

**EFEKTIFITAS MEDIA FILTER AEROB DAN WAKTU
TINGGAL TERHADAP PENURUNAN KADAR SS,
BOD, COD, DAN MBAS LIMBAH CAIR
RUMAH SAKIT**

(Studi Kasus Limbah Cair Domestik RSUD Labuang Baji Makassar)

*THE EFFECTIVENESS OF AEROBIC FILTER MEDIA AND DETENTION
TIME TO THE REDUCTION OF SS, BOD, COD, AND MBAS
IN THE HOSPITAL WASTEWATER
(CASE STUDY OF LABUANG BAJI HOSPITAL WASTEWATER MAKASSAR)*

Z A E N A B



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2006**

**EFEKTIFITAS MEDIA FILTER AEROB DAN WAKTU
TINGGAL TERHADAP PENURUNAN KADAR SS,
BOD, COD, DAN MBAS LIMBAH CAIR
RUMAH SAKIT**

(Studi Kasus Limbah Cair Domestik RSUD Labuang Baji Makassar)

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Megister

Program Studi

Kesehatan Masyarakat

Disusun dan diajukan oleh

Z A E N A B

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2006**

TESIS
EFEKTIFITAS MEDIA FILTER AEROB DAN WAKTU
TINGGAL TERHADAP PENURUNAN KADAR SS,
BOD, COD, DAN MBAS LIMBAH CAIR
RUMAH SAKIT

(Studi Kasus Limbah Cair Domestik RSUD Labuang Baji
Makassar)

Disusun dan diajukan oleh

ZAENAB

Nomor Pokok P1801204004

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal, 22 Agustus 2006

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat

Prof. dr. Hardjoeno, Sp.PK(K)
MSi

Ketua

Ketua Program Studi
Kesehatan Masyarakat

Ir.H. Muhammad Hasyim Djaffar,

Anggota

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Nur Nasry Noor, MPH

Prof. Dr. dr. A Razak Thaha, M.Sc

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : ZAENAB
Nomor mahasiswa : P1801204004
Program studi : Kesehatan Masyarakat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari ternyata terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2006

ZAENAB

PRAKATA

***Bismillahi rahmani rahim
Assalamu Alaikum wr.wb***

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkah, rahmat, hidayah dan lindungan-Nya sehingga penyusunan tesis ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Apa yang tersirat masih sulit dituliskan dengan jelas, dan apa yang tersurat juga belum tentu mewakili realita alam yang ditinjau. Semua ini adalah perwujudan kekurangan yang ada pada penulis, untuk itu kritik dan saran dari berbagai pihak tetap diharapkan.

Tidak sedikit kendala yang dihadapi penulis dalam penyusunan tesis ini, namun atas bantuan berbagai pihak, tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof.dr. Hardjoeno, Sp.PK(K) sebagai ketua komisi penasihat, dan Ir. H. Muhammad Hasyim Djaffar MSi, sebagai anggota komisi penasihat, atas bantuan dan bimbingan yang diberikan selama penyusunan tesis ini.

Dengan selesainya tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Prof. Dr. dr. A Razak Thaha, M.Sc, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Prof. Dr. Nur Nasry Noor, MPH, Selaku Ketua Program Studi Kesehatan Masyarakat.

3. Dr. H. Ambo Upe, DEA, selaku tim penilai
4. Dr. Ir. Syahriar Tato, MSc, selaku tim penilai
5. dr. Makmur Selomo, MS, selaku tim penilai
6. Direktur RSUD Labuang Baji Makassar dan staf yang telah memberikan izin kepada penulis dalam mengambil sampel limbah cair
7. Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan DepKes Makassar, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan di Program Pascasarjana Unhas Makassar.
8. Rekan- rekan kerja di Laboratorium, Mahasiswa Jurusan Kesehatan Lingkungan, terkhusus untuk keluarga Asri Yassi, yang banyak membantu selama penelitian berlangsung.
9. Semua rekan-rekan mahasiswa Kesehatan Masyarakat angkatan 2004 terkhusus Konsentrasi Kesehatan Lingkungan telah memberikan bantuan dalam penulisan tesis ini.

Khusus kehadiran suami tercinta **Sudarianto, SKM** dan anak-anakku tersayang **Nurul Afiah dan Muti'ah Rofifah** yang dengan setia dan penuh kesabaran serta doa dalam mendukung penulis untuk menyelesaikan pendidikan. Akhir kata semoga tesis ini bermanfaat bagi setiap orang yang membacanya. Amin

Makassar, Juli 2006

Penulis

ABSTRAK

ZAENAB. *Efektifitas Media Filter Aerob Dan Waktu Tinggal Terhadap Penurunan Kadar SS, BOD, COD dan MBAS Limbah Cair Rumah Sakit (Studi Kasus Limbah Cair Domestik Rumah Sakit Labuang Baji Makassar)* (dibimbing oleh Hardjoeno dan Muhammad Hasyim Djaffar).

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti berapa besar efektifitas media filter aerob dan waktu tinggal terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD dan MBAS (Detergen) pada efluen limbah cair rumah sakit.

Penelitian ini bersifat eksperimen, yaitu dengan membuat instalasi pengolahan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan media filter serpihan plastik kombinasi ketebalan 40 cm, 50 cm, dan 60 cm dan variasi waktu tinggal 6 jam, 12 jam, dan 18 jam. Pengambilan sampel dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah Labuang Baji Makassar dan data dianalisis dengan menggunakan rancangan factorial yang disusun dalam rancangan acak lengkap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ketebalan media filter dan waktu tinggal yang memberikan penurunan terbesar terhadap kadar SS, BOD, COD dan MBAS adalah ketebalan media filter 60 cm dan waktu tinggal 18 jam. Persentase penurunan kadar parameter tersebut adalah SS = 52,1%, BOD = 59,9 %, COD = 63,4 % dan MBAS= 88 %.

