel pada suatu media filter dan membentuk biofilm (*attached growth*). Secara sederhana biofilter merupakan pengolahan dengan memanfaatkan media seperti gerabah, batu kali dan plastik untuk menurunkan kandungan bahan organik. Prinsip kerja biofilter ini adalah bakteri yang melekat pada media filter diharapkan mampu mendegradasi bahan organik yang melewati media tersebut. Dengan prinsip kerja tersebut, maka penurunan 70%-90% BOD diharapkan dapat tercapai. Prinsip pengolahan ini juga sangat tergantung pada beban hidrolis mapun beban organik pada media filter. Contoh unit biofilter diberikan pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.

Kelebihan sistem reaktor biofilter dibanding dengan sistem reaktor dengan pertumbuhan mikroba tersuspensi antara lain :

- Memberikan resiko yang cukup kecil dari efek kelangkaan biomass (*washout*) dalam reaktor akibat gangguan proses karena biomass akan tetap melekat pada media filter meskipun ada kejutan pada karakteristik air limbah.
- Mudah dalam operasi dan perawatannya.
- Lebih cepat dalam proses *restart-up* setelah pemberhentian proses.
- Memiliki waktu tinggal biomass lebih lama.
- Mudah mengontrol beban hidrolik pada biofilm.

Kekurangan teknologi ini, tumbuhnya mikroorganisme yang terlalu banyak pada media filter menyebabkan terjadinya penyumbatan dan menghambat proses penyaringan (filtrasi). Namun hal ini dapat dihindari dengan menggunakan metode fisika dan kimia, seperti pencucian terbalik

(*backwash*) ataupun penambahan senyawa peroksida atau ozon yang dapatmengurangi tingkat pertumbuhan mikrooorganisme.

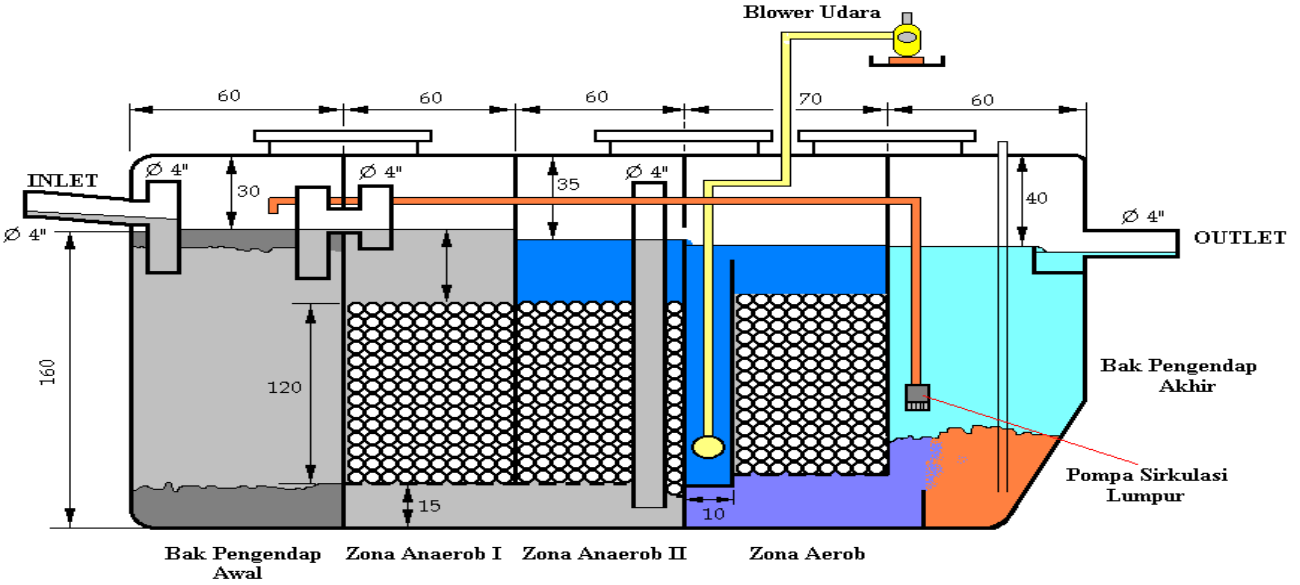
Beberapa acuan normatif yang mengatur tentang sistem pengolahan air limbah yang menggunakan tangki biofilter ini adalah:

- ✓ Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001, *Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*.
- ✓ SNI 03-2847-1992, *Tata cara pemasangan bata pada bangunan.*
- ✓ SNI 03-2847-1992, Tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung.
- ✓ RSNI Pd T–02–2004–C, Pengoperasian dan pemeliharaan instalasi pengolah air limbah rumah tangga dengan media biofilter.

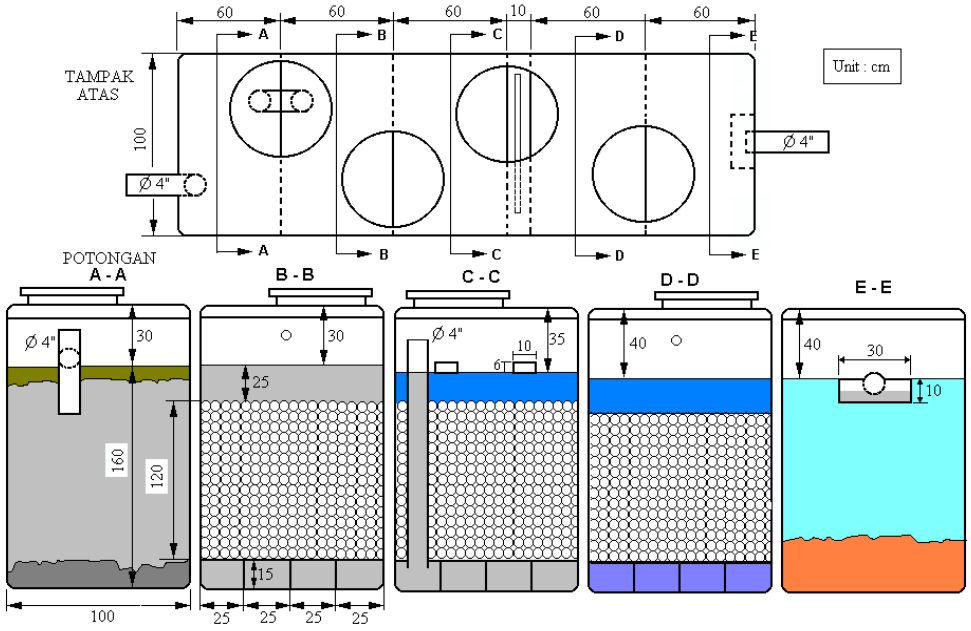
Hasil penelitian secara keseluruhan menunjukkan bahwa air limbah yang sudah diolah dengan menggunakan prinsip adsorbsi dan biofilter mampu menurunkan kandungan bahan organik, minyak dan lemak serta detergen.

3.2 Pemilihan Unit Pengolahan Air Limbah

Kualitas dan kuantitas air limbah restoran/rumah makan ditentukan oleh jenis menu makanan/minuman utama yang disediakanserta jumlah kapasitas pelayanannya (lihat pada Tabel 2.2 dan 2.3). Jenis menu makanan/minuman utama yang disajikan digunakan sebagai dasar penentuan jenis unit pengolahan air limbah yang dibutuhkan. Berikut ini acuan unit pengolahan air limbah yang dibutuhkan oleh masing-masing jenis restoran/rumah makan (Tabel 3.2).



Gambar 3.7 Contoh Unit Biofilter



Gambar 3.8 Contoh Penampang Melintang Biofilter

Kuantitas air limbah dari restoran/rumah makan dapat dihitung berdasar pada SNI No. 03-7065-2005 dan kapasitas pelayanan restoran. Menurut SNI No. 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing, kebutuhan air dingin dan air panas restoran/rumah makan masing-masing sebesar 15 L/kursi/hari dan 10 L/kursi/hari. Bila di dalam restoran/rumah makan tersebut menggunakan air dingin dan air panas, maka total air bersih yang dibutuhkan sebesar 25 L/kursi/hari. Dengan asumsi 80% air bersih yang digunakan tersebut adalah air limbah, maka debit air limbah restoran/rumah makan yang dihasilkan sebesar **20 L/kursi/hari**.

Tabel 3.1 Pemilihan Jenis Unit Pengolahan Air Limbah

Jenis Restoran	Unit Pengolahan Air limbah			
	Bak penangkap minyak dan lemak	Bak Netralisasi	Tangki Septik Bersekat	Biofilter
Masakan Chinese	√	*	√	*
Masakan Western	√	√	-	√
Masakan Amerika (fast food)	√	*	-	√
Kantin	√	*	√	*
Steakhouse	√	*	-	√
Seafood	√	*	*	√
Pizza	√	*	*	√
Masakan Indonesia	√	√	√	*
Masakan Jepang	√	*	*	√
Ice Cream	√	√	√	-
Roti	√	*	*	√

*Keterangan: √ = perlu; * = optional; - = tidak perlu*
*Bak Netralisasi diperlukan bila pH limbah < 6 atau >*8.

