

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Air Limbah

Secara garis besar, aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya terdiri dari aktivitas rumah tangga, aktivitas pertanian untuk menghasilkan bahan makanan dan aktivitas industri untuk memenuhi kebutuhan lain seperti sandang, papan, pendidikan, kesehatan, rekreasi dan lain-lain.

Berdasarkan ketiga macam aktivitas kehidupan tadi, maka air limbah yang dihasilkan berdasarkan sumbernya dapat diklasifikasi menjadi 3 macam yaitu :

- a. Limbah Rumah Tangga (domestik)
- b. Limbah Pertanian
- c. Limbah Industri

Yang dimaksud dengan limbah rumah tangga yaitu semua bahan limbah yang berasal dari kamar mandi, kakus, dapur, tempat cuci pakaian dan cuci peralatan rumah tangga. Secara kualitatif limbah rumah tangga terdiri dari zat organik baik padat maupun cair, garam laut, lemak dan bakteri, khususnya bakteri golongan fecalcoli.

Limbah pertanian berasal dari daerah daerah pertanian (sawah) terdiri dari bahan padat bekas tanaman yang bersifat organis, bahan pemberantas hama atau pestisida dan bahan pupuk yang mengandung nitrogen, pospor, sulfur dan mineral seperti kalium dan kalsium.

Sedang limbah industri sangat beragam tergantung dari jenis industri yang bersangkutan, tetapi secara kualitatif limbah industri terdiri dari zat organik terlarut, zat padat tersuspensi, nutrien (N dan P), minyak dan lemak, logam berat dan racun organik, warna dan kekeruhan yang mempengaruhi kualitas badan air. Berdasarkan bentuknya, bahan limbah dapat berbentuk padat (sampah), berbentuk cair (*liquid waste*) dan gas.

2.2. Karakteristik Air Buangan Domestik

Air buangan perkotaan mengandung lebih dari 99,9% cairan, zat-zat yang terdapat di dalam air buangan diantaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberi corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi, maupun biologi.

a. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik yang menjadi parameter di dalam pengolahan meliputi :
Temperatur, total solid, warna, bau dan kekeruhan.

b. Karakteristik Kimiawi

Karakteristik kimiawi yang menjadi parameter di dalam pengolahan meliputi :
Senyawa organik, senyawa anorganik, dan gas.

Secara umum kontaminan yang terdapat pada air buangan/limbah domestik adalah seperti pada Tabel 2.1. di bawah ini:

Tabel 2.1. Komposisi Kontaminan Limbah Domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi Rendah	Konsentrasi Medium	Konsentrasi Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/L	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settleable Solids	mL/L	5	10	20
BOD ₅ , 20°C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sbg N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amoniak bebas	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total Sbg Phospor)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100mL	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Fecal Coliform	No./100mL	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, hal 186

c. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologis yang menjadi parameter di dalam pengolahan yaitu :

Kandungan mikroba, tumbuhan dan hewan didalamnya.

2.3. Pengolahan Air Buangan

Pengolahan air buangan adalah suatu usaha mengolah (memperlakukan) air buangan dengan perlakuan tertentu agar diperoleh kualitas air yang memenuhi baku

mutu lingkungan. Secara umum tujuan utama dari setiap pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

- a. Mencegah serta mengurangi timbulnya pencemaran lingkungan.
- b. Mengubah dan mengkonversikan bahan-bahan yang terkandung di dalam air buangan menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya atau bahan berguna baik bagi manusia, hewan, ataupun organisme yang lain melalui proses tertentu.
- c. Memusnahkan senyawa – senyawa beracun dan atau jasad – jasad patogen (Pranoto, 2002).

Menurut (Eddy and Metcalf, 2003), maka pengolahan air buangan dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti:

- a. Pengolahan secara fisik

Pengolahan secara fisik dimaksudkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan terapung disisihkan terlebih dahulu. Unit operasi yang sering digunakan dalam mengolah air buangan secara fisik diantaranya : Penyaringan kasar (*screening*), pencampuran (*mixing*), flokulasi (*flocculation*), pengendapan (*sedimentation*), pengapungan (*flotation*), penyaringan (*filtration*), sentrifugal (*centrifugation*).

- b. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia dimaksudkan untuk menghilangkan partikel-partikel yang mudah mengendap (koloid), logam- logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Macam- macam pengolahan secara kimia diantaranya : netralisasi,

koagulasi, dan flokulasi, pengendapan kimiawi (*precipitation*), oksida dan atau adsorpsi serta pertukaran ion atau *ion exchange*.

c. Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologi memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan. Dalam hal ini terjadi konversi bahan polutan menjadi sel mikroorganisme sebagai hasil pertumbuhan menjadi gas-gas. Ditinjau dari segi lingkungan yang berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu proses aerob dan anaerob.

2.4. Pengolahan Secara Biologi

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metoda pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis yaitu:

a. Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi (*suspended growth reactor*)

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Reaktor ini berisi aliran liquid yang akan diolah, kultur media yang digunakan, nutrien seperti nitrogen dan fospor, dan

udara atau oksigen jika prosesnya aerobik. Pada proses pertumbuhan tersuspensi, proses lumpur aktif merupakan salah satu proses yang banyak dikenal.

b. Reaktor Pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*)

Di dalam reaktor ini, mikroorganisme tumbuh diatas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Sebagian besar mikroorganisme melekat pada permukaan media dan selalu terjaga didalam reaktor. Ketika mikroorganisme terlepas dari Biofilm dan berkembang disekitar Liquid, bakteri tersuspensi ini normalnya berperan kecil dalam meremoval substrat.