ABSTRACT

ZAENAB. The Effectiveness of Aerobic Filter Media and Detention Time to The Reduction of SS, BOD, COD, and MBAS in the Hospital Liquid Disposal (A Case Study of Labuang Baji Hospital liquid disposal, Makassar). (Supervised by Hardjoeno and Muhammad Hasyim Djaffar).

This study objectives were to know the effectiveness of aerobic filter media and detention time to the lowering of SS, BOD, COD and MBAS concentration in the effluent of hospital sewage.

The study conducted using experimental design by the construction of hospital sewage treatment plant using plastic fraction as the filter media, with 40 cm, 50 cm, and 60 cm thickness, and 6 hours, 12 hours, and 18 hours detention time. Sampling was done in Labuang Baji Hospital at Makassar, and the data was analysed using factorial design which constructed in complete random design.

The study showed that combined filter media thickness and the detention time giving the highest lowering of SS, BOD, COD and MBAS were the 60 cm in thickness and 18 hours in detention time. The percentage of lowering of the parameters was 52,1% for SS, 59,9 % for BOD, 63,4 % for COD and 88,0 % for MBAS.

Based on those results it is concluded that the filter media thickness and detention time were effective and it is recommended to increase the thickness in order to increase the effectivity.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Pengertian-pengertian	9
B. Sumber dan Karakteristik Limbah Rumah Sakit	10
C. Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit	12
D. Teknologi Pengolahan Limbah Rumah Sakit	14
E. Filtrasi	30
F. Parameter Air Limbah	36
G. Dampak Negatif Air Limbah	42
H. Kerangka Pikir	51
I. Definisi Operasional	52
J. Hipotesis	53

III.	METODE PENELITIAN	54
	A. Jenis dan Desain Penelitian	54
	B. Waktu dan Lokasi Penelitian	55
	C. Bahan dan Alat Penelitian	55
	D. Proses Pengolahan Limbah Cair	56
	E. Teknik Pengumpulan Data	58
	F. Analisis Data	63
IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	64
	1. Padatan Tersuspensi (SS)	64
	2. Biological Oxygen Demand (BOD)	68
	3. Chemical Oxygen Demand (COD)	72
	4. Metilen Blue Alkyl Sulfonat (MBAS)	77
V	KESIMPULAN DAN SARAN	82
	A. Kesimpulan	82
	B. Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Jenis Penyakit Penyebab Infeksi dan cara penularan berbagai macam penyakit menular yang ditimbulkan oleh air limbah	44
2	Rata-rata kandungan TSS dan persentase penyisihan sebelum dan sesudah pengolahan	87
3	Rata-rata kandungan BOD dan persentase penyisihan sebelum dan sesudah pengolahan	87
4	Rata-rata kandungan COD dan persentase penyisihan sebelum dan sesudah pengolahan	88
5	Rata-rata kandungan MBAS dan persentase penyisihan sebelum dan sesudah pengolahan	88

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Bagan pengolahan limbah rumah sakit	13
2	Klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis aerobik	16
3	Diagram pengolahan limbah rumah sakit dengan proses Activated Sludge	17
4	Diagram proses pengolahan limbah dengan sistem RBC	19
5	Diagram proses pengolahan limbah dengan proses aerasi kontak	24
6	Diagram proses pengolahan limbah dengan biofilter anaerobik up flow	26
7	Diagram proses pengolahan limbah dengan sistem biofilter anaerob aerob	29
8	Skema filter (saringan pasir)	31
9	Filter aliran biflow	34
10	Filter aliran upflow	34
11	Kerangka pikir	51
12	Diagram proses pengolahan air limbah rumah sakit dengan proses biofilter aerob	58
13	Diagram Kandungan SS (mg/L) pada setiap perlakuan Kombinasi	65
14	Diagram persentase penurunan SS pada setiap perlakuan kombinasi	66

15	Diagram Kandungan BOD (mg/L) pada setiap perlakuan kombinasi	69
16	Diagram persentase penurunan BOD pada setiap perlakuan kombinasi	70
17	Diagram Kandungan COD (mg/L) pada setiap Perlakuan kombinasi	74
18	Diagram persentase penurunan COD pada setiap perlakuan kombinasi	75
19	Diagram Kandungan MBAS (mg/L) pada setiap perlakuan kombinasi	79
20	Diagram persentase penurunan MBAS pada setiap perlakuan kombinasi	79

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Bagan pengolahan limbah rumah sakit	13
2	Klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis aerobik	16
3	Diagram pengolahan limbah rumah sakit dengan proses Activated Sludge	17
4	Diagram proses pengolahan limbah dengan sistem RBC	19
5	Diagram proses pengolahan limbah dengan proses aerasi kontak	24
6	Diagram proses pengolahan limbah dengan biofilter anaerobik up flow	26
7	Diagram proses pengolahan limbah dengan sistem biofilter anaerob aerob	29
8	Skema filter (saringan pasir)	31
9	Filter aliran biflow	34
10	Filter aliran upflow	34
11	Kerangka pikir	51
12	Diagram proses pengolahan air limbah rumah sakit dengan proses biofilter aerob	58
13	Diagram Kandungan SS (mg/L) pada setiap perlakuan Kombinasi	65
14	Diagram persentase penurunan SS pada setiap perlakuan kombinasi	66

15	Diagram Kandungan BOD (mg/L) pada setiap perlakuan kombinasi	69
16	Diagram persentase penurunan BOD pada setiap perlakuan kombinasi	70
17	Diagram Kandungan COD (mg/L) pada setiap Perlakuan kombinasi	74
18	Diagram persentase penurunan COD pada setiap perlakuan kombinasi	75
19	Diagram Kandungan MBAS (mg/L) pada setiap perlakuan kombinasi	79
20	Diagram persentase penurunan MBAS pada setiap perlakuan kombinasi	79