Apabila kapasitas pelayanan dikategorikan sebagai berikut:

- Kecil (K) : <200 kursi
- Menengah(M) : >200 kursi
- Besar (B) : >600 kursi

Maka, kuantitas/debit limbah restoran dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 DebitAir limbah

Kapasitas Pelayanan	Debit Air limbah
Kecil (< 200 kursi/hari)	4 m^3/hari
Menengah (> 200 kursi/hari)	8 m^3/hari
Besar (> 600 kursi/hari)	12 m^3/hari

Berdasarkan pada debit dan kualitas limbah yang dihasilkan (seperti yang terlihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 2.3), maka pembagian tingkat kategori limbah dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 3.3 dibawah ini,

Tabel 3.3 KategoriAir limbah

Kategori Limbah	Debit (m^3/hari)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
Ringan	4 - 12	1.500	2.500
Sedang	4 - 12	2.500	3.500
Berat	4 - 12	3.500	4.500

3.3 Pedoman Perhitungan Volume Dan Dimensi IPAL

3.3.1 Bak Penangkap Minyak Dan Lemak

Pada umumnya, bak penangkap minyak dan lemak mempunyai efisiensi penyisihan BOD dan COD antara 70-80% tergantung dari waktu tinggal di dalam bak penangkap minyak dan lemak. Apabila jumlah BOD/COD yang masuk ke bak penangkap minyak/lemak disesuaikan dengan Tabel 3.4, maka efisiensi penyisihan BOD dan COD serta kualitas BOD dan COD yang keluar dari bak penangkap minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Efisiensi Penyisihan BOD/COD dari Bak Penangkap Minyak/Lemak

Kategori Limbah	Masuk		Penyisihan		Keluar*)	
	BOD mg/L	COD mg/L	BOD %	COD %	BOD mg/L	COD mg/L
Ringan	1.500	2.500	77	75	345	625
Sedang	2.500	3.500	77	75	575	875
Berat	3.500	4.500	77	75	805	1.125

*) *BOD dan COD yang keluar dari bak penangkap minyak/lemak akan menjadi kualitas BOD dan COD yang masuk ke dalam ABR*

a. Desain Bak penangkap minyak dan lemak (konstruksi di luar dapur)

Penentuan ukuran/dimensi Bak penangkap minyak dan lemak dilakukan berdasarkan pada debit timbulan air limbah yang dihitung melalui pendekatan sebagai berikut (Rainwater, 2004):

debit air limbah (L/kursi/jam) x kapasitas pelayanan/hari (kursi) x faktor debit puncak x waktu detensi (jam) = **Volume unit Bak penangkap minyak dan lemak (L)**

- Faktor debit puncak berdasarkan tipe restoran, yaitu:
  - Restoran siap saji = 1,33
  - Tipe selain restoran siap saji = 1,00
- Waktu detensi berdasarkan waktu operasional restoran, yaitu:
  - Operasional 8 – 16 jam = 5 jam
  - Operasional 24 jam = 7,5 jam

Contoh perhitungan:

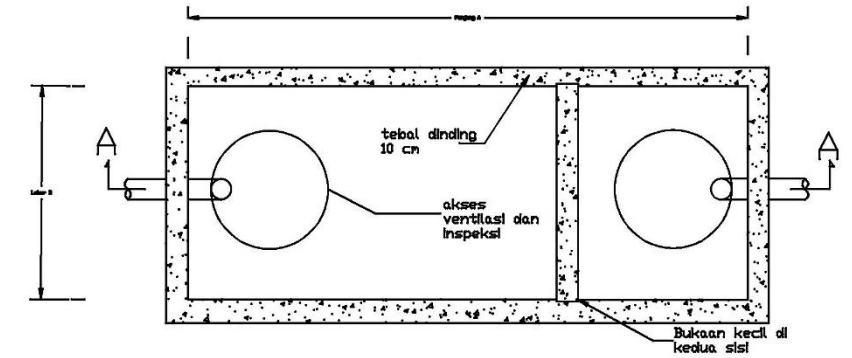
- Jenis restoran = fastfood skala kecil (< 200 kursi), operasional 24 jam
- Debit air limbah = 20 L/kursi/hari = 0,83 L/kursi/jam
- Kapasitas pelayanan = 200 kursi (restoran skala kecil)

- Faktor debit puncak = 1,33
- Waktu detensi = 7,5
- **Volume Bak penangkap minyak dan lemak** = 0,83 x 200 x 1,33 x 7,5 = 1.663 L
- **Dimensi Bak penangkap minyak dan lemak**= sesuaikan dengan Tabel 3.6dan Gambar 3.9(untuk volume < 2.200 L, dimensi yang digunakan adalah dimensi dengan kapasitas 2.200 L)

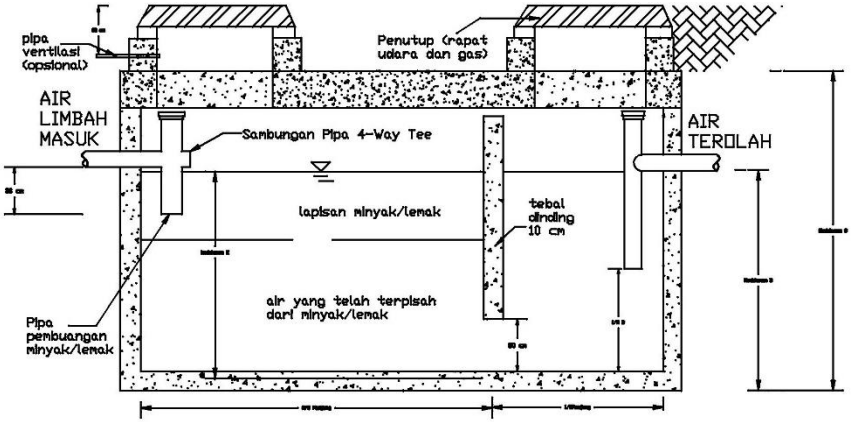
Tabel 3.5 Dimensi bak penangkap minyak dan lemak (Konstruksi Luar)

Kapasitas (L)	Dimensi Bak penangkap minyak dan lemak (meter)				
	A	B	C	D	E
2200	2,1	1,4	2,1	1,1	1,0
2800	2,1	1,4	2,1	1,3	1,2
3800	2,1	1,5	2,2	1,3	1,2
4700	2,7	1,5	2,2	1,6	1,5
5600	2,7	1,7	2,2	1,3	1,2
6600	3,4	1,7	2,2	1,5	1,4
7500	3,4	2,0	2,4	1,4	1,2
9500	3,9	2,0	2,4	1,7	1,4

Dengan cara yang sama, didapatkan volume dan dimensi Bak penangkap minyak dan lemak untuk jenis dan kapasitas pelayanan restoran yang berbeda-beda.



DENAH PENANGKAP MINYAK/LEMAK



POTONGAN A-A

Gambar 3.9 Denah dan Potongan Bak penangkap minyak dan lemak (Konstruksi Luar)

b. Desain Bak penangkap minyak dan lemak (konstruksi di dalam dapur)

Alternatif bak penangkap minyak dan lemak yang dapat dipakai adalah yang tersambung oleh sistem plambing wastafel dapur. Penentuan ukuran/dimensi Bak penangkap minyak dan lemak dilakukan berdasarkan pada kapasitas tampungan lemak yang dihitung melalui pendekatan sebagai berikut (Rainwater, 2004):

debit air limbah (L/kursi/jam) x kapasitas pelayanan/hari (kursi) x faktor debit puncak x waktu operasional (jam) x konsentrasi minyak & lemak (mg/L) = **Kapasitas lemak/minyak (mg)**

- Faktor debit puncak berdasarkan tipe restoran, yaitu:
  - Restoran siap saji = 1,33
  - Tipe selain restoran siap saji = 1,00
- Konsentrasi minyak dan lemak, seperti pada Tabel 2.2.