Umumnya yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah secara aerobik yaitu Triklung Filter. Disini air limbah didistribusikan seragam diatas permukaan media.

Aplikasi lain yang umum digunakan untuk mengolah air limbah industri yaitu UASBR (*Upflow Anaerobic sludge Bed Reactor*). Ketika dioperasikan mikroorganisme dalam bentuk granula mengendap cepat, dan membantu secara biologi produksi pendukung media untuk tambahan pertumbuhan biologi.

2.5. Proses Pengolahan Air Buangan Secara Anaerob

Proses anaerobik pada hakekatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba yang dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Proses fermentasi yang berlangsung secara anaerobik akan menghasilkan produk akhir pada kondisi pH

netral. Produk akhir yang dihasilkan dari perombakan bahan organik yaitu metana dan karbondioksida.

Beberapa alasan yang dipakai untuk penggunaan proses anaerobik dalam penanganan air buangan antara lain adalah tingginya laju reaksi dibandingkan dengan proses aerobik, kegunaan dari produk akhirnya, stabilisasi dari komponen organik dan memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air produk yang menyebabkan produk dapat dikeringkan dengan mudah (Betty dan Rahayu, 1995).

Perombakan bahan organik menjadi metana dan karbondioksida merupakan fermentasi anaerob yang sangat kompleks karena melibatkan peran serta beberapa macam mikroba. Namun secara garis besar mikroba yang berperan pada proses fermentasi anaerob tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu :

1. Bakteri pembentuk asam (Acidogenic bacteria), yang merombak senyawa – senyawa organik menjadi asam – asam organik, karbondioksida, hidrogen, NH_4 , dan H_2S .
2. Bakteri pembentuk asetat (Acetogenic bacteria) yang mengkonversikan asam – asam organik dan senyawa netral yang lebih besar dari metanol menjadi asetat, CO_2 dan hidrogen.
3. Bakteri penghasil metana yang berperan dalam konversi asam – asam lemak, CO_2 dan hidrogen menjadi metana dan CO_2 (Anonim,1992).

Bakteri metana adalah bakteri yang memegang peranan penting dan aktif dalam proses perombakan anaerob. Bakteri metana yang telah berhasil diidentifikasi terdiri dari empat genus, yaitu :

- a) Bakteri bentuk batang dan tidak membentuk spora dinamakan *Methanotacterium*.
- b) Bakteri bentuk batang dan membentuk spora adalah *Methanobacillus*.
- c) Bakteri bentuk kokus, yaitu *Methanococcus* atau kelompok yang membagi diri.
- d) Bakteri bentuk sarcinae pada sudut 90° dan tumbuh dalam kotak yang terdiri dari 8 sel yaitu *Methanosarcina*.

Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi Hidrogen dengan menggunakan CO₂ sebagai akseptor elektron.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi tersebut akan menghasilkan energi, sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan. Kebutuhan karbon dan CO₂ tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari bakteri genus Methano yang mempunyai kemampuan penggunaan substrat yang sangat spesifik atau dinamakan ” *Substrate specific*”.

Pada umumnya air buangan terdiri dari suatu senyawa kompleks. Pengolahan air buangan secara anaerob untuk mengolah senyawa kompleks, menghasilkan produk akhir CH₄ dan CO₂ meliputi dua tahap yang berbeda, yaitu :

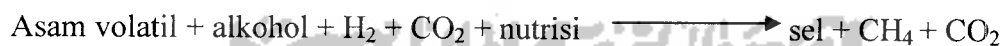
1. Fermentasi Asam

Komponen air buangan kompleks seperti lemak, protein dan polisakarida dihidrolisa menjadi sub unit komponen lain oleh bermacam – macam kelompok bakteri fakultatif dan anerob. Bakteri ini berperan dalam hidrolisa (Triglyceride, asam lemak, asam amino dan gula) untuk fermentasi, dan petunjuk proses metabolisme lainnya menjadi bentuk senyawa organik sederhana, sebagian asam rantai pendek (volatil) dan alkohol.

2. Fermentasi Metana

Senyawa organik sederhana diubah menjadi asam organik, alkohol dan sel bakteri kemudian sedikit menstabilisasi BOD dan COD. Hasil akhir pada proses pertama diubah menjadi gas (sebagian besar metana dan karbondioksida pada tahap kedua, oleh beberapa spesies bakteri anaerobik berbeda yang lebih keras).

Urutan mekanisme pengolahan anaerobik air buangan dapat dinyatakan dalam bentuk seperti dibawah ini :



Faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses anaerobik diantaranya:

a) pH

Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Hal ini

disebabkan karena pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Apabila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH. Pengaturan pH biasanya dilakukan dengan penambahan basa atau kapur hingga pH mencapai 6,5 – 7,5. Bahan-bahan kimia yang bersifat basa yang biasa ditambahkan diantaranya: NaOH, NaHCO₃, NaCO₃, ataupun Ca (OH₂)

Pada sistem pencernaan (peruraian) lumpur, konsentrasi asam volatil biasanya berkisar antara 200-400 mg/l. Tetapi apabila laju fermentasi Metana turun atau karena sebab lain yang menyebabkan laju pembentukan asam meningkat, maka konsentrasi asam volatil dapat mencapai 4.000-10.000 mg/l atau mengalami peningkatan sekitar 20-100 kali lipat dari kondisi normal. Hal ini tentu saja tidak diinginkan terjadi dalam proses fermentasi anaerobik untuk memproduksi metana (Betty dan Rahayu,1995).