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit	87
2	Rata-rata dan persentase penyisihan setiap perlakuan pada pengolahan biofilter aerobik	88
3	Analisis sidik ragam pengaruh perlakuan kombinasi ketebalan media filter dan waktu tinggal terhadap kandungan TSS	90
4	Nilai rata-rata dan kesalahan baku pada TSS	91
5	Analisis BNJ perbandingan berganda dan subset pada SS	92
6	Analisis sidik ragam pengaruh perlakuan kombinasi ketebalan media filter dan waktu tinggal terhadap kandungan BOD	94
7	Nilai rata-rata dan kesalahan baku pada BOD	95
8	Analisis BNJ perbandingan berganda dan subset pada BOD	96
9	Analisis sidik ragam pengaruh perlakuan kombinasi ketebalan media filter dan waktu tinggal terhadap kandungan COD	98
10	Nilai rata-rata dan kesalahan baku pada COD	99
11	Analisis BNJ perbandingan berganda dan subset pada COD	100
12	Analisis sidik ragam pengaruh perlakuan kombinasi ketebalan media filter dan waktu tinggal terhadap kandungan MBAS	102
13	Nilai rata-rata dan kesalahan baku pada MBAS	103
14	Analisis BNJ perbandingan berganda dan subset pada MBAS	104
15	Pengolahan limbah cair RS sistem aerob	106
16	Media filter serpihan plastik	107
17	Pengambilan dan Pemeriksaan Sampel air limbah RS	108
18	Sampel Air Limbah RS sebelum dan sesudah diolah	109

DAFTAR SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
%	Bagian per seratus
mg/L	Miligram/liter
g/L	Gram/liter
SS	Suspended Solid, Padatan tersuspensi
BOD	Biological Oxygen Demand, Kebutuhan Oksigen Biologis
COD	Chemical Oxygen Demand, Kebutuhan Oksigen Kimiawi
FAS	Ferro Amonium Sulfat
MBAS	Metilen Blue Alkyl Sulfonat
RSUD	Rumah Sakit Umum Daerah
BNJ	Beda Nyata Jujur
ES	Efective size, ukuran efektif media filter
UC	Uniformity coefficient, koefisien keseragaman
RAL	Rancangan Acak Lengkap
SPSS	Statistical Product and Service Solutions

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit merupakan fasilitas sosial yang tak mungkin dapat dipisahkan dengan masyarakat, dan keberadaannya sangat diharapkan oleh masyarakat, karena manusia atau masyarakat tentu menginginkan agar kesehatan tetap terjaga. Oleh karena itu rumah sakit mempunyai kaitan yang erat dengan keberadaan kumpulan manusia atau masyarakat tersebut. Dimasa lalu suatu rumah sakit dibangun disuatu wilayah yang jaraknya cukup jauh dari daerah pemukiman, dan biasanya dekat dengan sungai dengan pertimbangan agar pengolahan limbah baik padat maupun cair tidak berdampak negatif terhadap penduduk, atau bila ada dampak negatif maka dampak tersebut dapat diperkecil.

Sejalan dengan perkembangan penduduk yang sangat pesat, lokasi rumah sakit yang dulunya jauh dari daerah pemukiman penduduk sekarang umumnya telah berubah dan berada ditengah pemukiman penduduk yang cukup padat, sehingga masalah pencemaran akibat limbah rumah sakit baik limbah padat maupun limbah cair sering terjadi masalah pencetus konflik antara pihak rumah sakit dengan masyarakat yang ada disekitarnya.

Dengan pertimbangan alasan tersebut, maka rumah sakit yang dibangun setelah tahun 1980 an diwajibkan menyediakan sarana limbah

padat maupun cair. Namun semakin mahalnya harga tanah, serta tuntutan masyarakat akan kebutuhan peningkatan sarana penunjang pelayanan kesehatan yang baik, dan dilain pihak peraturan pemerintah tentang pelestarian lingkungan juga semakin ketat, maka pihak rumah sakit umumnya menempatkan sarana pengolahan limbah sebagai skala prioritas yang rendah. Akibatnya, sering terjadi benturan perbedaan kepentingan antara pihak rumah sakit dengan masyarakat atau pemerintah. Dengan adanya Permenkes No.986 tahun 1992 yang mengharuskan pihak rumah sakit agar menyediakan fasilitas pengolahan limbah yang dihasilkan, mengakibatkan biaya investasi maupun biaya oprasional menjadi lebih besar.

Limbah cair yang berasal dari rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial. Hal ini disebabkan karena limbah cair rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi juga kemungkinan mengandung senyawa-senyawa kimia lain serta mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat disekitarnya. Oleh karena potensi dampak limbah cair rumah sakit terhadap kesehatan masyarakat sangat besar, maka setiap rumah sakit diharuskan mengolah limbah cairnya sampai memenuhi standar yang berlaku (Said dan Wahjono,1999).

Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Lingkungan, menyebutkan bahwa tidak diperkenankan membuang limbah cair ke dalam tanah kecuali mendapat izin dari Menteri

terkait dan berdasarkan hasil penelitian. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 986 tahun 1992 tentang persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit menyatakan bahwa rumah sakit harus memiliki unit pengolahan limbah sendiri, dan kualitas efluennya yang akan dibuang ke lingkungan, harus memenuhi syarat baku mutu yang telah ditetapkan.