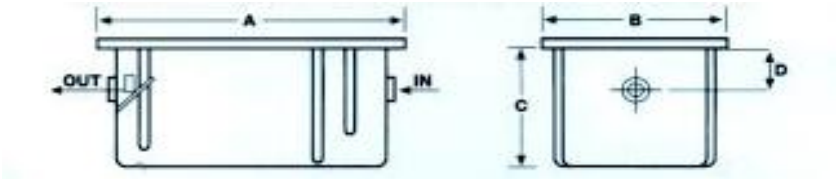
Contoh perhitungan:

- Jenis restoran = fastfood skala kecil(< 200 kursi)
- Waktu operasional = 24 jam
- Debit air limbah = 20 L/kursi/hari = 0,83 L/kursi/jam
- Kapasitas pelayanan = 200 kursi (restoran skala kecil)
- Faktor debit puncak = 1,33
- Konsentrasi minyak dan lemak = 799 mg/L
- **Kapasitaslemak/minyak**= 0,83 x 200 x 1,33 x 24 x 799 = 4.256 mg = 4,3 kg
- **Dimensi Bak penangkap minyak dan lemak**= sesuaikan dengan Tabel 3.6 dan Gambar 3.10 (untuk kapasitas lemak/minyak di atas, dimensi yang digunakan adalah dimensi dengan kapasitas 31 kg)

Jumlah Bak penangkap minyak dan lemak model ini dapat disesuaikan dengan jumlah wastafel dapur yang ada di masing-masing restoran.

Tabel 3.6 Dimensi Bak penangkap minyak dan lemak(Konstruksi Dalam)

Kapasitas Lemak/Minyak (kg)	Dimensi Bak penangkap minyak dan lemak (meter)				Kapasitas cairan yang tertahan (L)	Dia. Pipa Inlet/Outlet (cm)
	A	**B**	**C**	**D**		
31	0,51	0,37	0,28	0,08	21	5
44	0,58	0,37	0,30	0,09	28	5
66	0,58	0,50	0,33	0,09	46	5
88	0,74	0,50	0,36	0,09	67	5
110	0,83	0,50	0,43	0,10	94	7,5
154	0,83	0,56	0,46	0,10	114	7,5
221	0,94	0,64	0,46	0,10	153	7,5
331	1,12	0,64	0,61	0,10	234	7,5



Gambar 3.10. Dimensi Bak penangkap minyak dan lemak (Konstruksi Dalam)

3.3.2 Bak Netralisasi

Volume bak netralisasi dapat dihitung melalui rumus berikut:

Volume (L) = Debit (L/dt) x 3600 dt/jam xWaktu detensi (jam)

- Waktu detensi air limbah dalam bak netralisasi ± 1 jam. Namun untuk pH yang terlalu asam, waktu detensi yang dibutuhkan ± 2 - 3 jam.

- Kapasitas efektif = 1/3 kapasitas total bak netralisasi.

Contoh perhitungan:

- Jenis restoran = fastfood skala kecil (< 200 kursi)
- Debit = 0,046 L/dt
- Volume = 0,046 x 3600 x 2 = 331 L
- Kapasitas total bak netralisasi = 331 L x 3 = 993 L
- Dimensi bak netralisasi = sesuaikan dengan Tabel 3.7 (untuk kapasitas tangki di atas, dimensi yang digunakan adalah dimensi dengan kapasitas 946 L)

Tabel 3.7 Dimensi Bak Netralisasi

Kapasitas Total Tangki	Kapasitas Efektif Tangki	Dimensi Tangki (cm)	
(L)	(L)	Diameter	Tinggi
946	315	91,44	142,24
1.419	473	121,92	124,46
1.893	631	121,92	162,56
2.839	946	152,4	152,4
3.539	1.180	182,88	137,16

3.3.3 Tangki Septik Bersekat (ABR)

Tangki Septik Bersekat (ABR) mempunyai 2 (dua) area pengolahan, yaitu area pengendapan dan area kompartemen. Sesuai dengan kualitas BOD dan COD yang masuk ke dalam ABR, rata-rata efisiensi penghilangan di area pengendapan sebesar 25-28%. Sedangkan di area kompartemen, rata-rata efisiensi penghilangan BOD dan COD sebesar 90 – 98% (lihat Tabel 3.8).

Efisiensi removal pada tangki ABR bergantung pada jumlah kompartemen, semakin banyak kompartemen semakin tinggi pula efisiensi

removal BOD dan COD. Namun, jumlah kompartemen dibatasi maksimum 6 (enam) unit, karena jumlah kompartemen yang melebihi batas maksimum tidak akan banyak memberikan pengaruh pada efisiensi removal.

Berdasarkan Tabel 3.8 (halaman 33) agar effluen air limbah yang keluar sesuai dengan baku mutu, langkah yang perlu dilakukan adalah menambah jumlah kompartemen atau meningkatkan waktu detensi (durasi) air limbah berada dalam area pengendapan (*settler*). Semakin lama air limbah berada dalam ABR, maka tingkat pengolahan kontaminan yang ada dalam limbah menjadi semakin tinggi, dan menghasilkan kualitas effluen yang lebih baik.

3.3.4 Biofilter

Biofilter merupakan salah satu unit pengolahan limbah yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti ABR. Dalam hal ini, pemilihan sistem operasi biofilter harus tepat, agar penyisihan kontaminan sesuai dengan standar yang diinginkan.

Pada air limbah restoran/rumah makan dengan kandungan BOD dan COD yang cukup tinggi, penggunaan sistem biofilter anaerobik saja tidak cukup. Untuk itu diperlukan penambahan zona aerobik (biofilter aerobik) melalui injeksi udara/oksigen ke dalam tangki blower (lihat Gambar 3.8-hal 23). Suplai udara/oksigen akan membantu meningkatkan penyisihan bahan organik (BOD dan COD), sehingga kualitas air limbah yang keluar dari biofilter memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Efisiensi pengolahan serta dimensi unit biofilter untuk masing-masing kategori limbah dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan 3.10.

Tabel 3.8 Dimensi Tangki Septik Bersekat (ABR)

Debit	Durasi Pengolahan Total(HRT)	Jumlah kompartemen	Waktu detensi di Area Settler	Area Pengendapan (Settler)						Area Kompartemen				Dimensi Total ABR		
				Masuk		Penyisihan		Masuk Kompartemen		Penyisihan		Keluar				
				BOD	COD	BOD	COD	BOD	COD	BOD total	COD	BOD	COD	Panjang	Lebar	Kedalaman
(m3/hari)	(jam)	(unit)	(jam)	mg/L	mg/L	%	%	mg/L	mg/L	%	%	mg/L	mg/L	m	m	m
Kategori Limbah Ringan																
4,0	64,3	6	2,0	345	625	26	25	255	469	97,2	93,1	10	32	6,3	2,5	1,3
8,0	38,6	6	2,0	345	625	28	26	248	463	97,2	93,1	10	32	6,7	3,0	1,3
12,0	34,3	6	2,0	345	625	28	26	248	463	97,2	93,1	10	32	6,8	4,0	1,3
Kategori Limbah Sedang																
4,0	64,3	6	2,0	575	875	26,0	24,5	426	661	98,4	94,8	9	35	6,5	2,5	1,3
8,0	45,0	6	2,0	575	875	26,0	24,5	426	661	98,4	94,8	9	35	6,8	3,5	1,3
12,0	34,3	6	2,0	575	875	26,0	24,5	426	661	98,4	94,8	9	35	7,1	4,0	1,3
Kategori Limbah Berat																
4,0	64,3	6	2,0	825	1125	26,0	24,5	611	849	99,7	96,4	2	31	6,7	2,5	1,3
8,0	45,0	6	2,0	825	1125	26,0	24,5	611	849	99,7	96,4	2	31	7,1	3,5	1,3
12,0	34,3	6	2,0	825	1125	26,0	24,5	611	849	99,7	96,4	2	31	7,5	4,0	1,3

Keterangan : Tebal sekat (10 cm) sudah termasuk di dalam perhitungan dimensi total

Tabel 3.9 Efisiensi Pengolahan Pada Unit Biofilter

Debit	Area Settler							Biofilter Anaerobik								Biofilter Aerobik									
	Durasi	Masuk		Penyisihan		Keluar		Jml. Kmp	Durasi	Masuk		Penyisihan		Keluar		Jml. Kmp	Durasi	Masuk		Penyisihan		Keluar		Kbthn O_2	Kbthn O_2
m^3/hr	jam	BOD	COD	BOD	COD	BOD	COD	unit	jam	BOD	COD	BOD total	COD	BOD	COD	unit	jam	BOD	COD	BOD total	COD	BOD	COD	m^3/jam	kg/hr
Kategori limbah ringan																									
4	0,75	345	625	21%	20%	271	499	3	36	271	499	87%	77%	47	112	1	12	47	112	93%	59%	19	46	0,93	26,34
8	0,75	345	625	21%	20%	271	499	3	36	271	499	87%	77%	47	112	1	12	47	112	93%	59%	19	46	1,86	52,68
12	0,75	345	625	21%	20%	271	499	3	36	271	499	87%	77%	47	112	1	12	47	112	93%	59%	19	46	2,79	79,01
Kategori limbah sedang																									
4	0,75	575	875	21%	20%	452	699	3	48	452	699	87%	81%	74	135	1	20	74	135	95%	64%	21	49	1,79	50,69
8	0,75	575	875	21%	20%	452	699	3	48	452	699	87%	81%	74	135	1	20	74	135	95%	64%	21	49	3,58	101,39
12	0,75	575	875	21%	20%	452	699	3	48	452	699	87%	81%	74	135	1	20	74	135	95%	64%	21	49	5,37	152,08
Kategori limbah berat																									
4	0,75	825	1125	21%	20%	649	899	4	48	649	899	90%	85%	80	134	1	20	80	134	97%	64%	20	48	2,02	57,21
8	0,75	825	1125	21%	20%	649	899	4	48	649	899	90%	85%	80	134	1	20	80	134	97%	64%	20	48	4,04	114,41
12	0,75	825	1125	21%	20%	649	899	4	48	649	899	90%	85%	80	134	1	20	80	134	97%	64%	20	48	6,05	171,34