b) Ion logam

Adanya ion logam yang berlebihan tidak dikehendaki pada proses fermentasi metana, karena akan menyebabkan keracunan bagi mikroba pada konsentrasi tertentu, tetapi apabila ion logam tersebut konsentrasinya tertentu maka pengaruh yang ditimbulkan adalah pengaruh yang menguntungkan karena memberikan pengaruh stimulasi.

c) Suhu

Meskipun asam organik yang terbentuk sangat tinggi dan akan mempengaruhi proses fermentasi metana, namun sebetulnya perubahan asam tersebut tidak sebesar apabila terjadi penurunan suhu pada sistem. Penurunan suhu akan menyebabkan gagalnya proses fermentasi tersebut. Bakteri – bakteri anaerobik yang bersifat mesofilik biasanya dapat tumbuh pada suhu 40°C hingga 45°C. Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metana adalah sebesar 37 ° C hingga 40° C, sedangkan pada bakteri yang bersifat termofilik yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50° C - 65° C, suhu optimumnya adalah 55° C.

d) Nutrisi

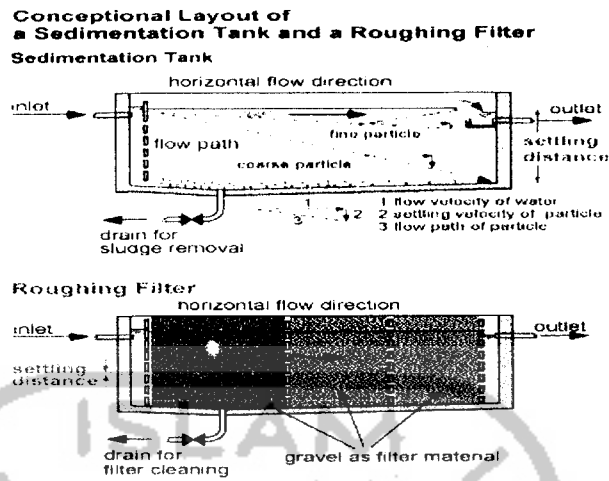
Bahan – bahan organik biasanya mengandung nutrisi cukup baik untuk pertumbuhannya mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur Nitrogen, Karbon dan fosfat layak untuk diperhitungkan yaitu besarnya dalam perbandingan Karbon, Nitrogen dan Fosfat = 150 : 55 : 1 bagian. Kekurangan unsur Nitrogen atau Fosfat dapat ditambah dari luar, yaitu dengan penambahan ammonium fosfat atau ammonium klorida (Betty dan Rahayu, 1995).

Kebutuhan makronutrient pada air buangan yang bersifat asam melalui perbandingan COD : N : P = 1000 : 5 : 1, dan C : N : P = 350 : 5 : 1, sedangkan C : N : P = 130 : : 5 : 1. Kebutuhan mikronutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri anorganik yaitu : Ni, Co, Fe, dan Mn.

2.6. Pengolahan Air Buangan Dengan *Roughing Filter*

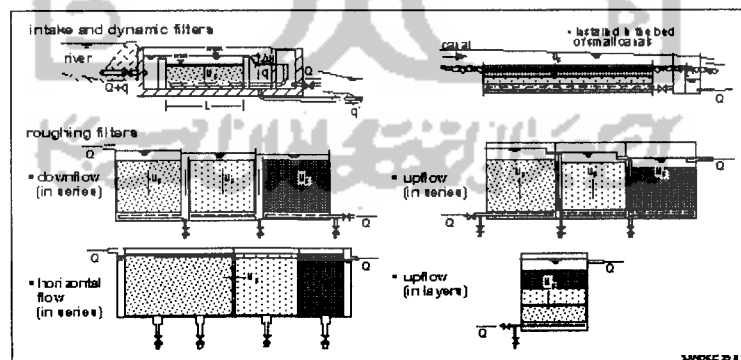
2.6.1. Teknologi *Roughing Filter*

Roughing filter utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air. Seperti digambarkan pada gambar 2.1, secara signifikan memperbaiki efisiensi penyisihan padatan pada tangki sedimentasi. Material padatan/gravel yang baik, maka akan dapat membantu permasalahan pengendapan secara vertikal yang kedalamannya 1-3 m sebelum bertemu/kontak dengan dasar tangki. Pada partikel yang akan diendapkan kuantitasnya cukup besar, maka partikel tidak menjangkau dasar tangki sehingga untuk meningkatkan efisiensi, pada tangki sedimentasi yang sama dapat di isi dengan material *rough filter* yang besarnya 4-20 mm. Dengan di isi gravel, maka pengendapan secara signifikan dapat reduksi (Sandec, 2005).