Dengan adanya peraturan di setiap rumah sakit yang mengharuskan mengolah limbah cair sampai standar yang diijinkan maka kebutuhan akan teknologi pengolahan limbah cair rumah sakit khususnya yang murah dan hasilnya baik perlu dikembangkan. Hal ini mengingat bahwa kendala yang paling banyak dijumpai yakni teknologi yang ada saat ini masih cukup mahal, sedangkan dilain pihak dana yang tersedia untuk membangun unit alat pengolah limbah cair tersebut sangat terbatas sekali. Untuk rumah sakit dengan kapasitas yang besar umumnya dapat membangun unit alat pengolah limbahnya sendiri karena mereka mempunyai dana yang cukup. Tetapi untuk rumah sakit tipe B sampai dengan tipe D umumnya sampai saat ini masih membuang limbah cairnya ke saluran umum tanpa pengolahan sama sekali. (Said dan Wahjono,1999).

Limbah cair rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi limbah domestik cair, yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, sedangkan limbah cair klinis yakni limbah cair yang berasal dari

kegiatan klinis rumah sakit misalnya bekas cucian luka, cucian darah, limbah cair laboratorium dan sebagainya.

Limbah cair yang dihasilkan dari sebuah rumah sakit umumnya banyak mengandung bakteri, virus, senyawa kimia, dan obat-obatan yang dapat membahayakan bagi kesehatan masyarakat disekitar rumah sakit tersebut (Republika,2004).

Limbah cair rumah sakit yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi, dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis, sedangkan untuk limbah cair rumah sakit yang berasal dari laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat yang bila limbah cair tersebut dialirkan kedalam proses pengolahan secara biologis, logam berat tersebut dapat mengganggu proses pengolahannya. (Said dan Wahjono,1999).

Dari hasil analisis kimia terhadap beberapa contoh limbah cair rumah sakit yang ada di DKI Jakarta menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa pencemar sangat bervariasi misalnya, BOD 31,52- 675,33 mg/L, amoniak 10,79-158,73 mg/L, deterjen (MBAS)1,66-9,79 mg/L. Untuk rumah sakit yang ada di Makassar ditemukan kadar BOD maksimum 147 mg/L, COD 253 mg/L, dan SS 159 mg/L, amoniak (NH₃) 28,73 mg/L, dan PO₄ 19,9 mg/L. (Bapedal Prov SulSel,2005). Sedangkan menurut Suparlan dalam Supeno (2003), hasil analisis tentang karakteristik limbah cair RSUD Wahidin Sudirohusodo Makassar, untuk parameter BOD

berkisar antara 124,86-503,30 mg/L, dan COD antara 240-550 mg/L. Hal ini mungkin disebabkan karena sumber limbah cair juga bervariasi sehingga faktor waktu dan metode pengambilan contoh sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi.

Menurut hasil penelitian (Samson, 2003) pada limbah cair Rumah Sakit Labuang baji Makassar, diperoleh kadar BOD berkisar antara 110,16 mg/L – 111,34 mg/L, dan kadar COD antara 249,58 – 250,64 mg/L. Penelitian yang sama juga dilakukan (Maswarah, 2006) pada limbah cair Rumah Sakit Umum Lasinrang Kabupaten Pinrang menunjukkan bahwa kadar BOD berkisar antara 61,19 mg/L - 999,12 mg/L, COD berkisar antara 120,77- 2.497 mg/L, Jika dibandingkan dengan baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. Kep-58/MENKLH/12/1995 kadar maksimum BOD = 30 mg/L, dan COD = 80 mg/L, dengan demikian kadar BOD dan COD limbah cair Rumah Sakit Labuang Baji Makassar dan Rumah Sakit Umum Lasinrang Kabupaten Pinrang melewati kadar maksimum baku mutu limbah cair rumah sakit yang telah ditetapkan.

Baik rumah sakit yang sudah beroperasi maupun yang sedang dibangun, khususnya rumah sakit yang ada di Sulawesi Selatan, pada umumnya belum memiliki atau mengoperasikan instalasi pengolahan limbah cair, berarti efluennya yang di buang ke lingkungan dikuatirkan akan mencemari air maupun tanah.

Oleh karena itu dirasa perlu adanya suatu upaya penelitian dalam merencanakan suatu instalasi pengolahan limbah cair rumah sakit yang murah, mudah dioperasikan serta efektif untuk menurunkan bahan pencemar limbah, sehingga dapat membantu rumah sakit dalam mengolah limbahnya.

Penelitian (Samson, 2003) tentang pengolahan limbah cair rumah sakit dengan filter anaerobik yang menggunakan media filter batu sungai pecah dengan waktu tinggal selama tiga hari diperoleh penurunan kadar BOD dan COD sebesar 48 %. Prosentase penurunan BOD dan COD tersebut belum memperoleh kualitas efluen limbah cair rumah sakit sesuai standar yang dipersyaratkan. Untuk itu perlu dilakukan pengolahan lanjutan dengan menentukan ketebalan media filter dan waktu tinggal yang efektif untuk memperoleh kualitas limbah cair yang memenuhi standar dan aman terhadap manusia dan lingkungan.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa besar efektifitas media filter aerob terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS ?
2. Berapa besar efektifitas waktu tinggal terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS ?
3. Berapa besar interaksi media filter aerob dan waktu tinggal terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS ?

C. Tujuan Penelitian.

1. Tujuan umum

Untuk meneliti berapa besar efektifitas media filter aerob dan waktu tinggal terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS pada limbah cair rumah sakit.

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk meneliti berapa besar efektifitas media filter aerob terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS pada limbah cair rumah sakit.
- b. Untuk meneliti berapa besar efektifitas variasi waktu tinggal terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS pada limbah cair rumah sakit .
- c. Untuk meneliiti berapa besar interaksi media filter dan waktu tinggal terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS pada limbah cair rumah sakit.