Keterangan:
Jml. Kmp = Jumlah Kompartemen Biofilter
Durasi = Durasi pengolahan di masing-masing area
Kbthn O_2 = Kebutuhan injeksi udara /O_2

Tabel 3.10 Dimensi Unit Biofilter

Debit	Dimensi							Volume media filter
	Panjang total settler	Panjang biofilter anaerobik	Panjang biofilter aerobik	Panjang sekat	Panjang total biofilter	Lebar biofilter	Kedalaman + freeboard (0,2 m)	
m^3/hari	m	m	m	m	m	m	m	m^3
Kategori limbah ringan								
4	0,75	4,05	1,18	0,3	6,28	0,70	2	3,48
8	0,75	4,05	1,36	0,3	6,46	1,40	2	7,20
12	0,75	4,05	1,43	0,3	6,53	2,10	2	10,93
Kategori limbah sedang								
4	0,9	4,05	1,58	0,3	6,83	0,93	2	4,97
8	0,9	4,05	1,76	0,3	7,01	1,86	2	10,27
12	0,9	4,05	1,84	0,3	7,09	2,80	2	15,67
Kategori limbah berat								
4	1,5	5,4	1,96	0,4	9,26	0,7	2	4,89
8	1,5	5,4	2,26	0,4	9,56	1,4	2	10,19
12	1,5	5,4	2,38	0,4	9,68	2,1	2	15,52

Keterangan : Freeboard = ruang bebas di atas permukaan air

3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB) IPAL Restoran/rumah makan

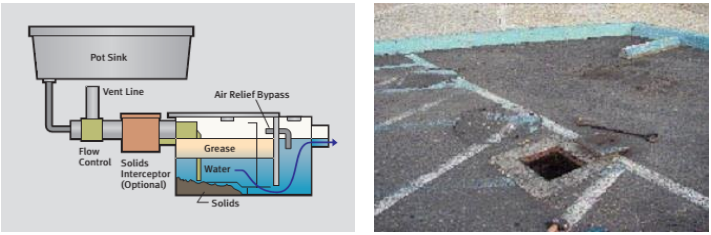
Rencana anggaran biaya untuk unit-unit pengolahan air limbah restoran/rumah makan dapat dilihat pada Tabel 3.11 hingga Tabel 3.16.

3.5 Pedoman Teknis IPAL Restoran/rumah makan

3.5.1 Bak Penangkap Minyak Dan Lemak

1. Pedoman Teknis Pembangunan/Pemasangan

a. Pemasangan Bak penangkap minyak dan lemak dapat dilakukan di dekat wastafel dapur ataupun di luar bangunan (lihat Gambar 3.11).



Gambar 3.11 Bak Penangkap Minyak dan Lemak Luar Bnngunan

b. Ukuran bak penangkap minyak dan lemak disesuaikan dengan kualitas dan kuantitas air limbah restoran/rumah makan.

c. Bak penangkap minyak dan lemak harus diletakkan di lokasi yang mudah dan cepat dijangkau setiap waktu untuk proses pembersihan dan monitoring.

d. Bak penangkap minyak dan lemak sedikitnya harus mempunyai 2 (dua) kompartemen.

e. Jarak antara bak penangkap minyak dan lemak dengan wastafel dapur minimal 3 meter untuk memberi waktu pendinginan yang cukup pada air limbah. Semua effluen limbah yang berasal dari

wastafel dapur atau dishwasher (jika ada) harus melalui Bak penangkap minyak dan lemak.

f. Pipa inlet Bak penangkap minyak dan lemak dipasang dengan menggunakan belokan 90^{o} untuk menghindari tekanan aliran yang tinggi.

g. Pipa outlet Bak penangkap minyak dan lemak dilengkapi dengan pipa aksesoris sambungan tee.

Bak penangkap minyak dan lemak harus dibuat dan dipasang sedemikian rupa, agar dapat digunakan dengan baik, mempunyai ventilasi yang cukup, dan tidak mudah dipindah-pindahkan.

2. Pedoman Teknis Operasi

Sebelum masuk ke dalam unit pengolahan air limbah, seluruh Air limbah dari wastafel dapur akan masuk ke dalam Bak penangkap minyak dan lemak terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

a. Jangan membuang sisa makanan, saus, kaldu kental ataupun susu ke dalam wastafel dapur. Adanya bahan-bahan tersebut dapat mengurasi efisiensi Bak penangkap minyak dan lemak, dan mempercepat selang waktu pembersihannya.

b. Tiap-tiap lubang wastafel dapur harus dilengkapi dengan saringan, untuk mengantisipasi masuknya sejumlah besar padatan/sisa makanan ke dalam lubang wastafel.

Masing-masing restoran/rumah makan tidak diperkenankan menggunakan food grinder (pencacah sisa makanan) di dalam lubang wastafel. Adanya food grinder, akan menambah beban bak, karena sejumlah besar padatan akan masuk dan mengendap didalamnya. Dengan demikian,

biaya yang dibutuhkan untuk pembersihan akan semakin besar, karena selang waktu pembersihan menjadi lebih cepat.

Tabel 3.11 RAB Bak Penangkap Minyak/Lemak (Konstruksi Luar)

No.	Kapasitas	Dimensi			Pekerjaan Beton						Pekerjaan Tanah			Biaya Investasi Pekerjaan Sipil (Rp)
					Volume (m3)				Harga Beton K350 + bekisting (Rp)	Total Biaya Beton (Rp)	Volume	Biaya Pekerjaan		
	Liter	P (m)	L (m)	H (m)	Dinding Ka-Ki (Tebal 0,2 m)	Dinding Dpn-Blk (Tebal 0,2 m)	Dasar bak (Tebal 0,2 m)	Total Vol.			Galian tanah (m3)	Tanah (Rp/m3)	Vol. Galian Total (Rp)	
1	2200	2,1	1,4	2,1	1,82	1,21	0,61	3,64	5.052.423	18.399.910	7,77	150.000	1.165.521	19.565.431
2	2800	2,1	1,4	2,1	1,82	1,21	0,61	3,64	5.052.423	18.399.910	7,77	150.000	1.165.521	19.565.431
3	3800	2,1	1,5	2,2	1,86	1,33	0,65	3,85	5.052.423	19.432.558	8,52	150.000	1.278.506	20.711.064
4	4700	2,7	1,5	2,2	2,40	1,33	0,84	4,56	5.052.423	23.062.472	10,96	150.000	1.643.793	24.706.265
5	5600	2,7	1,7	2,2	2,40	1,51	0,95	4,85	5.052.423	24.522.782	12,42	150.000	1.862.965	26.385.748
6	6600	3,4	1,7	2,2	2,97	1,51	1,18	5,66	5.052.423	28.590.790	15,41	150.000	2.311.457	30.902.247
7	7500	3,4	2,0	2,4	3,32	1,98	1,38	6,68	5.052.423	33.774.891	20,24	150.000	3.035.566	36.810.457
8	9500	3,9	2,0	2,4	3,77	1,98	1,57	7,32	5.052.423	36.966.712	22,96	150.000	3.443.329	40.410.041

Keterangan:
P (m) = Panjang (meter)
L (m) = Lebar (meter)
H (m) = Tinggi (meter)
Dinding Ka-Ki = Dinding Bak (Kanan-Kiri)
Dinding Dpn-Blk = Dinding Bak (Depan-Belakang)

Tabel 3.12 RAB Bak Netralisasi

No.	Kapasitas	Dimensi		Pekerjaan Beton					Pekerjaan Tanah			Biaya Investasi Pekerjaan Sipil (Rp)
				Volume (m3)			Harga Beton K350 + bekisting (Rp)	Total Biaya Beton (Rp)	Volume	Biaya Pekerjaan		
	Liter	D (m)	H (m)	Dinding Ka-Ki (Tebal 0,2 m)	Dasar bak (Tebal 0,2 m)	Total Vol.			Galian tanah (m3)	Tanah (Rp/m3)	Vol. Galian Total (Rp)	
1	946	0,91	1,42	0,19	0,13	0,32	5.052.423	1.606.637	1,12	150.000	168.049	1.774.686
2	1.419	1,22	1,24	0,29	0,23	0,52	5.052.423	2.646.599	1,74	150.000	261.410	2.908.009
3	1.893	1,22	1,63	0,38	0,23	0,61	5.052.423	3.095.835	2,28	150.000	341.433	3.437.268
4	2.839	1,52	1,52	0,56	0,36	0,92	5.052.423	4.650.061	3,33	150.000	500.146	5.150.207
5	3.539	1,83	1,37	0,72	0,53	1,25	5.052.423	6.291.776	4,32	150.000	648.190	6.939.965