Gambar 2.1. Aplikasi dan Konsep dari *Roughing Filter*

Roughing filter biasanya berisi material berukuran yang berbeda pada aliran langsung. Bagian terbesar padatan dipisahkan oleh medium filter kasar untuk selanjutnya menuju filter inlet. Medium yang berikut dan media filter yang baik mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi. *Roughing filter* dioperasikan pada beban hidolik yang kecil. Kecepatan filtrasi biasanya berkisar 0,3-1,5 m/jam. Desain dan aplikasi *roughing filter* sangat bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Konstruksi secara umum dari *Roughing filter*

2.6.2. Perkembangan dan Aplikasi *Roughing filter*

Dari tahun 1982 sampai tahun 1984 pengujian filtrasi secara ekstensif dilakukan di laboratorium Institut Federal Swiss untuk Penelitian dan Teknologi Lingkungan (EAWAG) oleh Departemen Air dan Sanitasi di negara berkembang (SANDEC) di Duebendoroughing filter. Model suspensi kaolin digunakan untuk menyelidiki mekanisme *roughing filter* aliran horizontal. Dua hasil test laboratorium yang penting, efisiensi filter dipengaruhi oleh sifat permukaan filter medium dan pembaharuan filter melalui pengurasan. Dari berbagai penelitian tentang *roughing filter*, maka dapat dilihat perkembangannya sebagai berikut:

1. Efek praktis yang lebih pada implementasi *roughing filter* aliran horizontal disusun pada sebuah desain, konstruksi dan operasional manual. Test laboratorium SANDEC dibatasi oleh Development Cooperation Swiss (SDC), pada akhirnya didukung promosi dan penyebaran informasi teknologi *roughing filter* aliran horizontal yang dimulai pada tahun 1986. Dibawah SANDEC, Insinyur perguruan tinggi lokal mendemonstrasikan studi teknologi ini dan pengalaman praktek dengan proses pengolahan. *Roughing filter* aliran horizontal dibuat untuk merehabilitasi slow sand filter dipabrik. Empat tahun yang lalu, teknologi filter dipromosikan penyebarannya ke 20 negara lebih, dan menambahkan pengetahuan SANDEC lebih dari 60 pabrik *roughing filter* dibangun di periode ini
2. Lebih lanjut, beberapa institusi melakukan penambahan studi penelitian kerja proses *roughing filter* aliran horizontal. Laboratorium atau test dasar dengan

roughing filter aliran horizontal juga dilakukan oleh Universitas Dar es Salaam, Tanzania, Universitas Tampere Teknologi di Finland, Universitas Surrey di Guildford, Inggris. Institut Internasional Hydraulic dan Teknologi Lingkungan di Delft, Universitas Delft Teknologi di Nederlands, Universitas Newcastle Upon Tyne di Inggris dan Universitas New Hampshire di Durham, USA. Perbedaan metode pretreatment, meliputi roughing filter aliran horizontal menjadi test dasar pada dasar perbandingan pada program penelitian ekstensif di Cali, Colombia. The Centro Inter Regional de Abastecimiento y Remocian de Agua (CINARA)meneliti hal tersebut, dikolaborasi dengan Pusat Sanitasi dan Air Internasional di The Hague Belanda, dan perbedaan Institut Teknik Internasional dan mendukung perwakilan, berarti meyelerhanakan dan menyakinkan proses pretreatment dalam penelitian ini.

3. SANDEC dilibatkan dalam pengembangan dan promosi *roughing filter* untuk dekade mendatang. *Roughing filter* aliran horizontal aslinya dipelajari di laboratorium, test dasar dilakukan dinegara berkembang dan akhirnya di implementasikan pada proyek. Secara manual berisi deskripsi proses pengolahan ini yang dipublikasikan pada tahun 1986 sebagai IRCWD laporan No. 06/86.
4. Bagaimanapun, teknologi *roughing filter* dikembangkan di masa depan mengikuti tahun. Perbedaan tipe prefilters dan roughing filter akan dipelajari dan ditest. Para peneliti menyadari pengembangan ini, dilanjutkan untuk aplikasi secara eksklusif roughing filters aliran horizontal juga di tempat di mana tipe filter yang lebih diprioritaskan.

5. Secara manual, disusun untuk membatasi jembatan informasi ini. Hal ini di dasari pada sebuah revisi yang lengkap pada zaman dulu, pada draft yang dipresentasikan di konferensi Internasional *Roughing filter* di Zunch, S'vitzerland yang diadakan pada bulan Juni 1992 dan pengalaman dasar SANDFC dengan implementasi *Roughing filter*. Hal tersebut juga diterjemahkan ke dalam bahasa Fransis dan Spanyol. (Wegelin, M at all, 1998).

2.6.3 Konstruksi *Roughing filter*

Tabel 2.2 Menunjukkan klasifikasi filter berdasarkan ukuran material filter dan kecepatan filtrasinya yaitu *rock filter*, *roughing filter*, saringan pasir cepat, dan saringan pasir lambat. *Roughing filter* menggunakan gravel sebagai media yang dioperasikan tanpa bahan kimia, dan tidak dilengkapi dengan perlengkapan mekanik untuk operasi dan pemeliharannya. Perbedaan dari tipe *roughing filter* biasanya diklasifikasikan berdasarkan lokasi dan suplai air, tujuan aplikasi, aliran, desain filter, dan teknik pembersihan filter. *Roughing filter* umumnya diaplikasikan pada Instalasi Pengolahan air minum dan air buangan dan digunakan sebagai proses prapengolahan.