D. Manfaat Penelitian.

1. Manfaat Ilmiah.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khasanah ilmiah terkhusus pada pengetahuan tentang pengolahan limbah cair di rumah sakit.

2. Manfaat bagi Instansi Pemerintah.

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu sumber informasi yang dapat dijadikan sebagai masukan terhadap pihak Rumah Sakit dalam rangka perencanaan, perbaikan, pengolahan limbah cair sehingga dapat mencegah terjadinya penyebaran penyakit.

3. Manfaat Praktis.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membuahkan pokok-pokok pikiran yang kemudian dapat dikembangkan dan disumbangkan untuk meminimalisasi buangan limbah yang ada di rumah sakit.

4. Manfaat bagi Peneliti.

Hasil penelitian ini merupakan pengalaman yang sangat berharga bagi peneliti dalam upaya menerapkan ilmu yang diperoleh, serta menambah wawasan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama mengikuti pendidikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian-Pengertian.

1. Rumah Sakit .

Rumah sakit adalah sarana upaya kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan serta dapat berfungsi sebagai tempat pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian. (Kep-58/MENLH/12/1995). Pelayanan kesehatan di rumah sakit diutamakan pada pelayanan untuk penyembuhan dan pemulihan yang bersifat darurat, akut, maupun kronis. Pada kenyataannya pelayanan tersebut meliputi rawat inap dan rawat jalan. Variasi pelayanan tersebut tergantung kelas rumah sakitnya (rumah sakit kelas A, B, C, dan D).

2. Limbah Cair .

Limbah cair adalah semua bahan buangan yang berbentuk cair yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun dan radioaktif. (Kep-58/MENLH/12/1995).

3. **Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit .**

Baku mutu limbah cair rumah sakit adalah batas maksimum limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari suatu kegiatan rumah sakit. (Kep- 58/MENLH; 1995).

4. **Efektifitas.**

Efektifitas adalah menunjukkan keberhasilan dari segi tercapainya sasaran yang telah ditetapkan (Peter F.Drucker)

5. **Detention time**

Detention time/waktu tinggal adalah waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan agar tujuan pengolahan dapat dicapai secara optimal. (Sugiharto, 1987).

B. Sumber dan Karakteristik Limbah Rumah Sakit.

1. **Sumber Limbah cair Rumah Sakit**

Limbah cair rumah sakit adalah semua limbah cair yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun, dan radioaktif (Depkes RI, 1995)

Sumber limbah cair bervariasi sesuai dengan jenis dan kelas rumah sakitnya. Umumnya berasal dari dapur, pencucian linen, ruang perawatan, laboratorium, dan unit lain.

Volume buangan limbah cair pada masing-masing rumah sakit berbeda, tergantung dari jumlah pasien dan rata-rata pemakaian air,

karena pada dasarnya sebagian besar air bersih setelah mengalami proses akan terbuang ke lingkungan sebagai limbah cair.

2. **Karakteristik Limbah cair Rumah Sakit**

Karakteristik limbah cair rumah sakit dipengaruhi oleh unit-unit yang ada serta macam atau jenis penyakit dari pasien yang dirawat. Secara garis besar Ahmadi (1995) membedakannya sebagai berikut :

- a. Limbah cair non toksik, yaitu limbah cair yang tidak mengandung zat-zat beracun, misalnya dari Air dapur.
- b. Limbah toksik, yaitu limbah cair yang mengandung zat-zat beracun, misalnya dari poliklinik, laboratorium, dan kamar bedah.
- c. Limbah cair patogen, yaitu limbah cair yang mengandung kuman-kuman penyakit, misalnya dari ruang perawatan penyakit menular.
- d. Limbah cair non patogen, yaitu limbah cair yang tidak mengandung kuman-kuman penyakit, misalnya dari dapur.
- e. Limbah cair yang mengandung zat radioaktif, misalnya dari ruang radiologi.

3. **Kategori Limbah cair Rumah Sakit**

Secara umum limbah cair rumah sakit dapat dibagi menjadi empat kategori (Ahmadi,1995) yaitu :

- a. Limbah secara umum yang bersifat normal sebagaimana limbah rumah tangga \pm 85 % dari seluruh limbah rumah sakit.
- b. Limbah infeksius, semua jenis limbah yang terkontaminasi dari mikroorganisme patogen termasuk limbah patologis \pm 10 %.

- c. Limbah toksik yang bersifat toksis, korosif, dan mudah terbakar termasuk sisa-sisa bahan farmasi $\pm 4 - 5 \%$.
- d. Limbah yang mengandung radio isotop $\pm 1 \%$.