Keterangan:
D (m) = Diameter (meter)
H (m) = Tinggi (meter)
Dinding Ka-Ki = Dinding Bak (Kanan-Kiri)

Tabel 3.13 RAB Tangki Septik Bersekat/ABR

No.	Debit	Dimensi			Pekerjaan Beton						Pekerjaan Tanah			Biaya Investasi Pekerjaan Sipil (Rp)
					Volume (m3)				Harga Beton K350 + bekisting (Rp)	Total Biaya Beton (Rp)	Volume	Biaya Pekerjaan		
	m^3/hari	P (m)	L (m)	H (m)	Dinding Ka-Ki (Tebal 0,2 m)	Dinding Dpn-Blk (Tebal 0,2 m)	Dasar bak (Tebal 0,2 m)	Total Vol.			Galian tanah (m3)	Tanah (Rp/m3)	Vol. Galian Total (Rp)	
Kategori limbah ringan														
1	4	6,3	2,5	1,3	3,25	1,30	3,13	7,68	5.052.423	38.777.347	24,38	150.000	3.656.250	42.433.597
2	8	6,7	3,0	1,3	3,46	1,56	3,99	9,01	5.052.423	45.512.226	31,12	150.000	4.668.300	50.180.526
3	12	6,8	4,0	1,3	3,51	2,08	5,40	10,99	5.052.423	55.526.129	42,12	150.000	6.318.000	61.844.129
Kategori limbah sedang														
1	4	6,5	2,5	1,3	3,35	1,30	3,23	7,88	5.052.423	39.808.041	25,16	150.000	3.773.250	43.581.291
2	8	6,8	3,5	1,3	3,54	1,82	4,76	10,12	5.052.423	51.110.311	37,13	150.000	5.569.200	56.679.511
3	12	7,1	4,0	1,3	3,69	2,08	5,68	11,45	5.052.423	57.860.348	44,30	150.000	6.645.600	64.505.948
Kategori limbah berat														
1	4	6,7	2,5	1,3	3,46	1,30	3,33	8,08	5.052.423	40.838.735	25,94	150.000	3.890.250	44.728.985
2	8	7,1	3,5	1,3	3,69	1,82	4,97	10,48	5.052.423	52.959.498	38,77	150.000	5.814.900	58.774.398
3	12	7,5	4,0	1,3	3,90	2,08	6,00	11,98	5.052.423	60.528.028	46,80	150.000	7.020.000	67.548.028

Keterangan:
P (m) = Panjang (meter)
L (m) = Lebar (meter)
H (m) = Tinggi (meter)
Dinding Ka-Ki = Dinding Bak (Kanan-Kiri)
Dinding Dpn-Blk = Dinding Bak (Depan-Belakang)

Tabel 3.14 RAB Biofilter Anaerobik-Aerobik

No.	Debit	Dimensi			Pekerjaan Beton						Pekerjaan Tanah			Biaya Investasi Pekerjaan Sipil (Rp)
					Volume (m3)				Harga Beton K350 + bekisting (Rp)	Total Biaya Beton (Rp)	Volume	Biaya Pekerjaan		
	m^3/hari	P (m)	L (m)	H (m)	Dinding Ka-Ki (Tebal 0,2 m)	Dinding Dpn-Blk (Tebal 0,2 m)	Dasar bak (Tebal 0,2 m)	Total Vol.			Galian tanah (m3)	Tanah (Rp/m3)	Vol. Galian Total (Rp)	
Kategori limbah ringan														
1	4	6,28	0,70	2,0	5,02	0,56	0,88	6,46	5.052.423	32.654.820	10,55	150.000	1.582.560	34.237.380
2	8	6,46	1,40	2,0	5,17	1,12	1,81	8,10	5.052.423	40.908.459	21,71	150.000	3.255.840	44.164.299
3	12	6,53	2,10	2,0	5,22	1,68	2,74	9,65	5.052.423	48.738.704	32,91	150.000	4.936.680	53.675.384
Kategori limbah sedang														
1	4	6,83	0,93	2,0	5,46	0,74	1,27	7,48	5.052.423	37.783.939	15,24	150.000	2.286.684	40.070.623
2	8	7,01	1,86	2,0	5,61	1,49	2,61	9,70	5.052.423	49.027.298	31,29	150.000	4.693.896	53.721.194
3	12	7,09	2,80	2,0	5,67	2,24	3,97	11,88	5.052.423	60.034.911	47,64	150.000	7.146.720	67.181.631
Kategori limbah berat														
1	4	9,26	0,70	2,00	7,41	0,56	1,30	9,26	5.052.423	46.807.668	15,56	150.000	2.333.520	49.141.188
2	8	9,56	1,40	2,00	7,65	1,12	2,68	11,44	5.052.423	57.823.971	32,12	150.000	4.818.240	62.642.211
3	12	9,68	2,10	2,00	7,74	1,68	4,07	13,49	5.052.423	68.155.165	48,79	150.000	7.318.080	75.473.245

Keterangan:
P (m) = Panjang (meter) *Dinding Ka-Ki = Dinding Bak (Kanan-Kiri)*
L (m) = Lebar (meter) *Dinding Dpn-Blk = Dinding Bak (Depan-Belakang)*
H (m) = Tinggi (meter)
**Catatan:*
Harga media filter (sarang tawon) ± Rp. 300.000/m^3. Volume media filter yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.15 Kisaran Harga Pompa Injeksi Udara

No.	Kapasitas	Model	Harga (Rp)
POMPA UDARA ATMAN HP			
1	2,1 m3/jam	HP-4000	405.000
2	4,2 m3/jam	HP-6000	565.000
3	6,6 m3/jam	HP-12000	780.000
POMPA UDARA RETSUN ACO			
1	0,038 m3/menit	ACO-001	250.000
2	0,065 m3/menit	ACO-003	365.000
3	0,088 m3/menit	ACO-006	560.000
4	0,115 m3/menit	ACO-008A	780.000

Tabel 3.16 Alternatif Unit Pengolahan Limbah Restoran/rumah makan

No.	Alternatif	Unit Pengolahan	Debit	Luas Lahan	Biaya Total	Biaya/m3 Air Limbah	Range Efluen (mg/L)	
			m^3/hari	m^2	Rp.	Rp./m^3	BOD	COD
1	Alternatif I	Bak Penangkap Minyak& Lemak (Konstruksi Luar)	4	3,03	19.565.431	4.891.358	345-805	625 - 1.125
			8	3,25	20.711.064	2.588.883		
			12	4,18	24.706.265	2.058.855		
2	Alternatif II	Bak Penangkap Lemak + ABR	4	19,66	64.294.416	16.073.604	2 - 10	31 - 35
			8	28,10	79.485.461	9.935.683		
			12	34,18	92.254.293	7.687.858		
3	Alternatif III	Bak Penangkap Lemak + Biofilter	4	9,52	68.706.619	17.176.655	19 - 21	46 - 49
			8	16,64	83.353.274	10.419.159		
			12	24,51	100.179.510	8.348.293		
4	Biaya tambahan	Bak Netralisasi	4	0,66	1.774.686	443.671	345-805 (pH netral)	625 - 1.125 (pH netral)
			8	1,17	3.437.268	429.659		
			12	1,82	5.150.207	429.184		
		Media filter	≤ 5 m^3		1.500.000			
			≤ 11 m^3		3.300.000			
			≤ 16 m^3		4.800.000			
		Pompa Udara	≤ 2,1 m3/jam		405.000			
			≤ 4,2 m3/jam		565.000			
			≤ 6,6 m3/jam		780.000			

Keterangan:
Biaya di atas masih belum termasuk biaya bahan kimia (untuk bak netralisasi), biaya pompa resirkulasi lumpur (untuk bak biofilter).
Biaya total (Alternatif II dan III) berdasarkan pada biaya infrastruktur maksimum untuk limbah kategori berat.
Luas lahan (Alternatif II dan III) berdasarkan pada kebutuhan luas lahan maksimum untuk limbah kategori berat.