Tabel 2.2 Klasifikasi Filter

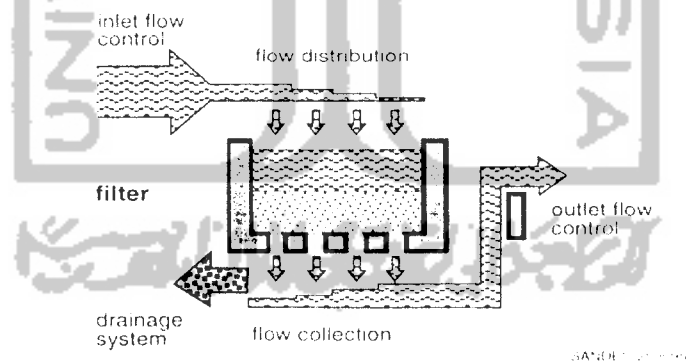
Tipe filter	Ukuran Material Filter (dig [mm])	Kecepatan Viltrasi (VF [m/h])
rock filter	> 50 mm	1 - 5 m/h
roughing filter	20 - 4 mm	0.3 - 1,5 m/h
rapid sand filter	4 - 1 mm	5 - 15 m/h
slow sand filter	0.35 - 0.15 mm	0.1 - 0.2 m/h

Roughing filter dapat dioperasikan sebagai *up flow*, *down flow* atau horizontal flow filter. Perbedaan fraksi gravel dari *Roughing filter* dapat dibuat di kompartemen yang berbeda dan dioperasikan dengan seri atau ditempatkan di kompartemen yang sama.

Pembersihan filter dilakukan dengan manual dan hidraulik. Secara manual dengan membersihkan bagian atas dari filter dengan sekop atau penggaruk. Secara hidraulik dengan *flushing solid media filter*.

2.6.4 Komponen *Roughing filter*

Bagian-bagian yang penting pada konstruksi *roughing filter* adalah kontrol aliran inlet, distribusi aliran, filter, pengumpulan air yang telah diolah, kontrol aliran outlet, dan sistem drainase, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Bagian-Bagian *Roughing filter*

a. Kontrol aliran inlet

Inflow ke sebuah filter harus dikurangi pada pemberian debit dan dipertahankan. Sangat penting untuk mempertahankan kondisi aliran agar konstan untuk mencapai operasi filter yang efisien.

b. Distribusi Air Baku

Pendistribusian Air Baku di filter harus homogen untuk mencapai kondisi aliran yang seragam pada filter, karena itu aliran dari pipa atau saluran harus sama rata didistribusikan ke seluruh permukaan filter.

c. Filter

Filter terdiri dari tingkatan material filter. Bentuk kotak filter normalnya rektangular dengan dinding vertikal. Tetapi hal ini tergantung dari teknik konstruksinya, sirkular dan dinding yang miring juga bisa dibangun. Biasanya yang digunakan sebagai media filter adalah gravel disekitar sungai atau pecahan batu-batu dengan ujung atau tepi yang tajam. Meskipun, banyak dari material yang tahan untuk kecepatan mekanik, tidak larut dan tidak lemah untuk kualitas air (warna atau bau) dapat digunakan sebagai media filter.

d. Pengumpulan Air hasil olahan

Harusnya juga seragam ke seluruh filter, untuk aliran horizontal, konstruksi dengan dinding berlubang pada kamar. Outlet adalah penting untuk pengumpulan dari air yang diolah.

e. Kontrol Aliran Outlet

Kontrol aliran outlet mencegah filter dari kekeringan. Pembersihan secara hidraulik dari sebuah pengeringan *roughing filter* yang dipenuhi dengan akumulasi solid adalah sangat sulit jika bagian tidak memungkinkan. Karena itu, semua ROUGHING FILTER harus dioperasikan di bawah kondisi jenuh. Sebuah weir dan pipa effluent aerasi mempertahankan air di atas level filter bed. Lagi pula, sebuah bendungan V-Notch boleh digunakan untuk pengukuran pada outlet filter.

f. Sistem Drainase

Sistem drainase dari *roughing filter* disiapkan untuk 2 (dua) tujuan, yaitu:

1. Untuk pembersihan filter secara hidraulik
2. Untuk melengkapi dari kegiatan pemeliharaan atau perbaikan

2.6.5 Variabel Desain

Desain *roughing filter* mempunyai 3 target, yaitu :

- Mengurangi kekeruhan dan konsentrasi SS (mg/l).
- Menghasilkan Q output spesifik setiap hari (m^3/s).
- Mengijinkan operasional yang cukup berdasarkan determinan waktu running filter T_r (hari/minggu).

Desain Filter ada 6 variabel dalam range tertentu, yaitu :

1. Kecepatan filtrasi V_f (m/jam), umumnya berkisar antara 0.3-1 m/jam.

2. Ukuran rata-rata d_{g1} (mm) dari setiap media filter, biasanya range antara 20-4 mm. Fraksi media filter dapat dilihat pada tabel 3, direkomendasikan seragam.

3. Panjang l_i (m) dari setiap media filter yang spesifik

Setiap panjang l_i dari material filter tergantung pada tipe filter. Hal ini boleh berubah besarnya kedalaman dari upflow *roughing filter* dibatasi dengan bangunan, umumnya antara 80 dan 120 cm. Panjang horizontal flow *roughing filter* dalam hal ini tidak dibatasi, tetapi panjang normalnya 5 dan 7 m.

4. Angka n_1 dari fraksi filter

Angka n_1 dari fraksi filter bergantung juga pada tipe filter. Permukaan filter boleh hanya 1 fraksi saja dimana *roughing filter* biasanya terdiri dari 3 fraksi gravel. Pada gambar 1. ditunjukkan rdeksi kekeruhan pada sebuah *roughing filter*. Akan tetapi, secara individual panjang filte l_i dari *roughing filter* sering di desain dengan rasio 3:2:1.