C. Pengolahan Limbah cair Rumah Sakit.

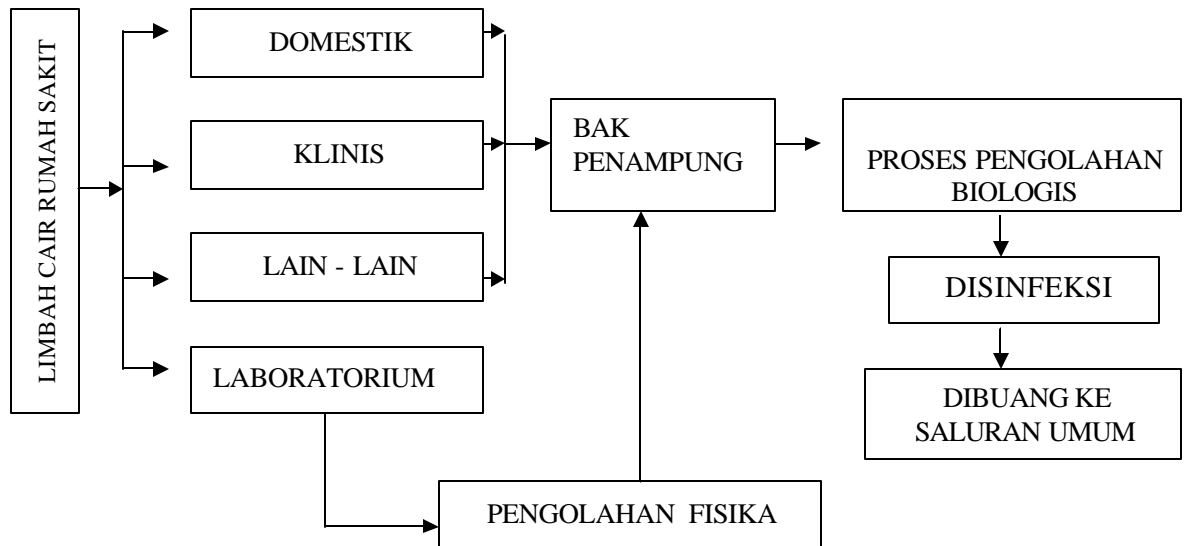
Limbah cair rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah cair klinis yakni limbah cair yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit misalnya air bekas cucian luka, cucian darah dll, limbah cair laboratorium dan sebagainya.

Limbah cair rumah sakit yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa polutant organik yang cukup tinggi, dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis, sedangkan untuk limbah cair rumah sakit yang berasal di laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat yang bila limbah cair tersebut dialirkan kedalam proses pengolahan secara biologis, logam berat tersebut dapat mengganggu proses pengolahannya.

Oleh karena itu untuk pengolahan limbah cair rumah sakit yang berasal dari laboratorium dipisahkan dan ditampung, kemudian diolah secara kimia-fisika, selanjutnya air dahannya dialirkan bersama-sama dengan limbah lainnya, dan selanjutnya diolah dengan proses

pengolahan secara biologis (Said dan Wahjono,1999).

Diagram proses pengolahan limbah cair rumah sakit secara umum dapat dilihat sbb:



Gambar 1: Diagram pengolahan limbah cair rumah sakit.

Didalam pengolahan limbah cair rumah sakit, maka yang perlu diperhatikan adalah sistem saluran pembuangan air. Saluran limbah cair dan saluran air hujan harus dibuat secara terpisah. Limbah cair rumah sakit baik yang berasal dari buangan kamar mandi, air bekas cucian, air buangan dapur, serta limbah cair klinis dikumpulkan kebak kontrol dengan saluran atau pipa tertutup, selanjutnya dialirkan keunit pengolahan limbah cair. Setelah dilakukan pengolahan, air hasil olahannya dibuang kesaluran umum. Untuk air hujan dapat langsung dibuang kesaluran umum melalui salu ran terbuka.

D. Teknologi Pengolahan Limbah Rumah Sakit

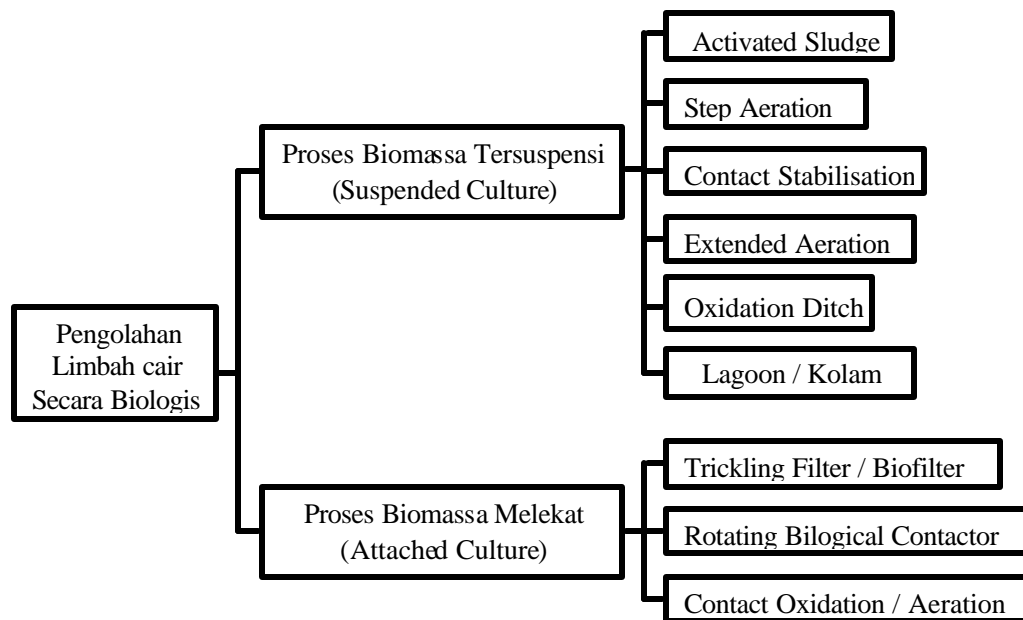
Untuk mengolah air yang mengandung senyawa organik umumnya menggunakan teknologi pengolahan limbah cair secara biologis atau gabungan antara proses biologis dengan fasilitas kimia-fisika. Proses secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara). Atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan limbah cair dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan limbah cair dengan beban BOD yang sangat tinggi.

Pengolahan limbah cair secara biologis aerobik secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*), dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam. Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi didalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini adalah proses lumpur aktif standar/ konvensional (*standard active sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Beberapa contoh teknologi pengolahan limbah cair dengan cara ini antara lain *trickling filter* atau biofilter, *rotating biological contactor* (RBC), *contact aeration/oxidation* (aerasi kontak) dan lainnya. Proses pengolahan limbah cair secara biologis dengan logoon atau kolam adalah dengan menampung limbah cair pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikroorganisme yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat juga dilakukan proses aerasi. Salah satu contoh proses pengolahan limbah cair dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (*stabilization pond*). Proses dengan sistem logoon tersebut kadang-kadang dikategorikan sebagai proses biologis dengan biakan tersuspensi (Said dan Wahjono, 1999).