3.5.2 Bak Netralisasi

1. Pedoman Teknis Pembangunan/Pemasangan

a. Beri pondasi yang kuat untuk menyangga tangki netralisasi. Pondasi dapat berupa beton, pasir yang dipadatkan, atau penyangga datar lainnya.

b. Jangan menyangga tangki dengan pipa ataupun sambungan pipa yang menuju ke tangki netralisasi.

c. Jangan meletakkan beban yang berat di atas tutup tangki netralisasi.

d. Jangan menyambung pipa terlalu erat ke sambungan tangki, karena dapat merusak sambungan yang berakibat pada kebocoran tangki.

e. Setelah dipasang, tangki harus diisi dulu dengan chip netralisasi. Selanjutnya, tangki dapat diisi dengan air.

f. Jika tangki dilengkapi dengan pH monitor dan pengukur (probe), jangan pasang probe hingga tangki telah diisi penuh dengan air. Ujung probe/alat pengukur harus terus berada di tempat yang basah.

2. Pedoman Teknis Operasi

a. pH perlu dijaga dalam range antara 6,5 – 8,5, karena sebagian besar mikroorganisme hidup pada pH tersebut.

b. Netralisasi pH air limbah tidak dapat berlangsung dengan cepat. Air limbah setidaknya butuh waktu minimal 45 menit untuk dapat mencapai pH yang netral.

c. Tangki harus mempunyai kapasitas yang sama atau lebih tinggi daripada debit air limbah yang dihasilkan setiap jamnya.

d. Perhitungan jumlah bahan kimia yang harus dimasukkan ke dalam tangki, sangat diperlukan untuk menentukan ukuran tangki.

e. Pembubuhan asam sulfur (H_2SO_4), asam hidroklorik (HCl), karbondioksida (CO_2), asam nitrat, ataupun sulfurdioksida (SO_2), dapat digunakan untuk menetralkan pH yang asam.

f. Pembubuhan kaustik soda (NaOH), *limestone* ($CaCO_3$), atau soda abu (Na_2SO_3), dapat digunakan untuk menetralkan pH yang basa.

3.5.3 Tangki Septik Bersekat (ABR)

Pedoman teknis Tangki Septik Bersekat (ABR) terdiri dari 2 (dua) bagian, yaitu:

- Pedoman teknis pembangunan (meliputi: prinsip umum, bagian-bagian, dan tata letak)
- Pedoman teknis operasional.

Masing-masing Pedoman teknis ABR dijelaskan sebagai berikut.

1. Pedoman Teknis Pembangunan

➢ **Prinsip Umum**

a. Lahan yang dibutuhkan untuk ABR relatif kecil, karena sistem ini dibangun di bawah tanah. Namun, harus diperhatikan pula, jika muka air tanah cukup tinggi, maka ABR tidak bisa ditanam terlalu dalam, karena hal ini akan mempengaruhi efisiensi pengolahan dan mencemari air tanah.

b. Tangki ABR harus kedap air. Pemeriksaan pendahuluan perlu dilakukan untuk memastikan hal tersebut.

c. ABR harus dilengkapi dengan vent untuk melepaskan penumpukan gas berbahaya di dalamnya.

d. Beberapa bulan setelah pemasangan, kapasitas ABR belum bisa difungsikan secara maksimum. Perlu adanya waktu start-up yang cukup lama untuk pengembangbiakan mikroorganisme pengolah

lumpur. Oleh karena itu, ABR tidak dapat diaplikasikan jika kebutuhan untuk mengolah air limbah sangat mendesak.

e. Untuk mencapai efisiensi removal yang diinginkan, waktu tinggal air limbah dalam ABR diupayakan antara 48 – 72 jam.

f. Jumlah kompartemen ABR antara 2 – 6 unit.

g. Effluen dan lumpur yang berasal dari ABR harus ditangani secara hati-hati, karena banyak mengandung bakteri pathogen yang dapat menganggu kesehatan.

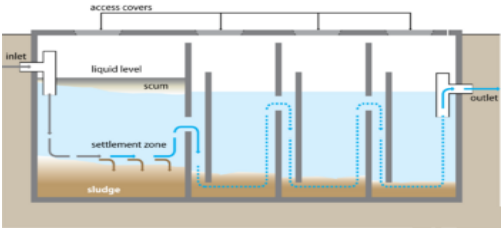
➢ **Bagian-Bagian ABR**

a. Ruang pengendapan padatan tersuspensi dan pembusukan lumpur organik

Ruang pengendapan padatan tersuspensi dan pembusukan lumpur organik berfungsi untuk meningkatkan pengendapan padatan tersuspensi dan sekaligus sebagai pengolahan lumpur.

b. Ruang proses ABR

Ruang proses ABR berfungsi untuk menyisihkan BOD terlarut secara anaerobik dan mengkonversikannya menjadi biogas. Ruang proses ABR terdiri dari tiga zona, yaitu zona asidifikasi, zona methanasi, dan zona buffer. Gambar unit ABR dapat dilihat pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 Contoh Unit ABR

- **Tata Letak ABR**

  Tata letak ABR memiliki prinsip peletakan yang sama dengan septik tank. Kriteria peletakan yang tepat adalah sebagai berikut.

a. Untuk mencegah pencemaran terhadap air tanah, jarak ABR setidaknya 10 meter dari sumber sumur air bersih.
b. Bila ABR dibangun dengan material yang kedap air, maka jarak ABR dengan sumur air bersih dapat kurang dari 10 meter.
c. Jarak ABR ke bangunan ± 1,5 m.

2. Pedoman Teknis Operasional ABR

Pedoman teknis operasional ABR terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

a. Langkah awal yang dilakukan setelah pembangunan ABR adalah melakukan pembenihan mikroorganisme (dapat diambil dari lumpur tinja ataupun biostarter) dengan cara memasukkan lumpur ke dalam reaktor sampai mencapai ketinggian 20% dari tinggi efektif reaktor, sedangkan sisanya diisi dengan air PDAM yang diberi nutrien tambahan yang terdiri dari campuran glukosa sebagai sumber karbon, pupuk urea sebagai sumber nitrogen dan pupuk NPK sebagai sumber phosphat.
b. Pada tahap pembenihan, dilakukan pemberian nutrien terlebih dahulu hingga bakteri dapat berkembang dengan baik, baru kemudian diganti dengan air limbah sebenarnya pada tahap aklimatisasi.
c. Pemberian nutrien menggunakan rasio C:N:P = 100:5:1 yakni 1,2 mg glukosa, 0,06 mg pupuk urea, dan 0,012 mg pupuk NPK yang dilarutkan dalam satu liter air yang dimasukkan dalam reaktor setiap hari.

d. Campuran lumpur dan nutrien didiamkan secara *batch* selama tiga hari dengan dilakukan pengamatan gas yang terbentuk untuk mengetahui adanya bakteri anaerobik yang hidup dan beraktivitas menghasilkan gas methan.
e. Setelah pembenihan selesai, dilakukan aklimatisasi pada reaktor ABR. Aklimatisasi ini bertujuan untuk menumbuhkan lapisan film mikroorganisme (biofilm) yang akan menguraikan zat organik pada air limbah. Aklimatisasi dilakukan dengan mengalirkan air limbah dengan persentase yang bertahap hingga 100% pada reaktor ABR.
f. Setelah reaktor ABR mengalami aklimatisasi, maka reaktor diuji kebocoran dengan mengisi tangki ABR dengan air PDAM sampai penuh, sedangkan uji kebocoran gas dengan meniupkan udara dengan *blower* ke dalam bio-reaktor dalam kondisi semua lubang tertutup rapat.
g. Setelah reaktor ABR lolos uji kebocoran, maka bio-reaktor siap dioperasikan.
h. Pada awalnya, air limbah akan mengalir masuk melalui pipa inlet ke bak pengendap awal untuk memisahkan air limbah dari padatan seperti lumpur, pasir, dan kotoran lainnya.
i. Selanjutnya, air limbahakanmengalir menuju kompartemen pertama reaktor (zona asidifikasi). Pada kompartemen pertama, terjadi penurunan pH akibat adanya pembentukan asam lemak. Kemudian, pHakan naik akibat meningkatnya kapasitas buffer.
j. Setelah itu, air limbah akan mengalir ke kompartemen kedua (zona methanasi). Pada zona ini, proses methanasi terjadi untuk membentuk gas methan.

k. Terakhir sebelum air limbah dibuang ke badan air, air limbahakanmengalir ke kompartemen ketiga (zona buffer). Adanya zone buffer ini digunakan untuk mempertahankan agar proses dalam reaktor dapat berjalan dengan baik.

3.5.4 Biofilter

Pedoman teknis Biofilter terdiri dari 2 (dua) bagian, yaitu:

- Pedoman teknis pembangunan (meliputi: prinsip umum, bagian-bagian, dan tata letak)
- Pedoman teknis operasional.

Masing-masing Pedoman teknis Biofilter dijelaskan sebagai berikut.