5. Tinggi H (m) dari luas permukaan filter A (m^2)

Tergantung pada aspek struktural dan operasional. Dirkomendasikan 1-2 m untuk menghindarkan dari masalah ketinggian air. Kedalaman 1 m juga dimungkinkan agar bila menggunakan pembersihan filer secara manual dilakukan dengan mudah untuk meremoval material fi ter. Lebar filter harus tidak melebihi 4-5 m dan A untuk vertical flow filter harus

tidak lebih besar dari 25-30 m² atau 4-6 m² untuk horizontal flow *roughing filter*.

2.6.6 Pembersihan Filter

Efisiensi filter tidak konstan tapi dapat meningkat pada permulaan dari operasi filter. Dan tentunya menurun ketika bahan solid terakumulasi secara berlebihan di dalam filter. Sebab itu, removal periodik dari bahan yang terakumulasi tadi dibutuhkan untuk memulihkan efisiensi dan mungkin kinerja filter hidrolis, filter dibersihkan secara hidrolis atau manual dan metode pembersihan itu tergantung pada bagaimana bahan solid itu terakumulasi di dalam filter oleh sebab itu prosedur pembersihan harus beradaptasi dengan filter yang berbeda.

Dalam filter intake, bahan padat terutama terakumulasi pada lapisan filter atas. Dengan meningkatkan kecepatan aliran sepanjang permukaan filter, suatu fraksi dari bahan solid yang terakumulasi tersebut dapat diseret oleh air. Bagaimanapun filter intake biasanya dibersihkan secara manual dengan sebuah penggaruk dan sekop sekali seminggu. Langkah pertama dalam proses pembersihan adalah dekat katup pada batas air sebelum filter. Kemudian, katup kontrol inlet dibuka untuk meningkatkan aliran horizontal dalam kotak filter kira-kira 0,20 m/s – 0,40 m/s. Aliran sepanjang permukaan filter dapat pula ditingkatkan dengan mendekati inlet filter secara paralel dan mengarahkan aliran total air mentah ke dalam unit filter untuk dibersihkan. Metode ini sebaiknya khusus dalam sistem dengan suplai air mentah terbatas seperti dalam rencana pompaan atau kapasitas pipa hidrolis kecil.

Bahan solid yang tertahan oleh filter pertama-tama tertahan ulang oleh mekanisme adukan dan kemudian dialirkan kembali ke sungai. Pembersihan manual seharusnya mulai pada batas atas filter dan berlanjut dalam arah aliran untuk menghindari endapan yang menempel di kerikil. Kerikil filter intake harus dibersihkan secara lengkap kira-kira sekali setahun. Sebuah pompa beton datar disebelah filter seharusnya tersedia untuk mendeposit dan mencuci kerikil. Sistem "backwash" dengan sebuah dasar palsu dapat dipasang dalam filter intake dimana sejumlah besar air mentah (sekurang-kurangnya 10 l/s per m area filter pada tekanan minimum ketinggian air 2m) tersedia dalam filter. Operasi filter dimulai kembali dengan mengalirkan air prefilter ke dalam sungai, atau membuangnya sampai kembali bersih. Kemudian, air yang belum diolah dapat dialirkan kembali ke filter berikutnya dari rencana pengolahan.

- Filter dinamis juga merupakan filter permukaan, dibersihkan secara manual. Prosedur pembersihan mirip dengan filter intake. Bagaimanapun filter dinamik harus dibersihkan setelah setiap turbiditas air mentah yang tinggi bahkan atau ketika resistensi filter secara gradual meningkat sepanjang periode lama tanpa puncak turbiditas. Membersihkan filter dinamik mudah karena area filter yang relatif kecil sebagai akibat dari penetapan angka filtrasi yang tinggi.
- Filter kasar terutama dibersihkan secara hidrolis tetapi jika perlu bisa juga secara manual. Pembersihan teratur media filter penting untuk operasi filter yang baik. Berlawanan dengan operasi filter dibawah aliran laminar. Pembersihan filter

hidrolik dilaksanakan dibawah kondisi aliran turbulen. Air yang tertampung dalam filter dialirkan keluar dari kompartemen filter pada kecepatan drainase tinggi. Agar tak kehilangan terlalu banyak air limbah yang tertampung dalam filter, katup atau pintu harus dibuka dengan cepat. Drainase kejut diterima oleh pembukaan dan penutupan katup yang cepat dihubungkan ke sistem underdrain dari filter. Mulai dan pemberhentian proses drainase akan menginduksi kondisi aliran yang tidak stabil yang akan melepaskan dan memecah deposit solid keluar filter. Bagaimanapun konsentrasi tinggi tersebut menurun cepat dengan waktu drainase progresif dan siklus drainase tambahan. Konsentrasi solid yang mengendap dalam air limbah menunjukkan peningkatan pada akhir drainase filter ketika deposit lumpur yang tetap ada yang terakumulasi pada lantai di cuci. Pada filter kasar aliran vertikal, setiap kompartemen filter dapat di drain secara terpisah. Sehingga dapat membersihkan kompartemen filter spesifik secara individual atau bagian filter jika dasar filter palsu dibagi menjadi segmen-segmen. Backwashing filter konvensional seperti yang diterapkan dalam filtrasi pasir cepat tidak mungkin karena lapisan filter dari filter kasar tidak dapat di fluidised. Volume air limbah yang besar tersedi dalam filter kasar aliran horizontal, sejak kompartemen filter yang berbeda dipisahkan oleh dinding berlubang, sehingga air yang tersimpan dalam filter dapat dialirkan dalam pipa drainase terbuka. Oleh sebab itu volume air limbah yang dapat dipertimbangkan tersedia untuk membilas lumpur yang terakumulasi di sekitar pipa drainase diluar filter. Bagaimanapun, kecuali semua pipa drainase terbuka secara simultan ,