Teknologi proses pengolahan limbah cair yang digunakan untuk mengolah limbah cair rumah sakit pada dasarnya hampir sama dengan teknologi proses pengolahan untuk limbah cair yang mengandung polutan limbah cair lainnya. Pemilihan jenis proses yang digunakan harus memperhatikan beberapa faktor antara lain proses lumpur aktif (*activated sludge process*), reaktor putar biologis (*rotating biological*

contactor, RBC), proses aerasi kontak (contac aeration process), proses pengolahan dengan biofilter "up Flow", serta proses pengolahan dengan sistem "biofilter aerob dan anaerob." Klasifikasi proses pengolahan limbah cair secara biologis aerobik dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



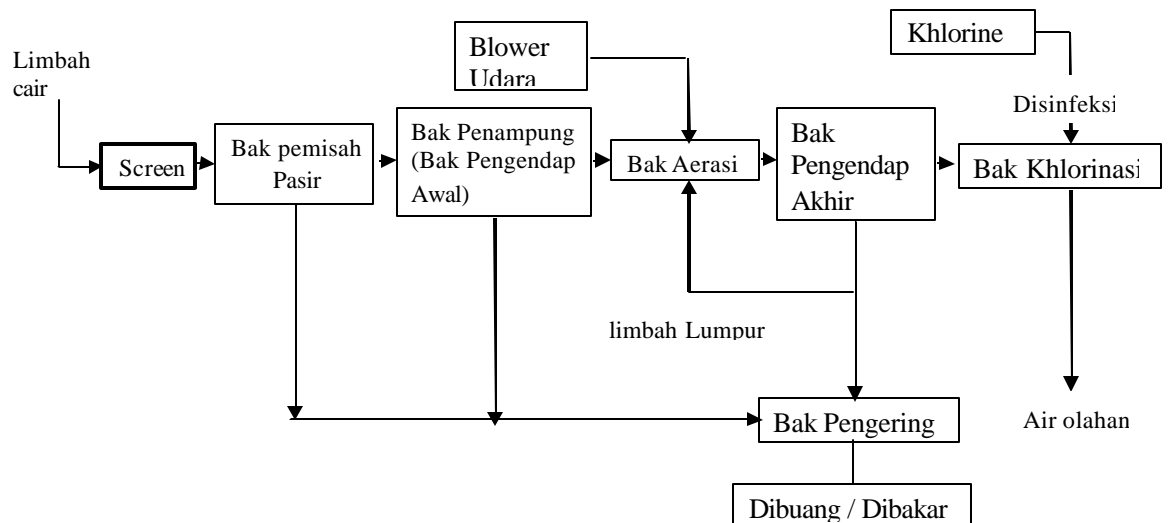
Gambar 2. Klasifikasi proses pengolahan limbah cair secara biologis aerobik (Said dan Wahjono, 1999).

1. Activated sludge.

Activated sludge merupakan endapan lumpur yang berasal dari limbah cair yang telah mengalami aerasi secara teratur. Lumpur ini berguna untuk mempercepat proses stabilisasi dari limbah cair dan banyak mengandung bakteri pengurai.

Proses Activated sludge adalah proses biologis aerobik yang dapat menangani berbagai jenis limbah dan proses ini membutuhkan luas lahan

yang kecil. Proses pada `activated sludge` yaitu limbah cair dimasukkan kesuatu tangki dan kebanyakan unit-unit Activated Sludge dioperasikan pada fase stasioner dari pertumbuhan bakteri dengan sistem alirannya berkelanjutan. Diagram proses pengolahan limbah cair dengan proses Activated sludge dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Diagram proses pengolahan limbah dengan proses Activated sludge (Said dan Wahjono, 1999).

2. Tricking Filter

Tricking filter dirancang untuk menangani limbah cair yang encer. Proses didalam tricing filter memanfaatkan sistem pertumbuhan biologis yang melekat dengan melewatkan limbah cair organik melalui permukaan pertumbuhan biologis pada media padat. Keuntungan proses tersebut mencakup biaya daur hidup yang rendah, dan mudah dioperasikan. (Corbitt,1989).