1. Pedoman Teknis Biofilter

➢ **Prinsip Umum**

a. Tangki biofilter terbuat dari bahan kedap air dan tahan korosi seperti: *fiber glass*, pasangan bata, beton, dan bahan kedap lainnya.

b. Tangki biofilter minimal terdiri dari 3 kompartemen, yang dilengkapi dengan manhole.

c. Setiap kompartemen biofilter diisi dengan media kontaktor dengan karakteristik yang berbeda.

d. Kompartemen terakhir digunakan untuk menampung air yang akan dialirkan ke pipa outlet.

e. Pastikan tidak terjadi kebocoran pada tangki biofilter.

f. Pembiakan penumbuhan bakteri di atas media filter dilakukan dengan cara merendam media di saluran drainase selama kurang lebih satu bulan.

g. Media harus dibersihkan secara berkala dari sampah sehingga tidak ada penyumbatan pada media.

h. Jangan mencuci media biofilter secara menyeluruh, karena dapat menghilangkan mikroorganisme yang melekat di atas media.

i. Jika musim penghujan dan air mengalir deras di saluran drainase, maka sebaiknya media ini diangkat dan tidak dipergunakan karena adanya pengenceran yang dapat menurunkan kandungan bahan organik maupun minyak-lemak dan detergen di dalam air.

j. Efluen dari tangki biofilter harus dialirkan ke saluran pembuangan umum atau didaur ulang.

k. Unit penangkap lemak dipasang sebelum inlet tangki biofilter untuk air limbah dengan kandungan minyak dan lemak tinggi.

- **Bagian-Bagian Biofilter**

a. Media Kontaktor

Media kontaktor dapat dibuat dari bahan alam atau secara pabrikasi dari bahan plastik atau bahan lainnya yang tahan korosi. Media lain dapat digunakan, misalnya potongan pipa PVC. Karakteristik media kontaktor untuk setiap kompartemen harus sesuai Tabel 3.18. Persyaratan luas media kontak dapat dilihat pada Tabel 3.19.

b. Bak Pengendap Awal

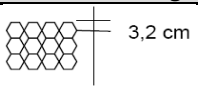
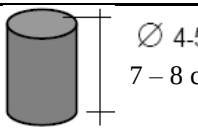
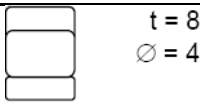
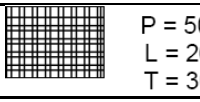
Bak Pengendap awal berfungsi untuk memisahkan partikel seperti lumpur, pasir, dan kotoran lain dari air limbah. selain itu, bak pengendap juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran dan bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur.

Tabel 3.17 Karakteristik Media Kontaktor

Karakteristik media kontaktor		
Bola plastik Ø 12 cm sekeliling permukaan tajam dan kasar, atau	Gulungan/ plastik halus, Ø plastik ± 5 mm; Ø gulungan 4 - 5 cm, gulungan dipasang horizontal, atau	Gulungan plastik halus, Ø plastik ± 5 mm; Ø gulungan 2-3 cm, gulungan dipasang horizontal, atau
Gulungan/lempengen plastik halus Ø 5 mm; Ø gulungan horizontal, atau	Potongan bambu Ø 4 -5 cm panjang 7- 8 cm. Jumlah ± 935 buah, atau	Botol plastik kecil volume ± 65 ml, bekas minuman atau kecap, bagian bawah dipotong; jumlah botol ± 8000 buah
½ Batok kelapa yang dipasak pada kedua sisinya sehingga bila dipasang tidak saling menempel, jumlah ± 350 buah	Botol plastik volume ± 140 ml bekas minuman atau kecap, bagian bawah dipotong; Jumlah botol ± 935 buah	

Sumber: SNI Biofilter Pd-T-04-2005-C

Tabel 3.18 Persyaratan Luas Media Kontak

No.	Jenis Media	Luas Bidang Kontak	Keterangan
1.	Bahan Plastik Segi Enam (sarang tawon)	3,2 x 6 x 30 x 2 x 25 = 28800 cm^2	
2.	Bambu	397,15 cm^2	
4.	Botol Plastik 60 ml	220,4 cm^2	
5.	Plastik Bola	1.271,7 cm^2	
6.	Kawat Plastik Persegi	6.825 cm^2	

No.	Jenis Media	Luas Bidang Kontak	Keterangan
7.	Aluminium Bentuk Cincin	74,4 cm^2	

Sumber: SNI Biofilter Pd-T-04-2005-C

c. Bak Kontaktor Anaerob

Bak kontaktor anaerob berfungsi untuk mengkontakkan air limbah dengan media biofilter yang terdapat mikroorganisme. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari beroperasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik yang belum terurai pada bak pengendap.

d. Bak Pengendap Akhir

Bak pengendap akhir berfungsi untuk mengendapkan lumpur hasil pengolahan air limbah yang masih mengandung massa mikroorganisme. Lumpur tersebut dipompa kembali ke bak pengendap awal dengan menggunakan pompa sirkulasi lumpur.

- **Tata Letak Biofilter**

a. Tersedia lahan untuk penempatan tangki biofilter.

b. Lokasi penempatan biofilter harus mudah dijangkau dalam pembangunan, operasi dan pemeliharaan.

2. Pedoman Teknis Operasional Biofilter

- **Biofilter Anaerobik (*Upflow Biofilter*)**

a. Langkah awal yang dilakukan setelah pembangunan biofilter adalah melakukan pembenihan dengan cara merendam media dalam karung berpori (goni) ke dalam saluran drainase yang diperkirakan banyak mengandung mikroorganisme yang mampu mendegradasi bahan organik di dalam air limbah.

b. Pertumbuhan biofilm diamati setelah kurang lebih dua minggu atau 20 hari dengan ditandai adanya gelembung-gelembung gas yang naik ke permukaan dan permukaan media licin bila dipegang.
c. Aklimatisasi pada media di reaktor biofilter dilakukan dengan memasang media di reaktor biofilter dan mengoperasikan reaktor secara kontinyu dengan debit tertentu (kurang lebih sama dengan debit yang akan dioperasikan). Aklimatisasi dilakukan selama dua minggu. Aklimatisasi ini bertujuan untuk menumbuhkan lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik pada air limbah.
d. Setelah reaktor biofilter mengalami aklimatisasi, maka reaktor biofilter diuji kebocoran dengan mengisi tangki biofilter dengan air PDAM sampai penuh, sedangkan uji kebocoran gas dengan meniupkan udara dengan *blower* ke dalam reaktor.
e. Setelah reaktor biofilter lolos uji kebocoran, maka reaktor siap dioperasikan.
f. Air limbah dialirkan ke bak pengendap awal pada reaktor biofilter untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran lainnya. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur.
g. Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak kontaktor anaerob dengan arah aliran dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. Di dalam bak kontaktor anaerob tersebut diisi dengan media biofilter dari bahan plastik atau kerikil/batu split.

h. Jumlah bak kontaktor anaerob ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah.

i. Dari bak kontaktor anaerob, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bak pengendap awal dengan pompa sirkulasi lumpur.

- **Biofilter Anaerobik-Aerobik**

a. Langkah awal yang dilakukan setelah pembangunan biofilter sama dengan point a-i pada biofilter anaerob.

b. Air limpasan dari bak kontaktor anaerob dialirkan ke bak kontaktor aerob. Di dalam bak kontaktor aerob ini diisi dengan media (lihat Tabel 3.19), atau dapat juga dari bahan plastik (*polyethylene*), batu apung atau bahan serat, sambil diaerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Media diletakkan di atas penyangga berlubang (dengan jarak 10-15 cm dari dasar) dengan bahan yang tidak mudah terkorosi.

c. Dari bak kontaktor aerob, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bak pengendap awal dengan pompa sirkulasi lumpur.

Bab IV
PEMELIHARAAN IPAL RESTORAN/RUMAH MAKAN

4.1 Pemeliharaan IPAL Restoran/rumah makan

Pemeliharaan IPAL perlu dilakukan secara berkala agar kinerja IPAL tidak terganggu dan kualitas effluen sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Pemeliharaan yang perlu dilakukan untuk pengolahan pendahuluan dan pengolahan biologis adalah sebagai berikut.

4.1.1 Bak Penangkap Minyak/Lemak (*Grease Trap*)

a. Hindari masuknya larutan kental/pekat misalnya emulsi, desinfektan (*bahan pencuci*), atau larutan kimia lain ke dalam bak *grease trap*. Larutan-larutan tersebut bersifat toksik/beracun bagi bakteri alami dalam bak *grease trap*. Satu-satunya yang boleh ditambahkan dalam bak *grease trap* adalah bakteri, karena dapat merubah minyak dan lemak menjadi air dan karbondioksida (CO_2).

b. Bak *Grease trap* harus dibersihkan ketika 25% isinya telah berupa minyak atau lemak. Pembersihan secara menyeluruh harusdilakukan minimum sebulan sekali, atau jika kandungan minyak dan lemaknya terlalu banyak maka pembersihan dapat dilakukan seminggu sekali.

c. Hati-hati ketika mengangkat penutup *grease trap*, untuk menghindari kerusakan pada engsel.

d. Ambil dan buang lapisan minyak dan lemak yang mengapung di atas air. Minyak dan lemak tersebut nantinya harus dibuang ke tempat pembuangan sampah.

e. Ambil dan bersihkan dinding sekat yang ada dalam grease trap. Setelah dibersihkan, sekat dapat dicuci bersih pada wastafel dapur, yang airnya akan mengalir kembali ke bak *grease trap*.
f. Dengan menggunakan bantuan penyaring, buang semua sedimen-sedimen yang telah mengendap/mengeras di dasar ataupun sisi *grease trap* ke dalam tempat pembuangan sampah.
g. Bersihkan ventilasi yang ada di *grease trap* dengan menggunakan kawat tipis ataupun alat lain yang fleksibel.
h. Pasang kembali sekat dan penutup *grease trap*.
i. Jangan memasukkan kembali material-material yang telah dibersihkan, ke dalam *grease trap*.