kecepatan drainase vertikal yang luas/besar diperlukan untuk membilas deposit yang terakumulasi dalam lapisan dasar filter lebih sulit untuk didapat. Pada situasi seperti itu, pembuangan air limbah yang tinggi dapat menciptakan suatu masalah pembuangan. Pada filter kasar aliran horizontal sangat penting untuk memulai prosedur pembersihan pada sisi dalam karena kebanyakan solid ditahan dalam bagian filter ini. Suatu drainase yang bersemangat pada awalnya pada bagian belakang filter akan mencuci gumpalan bahan solid pada titik drainase tersebut dan meningkatkan resiko tersumbatnya bagian filter yang halus.

Efisiensi pembersihan hidrolis dapat diukur dengan perbandingan headloss sebelum dan sesudah filter drainase untuk tujuan ini, pengukuran bagian dalam dan luar filter harus dilakukan dibawah kondisi operasional yang sama, contohnya dengan angka filtrasi yang mirip sebelum dan sesudah pembersihan filter. Pembersihan manual diperlukan bila resistensi filter inisial mulai meningkat dan tak ada regensi filter terlihat setelah pembersihan hidrolis. Pembuangan selang plastik transparan, digunakan sebagai plezometer dan diproses pada dinding luar kotak filter pada akhir setiap fraksi filter, dapat berguna untuk kontrol headloss tambahan. Data headloss direkam pada titik ini, digunakan untuk menentukan efisiensi regenerasi dan mendeteksi penyumbatan prematur fraksi kerikil individual. Rekaman yang hati-hati dari meja air penting karena perbedaan besar antara lapisan-lapisan filter lanjutan yang tebalnya hanya beberapa mm atau cm,. Bila level air mencapai puncak filter aliran kasar horizontal, resistensi filter menjadi kriteria yang menentukan untuk pembersihan manual. Permukaan air bebas pada bagian atas filter tersebut seharusnya

tidak pernah ditoleransi karena efisiensi filter menurun secara dramatis karena aliran air yang singkat/pendek.

2.6.7 Pemeliharaan filter

Insident utama seringkali merupakan hasil dari sebab-sebab minor. Pernyataan tersebut juga menerapkan pemeliharaan filter kasar. Pemeliharaan filter tidak benar-benar dibutuhkan karena prefilter tidak termasuk beberapa bagian mekanis tersendiri dari katup. Sekalipun diminta, pemeliharaan seharusnya ditujukan pada pemeliharaan rencana pada kondisi yang baik dari awal. Bantuan eksternal (dari luar) untuk kerja pemeliharaan biasanya dihindari bila kerja lanjutan dilaksanakan dengan baik oleh pekerja lokal :

- Pemeliharaan periodik dari tanaman pengolahan (pemotongan rumput, penghapusan pohon, dan semak-semak besar yang dapat mengganggu struktur oleh akar-akarnya dibuang atau hilang).
- Proteksi tanah terhadap erosi (khususnya struktur intake air permukaan, saluran drainase air limbah dan *run off* permukaan).
- Memperbaiki keretakan dinding dari struktur yang berbeda dan penggantian plaster shipped
- Pemakain agen anti karat pada bagian logam yang terpapar (bendungan *v- Notch*, penyangga pipa)

- Pemeriksaan katup-katup berbeda dan sistem drainase, dan kadang-kadang melumasi bagian yang bergerak
- Menyiangi material filter
- Mengambil busa material terapung dari meja air bebas
- Mencuci material kasar yang terbentuk (distribusi dan kotak inlet)
- Mengontrol dan mengganti bagian yang tak sempurna (alat-alat dan peralatan uji).

Istilah-istilah periodik tak hanya mengacu pada titik awal pada checklist tapi pada semua bagian. Pemeliharaan lebih baik dari tanaman pengolah menjamin pemakaian instalasi jangka panjang yang memakan biaya rendah.

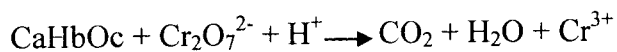
2.7 Parameter-parameter Penelitian

Parameter-parameter yang diteliti dalam penelitian ini antara lain :

1. COD (Chemical Oxygen Demand)

Adalah jumlah (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent) . Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh Kalium bichromat menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion Chrom. Oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut ini :



Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalis perak sulfat (AgSO_4) untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan buangan organik diperkirakan ada unsur Chlorida yang dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan tersebut. Chlorida dapat mengganggu karena akan ikut teroksidasi oleh kalium bichromat sesuai dengan reaksi berikut ini :



Apabila di dalam larutan air lingkungan terdapat Chlorida, maka oksigen yang diperlukan pada reaksi tersebut tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Seberapa jauh tingkat pencemaran oleh bahan buangan organik tidak dapat diketahui dengan benar. Penambahan merkuri sulfat adalah untuk mengikat Chlor menjadi merkuri chlorida mengikuti reaksi berikut ini :



Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan bauangan organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Setelah reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap buangan organik sama dengan kumlah kalium bichromat yang dipakai pada reaksi tersebut di atas. Makin banyak kalium bichromat yang dipakai pada reaksi oksidasi, berarti makin banyak oksigen yang diperlukan. Ini berarti bahwa air lingkungan makin banyak tercemar oleh bahan buangan organik.

2. Escherichia Coli

Escherichia coli adalah salah satu bakteri yang tergolong *koliform* dan hidup di dalam kotoran manusia maupun hewan, oleh karena itu disebut juga *koli fekal*. Kehadiran bakteri *Coli* yang merupakan parameter ada tidaknya materi fekal di dalam suatu habitat (air) sangat diharuskan untuk penentuan kualitas air yang aman.

Bakteri koliform lainnya berasal dari hewan dan tanaman mati dan disebut koliform nonfekal, misalnya *Enterobacter aerogenes*, *E. Coli* adalah grup koliform yang mempunyai sifat dapat memfermentasi lactose dan memproduksi asam dan gas pada suhu 37°C maupun suhu $44.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 48 jam. Sifat ini digunakan untuk membedakan *E. Coli* dari *Enterobacter*, karena *Enterobacter* tidak dapat membentuk gas dari lactose pada suhu $44.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. *E. Coli* adalah bakteri yang termasuk famili *Enterobacteriaceae*, bersifat gram negative, berbentuk batang dan tidak membentuk spora. Untuk membedakan *E. coli* dan *E. aerogenes* juga dapat dilakukan uji IMViC (indol, merah metal, *Voges- Proskauer*, sitrat, yaitu uji yang menunjukkan pembentukan indol dari triptofan, uji merah metil yang menunjukkan fermentasi glucose menghasilkan asam sampai pH mencapai 4.5 sehingga medium akan berwarna merah dengan adanya merah metal, uji *Voges- Proskauer* yang menunjukkan pembentukan asetil metal karbinol dari glucose, dan uji penggunaan sitrat sebagai sumber karbon. *E. Coli* mempunyai sifat yang berbeda dari aerogenes karena pada umumnya dapat memproduksi indol dari triptofan, membentuk asam sehingga menurunkan pH medium menjadi 4.5, tidak memproduksi asetil metal karbinol atau asetoin dari glucose, dan tidak dapat menggunakan sitrat sebagai satu-

satunya sumber karbon. Sifat-sifat *E.coli* lainnya yang penting adalah bakteri ini dapat memfermentasi lactose dengan memproduksi asam dan gas, mereduksi nitrat menjadi nitrit, bersifat katalase positif dan oksidase negatif. Khusus untuk kelompok bakteri *Coli*, kehadirannya di dalam benda (air, bahan makanan dan sebagainya) yang berhubungan dengan kepentingan manusia, sangat tidak diharapkan. Karena kehadiran kelompok bakteri ini pada suatu benda menandakan bahwa benda tersebut telah tercemar (dikenai) oleh materi fekal, yaitu materi yang berada bersama tinja atau feses atau kotoran manusia. Ini disebabkan oleh asal dari kelompok bakteri ini adalah di dalam tinja manusia dan hewan berdarah panas lainnya. *Escherichia Coli* merupakan salah satu jenis kelompok bakteri yang sangat dihindari kehadirannya di dalam suatu benda yang berhubungan dengan kepentingan manusia. Berdasarkan asal dan sifatnya, kelompok bakteri *Coli* dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

- a) *Coli* fekal, seperti *Escherichia* yang betul-betul berasal dari tinja manusia.
- b) *Coli*-non fekal, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi mungkin berasal dari sumber lain.

3. pH

pH merupakan indikator sifat asam atau basa suatu larutan. Nilai pH air buangan di bawah 7 menunjukkan bahwa asam air itu bersifat asam, sedangkan nilai pH di atas 7 bersifat basa. Air buangan dinyatakan netral jika nilai pH sama dengan 7 (Alaerts, G,1987), sedangkan pH air yang terpolusi, misalnya air buangan, berbeda -- beda tergantung dari jenis buangannya. Sebagai contoh, air buangan pabrik

pengalengan mempunyai pH 6,2 – 7,6, air buangan pabrik susu dan produk-produk susu biasanya mempunyai pH 5,3 – 7,8, air buangan pabrik bir mempunyai pH 5,5 – 7,4, sedangkan air buangan pabrik pulp dan kertas biasanya mempunyai pH 7,6 – 9,5.

Pada industri – industri makanan, peningkatan keasaman air buangan umumnya disebabkan oleh kandungan asam – asam organik. Air buangan industri – industri bahan anorganik pada umumnya mengandung asam mir-eral dalam jumlah tinggi sehingga keasamannya juga tinggi atau pHnya rendah. Adanya komponen besi sulfur (FeS_2) dalam jumlah tinggi di dalam air juga akan meningkatkan keasamannya karena FeS_2 dengan udara dan air akan membentuk H_2SO_4 dan besi (Fe) yang larut.

Perubahan keasaman air buangan, baik kearah alkali (pH naik) maupun ke arah asam (pH menurun), akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air sekitarnya. Selain korosif terhadap baja dan sering menyebabkan pengkaratan pada pipa-pipa besi.

pH suatu larutan merupakan salah satu indikator penting dalam pengolahan air buangan secara biologis karena aktifitas mikroorganisme akan optimum pada kondisi pH antara 6,5 – 7,5.

2.8 HIPOTESA

Bahwa penggunaan reaktor *anaerobik Roughing Filter* aliran horizontal dengan panjang 3 kompartemen dan media gravel yang berbeda ukuran :

1. Dapat menurunkan konsentrasi COD dalam limbah Domestik.
2. Dapat menurunkan jumlah bakteri E. Coli.