4.1.2 Bak Netralisasi

a. Tangki dan sedimen interceptor (penahan sedimen) harus dimonitor sebulan sekali untuk enam bulan pertama setelah pemasangan. Jadwal monitoring dapat diatur kembali sesuai dengan level penggunaan tangki netralisasi.
b. Bila netralisasi dilakukan dengan menambah padatan bahan kimia (chip), tangki harus dibersihkan secara berkala dan diisi kembali dengan bahan netralisasi yang baru. Jika hal ini tidak dilakukan, maka akan menyebabkan timbulnya sedimen di dalam tangki yang berakibat para rusaknya ujung pipa inlet.
c. Ketika memonitor tangki, hilangkan pula lumpur, busa ataupun padatan-padatan lain yang mengapung di permukaan air. Efisiensi tangki akan berkurang jika pipa koneksi tersumbat atau bahan netralisasi terlapisi oleh bahan-bahan tersebut.

d. Saat memonitor tangki netralisasi dan interceptor, usahakan sambungan, engsel, ataupun peralatan-peralatan lain yang ada di tangki berfungsi dengan baik. Sambungan atau peralatan yang rusak dapat menyebabkan gas berbahaya keluar dari dalam tangki.
e. Pastikan tutup tangki menutup rapat, namun jangan terlalu rapat hingga merusak engsel dan sambungan.
f. Bersihkan saringan yang ada di dalam tangki secara menyeluruh untuk mencegah terjadinya penyumbatan.
g. Jika tangki yang digunakan cukup besar, gunakan perlengkapan keamanan saat membersihkan tangki netralisasi. Perhatian yang besar harus dilakukan agar personil yang bertugas membersihkan tangki, tidak keracunan gas atau mengalami kecelakaan saat bekerja di dalam tangki.
h. Menyiram tangki dengan air satu jam sebelum pembersihan ataupun perawatan tangki diperlukan untuk mengurangi timbulnya gas yang berbahaya.
i. Bersihkan komponen dari debu. Periksa selalu cairan kimia dalam tangki, jika perlu isi kembali.

4.1.3 *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)–Tangki Septik Bersekat

a. Hindari masuknya berbagai larutan kimia ke dalam ABR, karena dapat merusak sistem ekologi dan membunuh mikroorganisme/bakteri yang ada dalam ABR.
b. Pembersihan lapisan buih/busa (scum) yang mengapung minimal 2 (dua) bulan sekali.

c. Pembersihan saringan pasir yang ada di ABR minimal 2 (dua) bulan sekali.
d. Pembersihan sedimen yang ada di dalam tangki ABRsetidaknya 1 (satu) tahun sekali untuk menjamin efisiensi pengolahan yang berkelanjutan. Adanya tahap-tahap (sekat-sekat) pengolahan pada ABR, menyebabkan lumpur lebih banyak terakumulasi di kompartemen pertama dibanding dengan kompartemen akhir. Pembersihan sedimen dapat dilakukan dengan sistem pemompaan oleh truk tinja.
e. Monitoring atau pengawasan kualitas air olahan (effluen) dari ABR dan uji kualitas air di dalam ABR minimal 1 (satu) bulan sekali.

4.1.4 Biofilter

a. Bersihkan filter/media penyaring dengan metode pencucian terbalik (*backwash*) secara berkala minimal 6 (enam) bulan sekali, sehingga dapat mengurangi terjadinya penyumbatan pada filter akibat tingginya jumlah mikroorganisme. Penggantian media filter dapat dilakukan bila air olahan sudah tidak optimal lagi.
b. Bersihkan sedimen/lumpur yang ada dalam unit biofilter dengan sistem pemompaan terutama di zona pengendapansetidaknya 1 (satu) tahun sekali.Pembersihan sedimen/lumpur dapat dilakukan dengan sistem pemompaan oleh truk tinja. Pengurasan lumpur di zona aerob akan lebih sering dilakukan dibandingkan di zona anaerobik.
c. Bila diperlukan, resirkulasi lumpur di zona aerobik ke zona pengendapan dapat dilakukan dengan sistem pemompaan.

d. Pembersihan lapisan buih/busa (scum) yang mengapung terutama di zona pengendapan dan zona aerobik minimal 2 (dua) bulan sekali.
e. Bila digunakan suplai oksigen (blower), diperlukan pembersihan pada pipa injeksi udara secara berkala terutama sedimen yang terbentuk pada saat blower tidak sedang beroperasi. Perawatan blower harus mendapatkan perhatian khusus untuk menjaga pertumbuhan mikroorganisme/bakteri pengolah air limbah dengan baik. Segera lakukan perbaikan/penggantian bila blower mengalami kerusakan.
f. Monitoring atau pengawasan kualitas air olahan (effluen) daribiofilter minimal 1 (satu) bulan sekali, sedangkan uji kualitas air di dalam biofilter minimal 1 (satu) tahun sekali.

4.2 Monitoring

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang akan digunakan harus dilengkapi dengan sistem monitoring untuk mengontrol kualitas effluen IPAL secara berkala (minimal 1 bulan sekali). Monitoring diperlukan agar kualitas air limbah yang keluardari IPAL tetap memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013). Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1. Selain itu juga, untuk mengevaluasi kinerja dari IPAL, mengoptimalkan kinerja IPAL yang dibangun, mengetahui adanya beban berlebih air limbah dari restoran/rumah makan sehingga memungkinkan untuk menambah unit pengolahan lain yang diperlukan.

Tabel 4.1 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik Dari Restoran/Rumah makan

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
BOD5	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6 - 9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Monitoring dilakukan di masing-masing inlet (pipa masuk) dan outlet (pipa keluar) unit pengolahan air limbah, untuk mengontrol kualitas influen (air yang masuk) dan effluen (air yang keluar).

DAFTAR PUSTAKA

Blount, J. Texas Restaurant Wastewater Analysis. 11th Annual Texas On-site Wastewater Treatment Research Council Conference. Texas.

Chen, X., Chen, G., Yue, P. L. 2000. Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation. Separation Purification Technology. Elsevier Science B.V., Cambridge, Massachusetts.

Crites, R., and G. Tchobanoglous. 1998. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. McGraw-Hill, Boston, MA.

Ducoste, J.J., Keener, K.M, Groninger, J.W., dan Holt L. M. 2008. Assessment of Grease Interceptor Performance, Final Report. Water Environment Research Foundation. IWA Publishing.

Enjarlis. 2012. Kombinasi Proses Koagulasi dan Oksidasi Lanjut pada Pengolahan Limbah Cair Industri dan Domestik. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Tjipto Utomo "Energi dan Intensifikasi Proses dalam Pemanfaatan Sumber Daya Alam Indonesia secara Berkelanjutan". Jurusan Teknik Kimia-ITENAS, Bandung

Gutterer, B., Sasse L., Panzerbieter, T., dan Reckerzugl, T. 2010. Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries – a Practical Guide. Editor: Ulrich A., Stefan, R., dan Gutterer, B. Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA), Germany.

Hermana,J. 2004. Pengelolaan Bangunan Pengolah Air Buangan. Jurusan Teknik Lingkungan-ITS. Surabaya.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.112 Tahun 2003.

Mara, D. D. 2003. Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. Earthscan, London.

Marsum, W. 2005. Restoran dan Segala Permasalahannya, edisi 4. Andi Offset, Yogyakarta

Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Rainwater, K. 2004. Review of System for Restaurant Wastewater Pretreatment. On-site Wastewater Treatment Research Council, Texas.

Soekresno. 2000. Management Food and Beverage, service hotel. Gramedia Pustaka, Jakarta.

US. Environmental Protection Agency. 2002. Onsite Wastewater Treatment Systems Manual. Office of Water – Office of Research and Development, USEPA. p

Wendorff, W.L. 2001.Treatment of Dairy Wastes. Applied Dairy Microbiology, 2nd ed., Editor: Marth, E.H. dan Steele, J.L. Marcel Dekker Inc, New York.