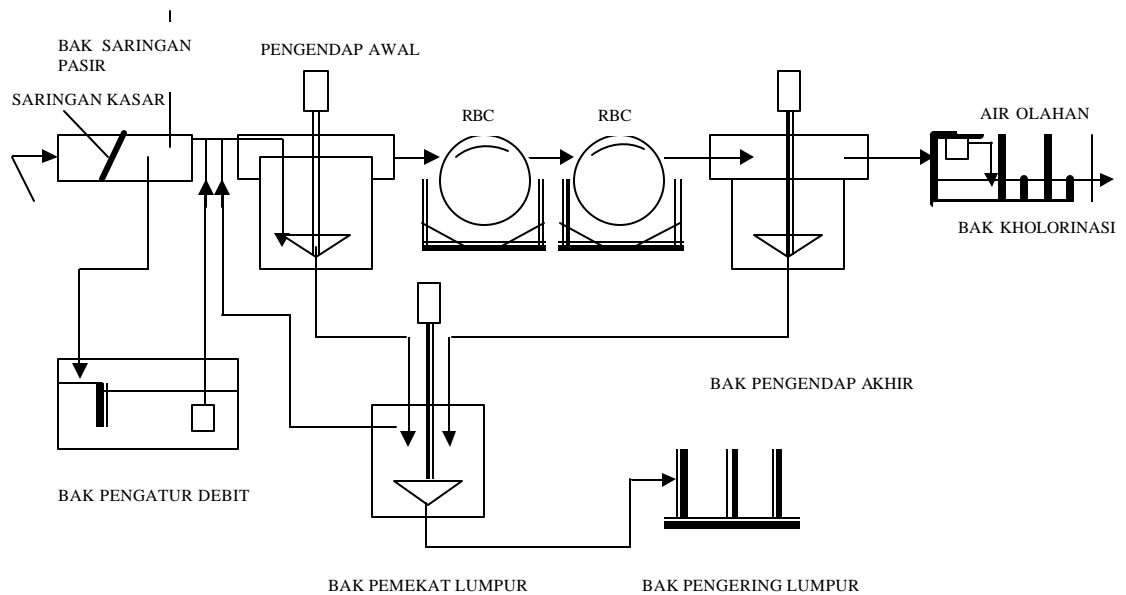
Proses yang terjadi dalam trickling filter adalah sebagai berikut buangan dari pengendapan primer biasanya mengandung $\pm 60 - 80 \%$ bahan organik. Trickling Filter merupakan suatu dasar dari pecahan batu, terak besi atau kerikil dengan ukuran partikel-partikelnya $\pm 2 - 4$ inch (5 – 10 cm), dan tebal dasar $\pm 2 - 3$ meter. Limbah cair dituangkan ke permukaan filter secara terus menerus dengan satu atau beberapa distributor dan merembes dimana akan terkumpul dan dialirkan melalui suatu alur pelepasan. Suatu lapisan biologis akan terbentuk pada medium filter dan bahan-bahan padat halus yang terapung, koloidal serta bahan organik terlarut dari limbah akan terkumpul pada lapisan film ini, dimana terjadinya oksidasi biokimia dari bahan organik oleh bakteri aerobik. Suatu filter baru biasanya belum efektif selama kira-kira dua minggu hingga terbentuk lapisan biologis yang diinginkan pada partikel-partikel di dalam dasar. Lapisan ini akhirnya menjadi cukup tebal karena terkumpulnya bahan organik dan akan berganti kulit dari saat ke saat dan harus dilepaskan bersama aliran buangan. Buangan tersebut membutuhkan pengendapan untuk membuang bahan-bahan padat melalui filter (Marsono, 1997).

3. Rotating Biological Contactor(RBC).

Reaktor biologis putar (rotating biological contactor) adalah salah satu teknologi pengolahan limbah cair yang mengandung polutan organik yang tinggi secara biologis dengan sistem biakan melekat (*attached culture*). RBC terdiri dari suatu seri disc (piringan)

berbentuk lingkaran yang terbuat dari bahan polysterene atau polyvinyl chloride. Piringan tersebut disusun vertikal dengan menghubungkan satu sama lain dengan satu sumbu. Dengan cara ini disk dapat berputar.

Prinsip kerja pengolahan limbah cair RBC yakni limbah cair yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media di dalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (disk) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun pada suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian kedalam limbah cair yang mengalir secara kontinyu ke dalam reaktor. Untuk jelasnya dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 : Diagram proses pengolahan limbah cair dengan sistem RBC (Said dan Wahjono,1999).

Dengan cara seperti ini mikroorganisme seperti bakteri, alga, protozoa, fungi dan lainnya melekat pada permukaan media yang berputar membentuk suatu lapisan yang terdiri dari mikroorganisme yang disebut biofilm (lapisan biologis). Mikroorganisme akan mengurai atau mengambil senyawa organik yang ada dalam air serta mengambil oksigen yang larut dalam air atau dari udara untuk proses metabolismenya, sehingga kadar senyawa organik dalam limbah cair berkurang.

Pada saat biofilm yang melekat pada media yang berupa piringan tipis tersebut tercelup kedalam limbah cair, mikroorganisme menyerap senyawa organik yang ada dalam limbah cair yang mengalir pada permukaan biofilm, dan pada saat biofilm berada di atas permukaan air, mikroorganisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut di dalam air untuk menguraikan senyawa organik. Energi hasil penguraian senyawa organik tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk proses perkembangbiakan atau metabolisme. Senyawa hasil proses metabolisme mikroorganisme tersebut akan keluar dari biofilm dan terbawa oleh aliran atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga – rongga yang ada pada mediumnya. Sedangkan untuk SS akan tertahan pada permukaan lapisan biofilm dan akan terurai menjadi bentuk yang larut dalam air.

Pertumbuhan mikroorganisme atau biofilm tersebut makin lama semakin tebal, sampai akhirnya karena gaya beratnya sebagian akan mengelupas dari mediumnya dan terbawa aliran air keluar. Selanjutnya mikroorganisme pada permukaan medium akan tumbuh lagi dengan sendirinya hingga terjadi kesetimbangan sesuai dengan kadar senyawa organik yang ada dalam limbah cair. Keunggulan dari sistem RBC yakni proses operasi maupun konstruksinya sederhana, kebutuhan energi relative lebih kecil, tidak memerlukan udara dalam jumlah yang besar, Lumpur yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan proses Lumpur aktif, serta relatif tidak menimbulkan buih, sedangkan kekurangan dari sistem RBC yakni sensitif terhadap temperatur.

Keunggulan dan Kelemahan RBC

Beberapa keunggulan proses pengolahan limbah cair dengan system RBC menurut Said dan Wahjono antara lain :

- a) Pengoperasian alat dan perawatannya sangat sederhana
- b) Untuk kapasitas kecil/paket, dibandingkan dengan proses Lumpur aktif konsumsi energi lebih rendah
- c) Dapat dipasang beberapa tahap (multi stage), sehingga tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan
- d) Reaksi nitrifikasi lebih muda terjadi, sehingga efisiensi penghilangan ammonium lebih besar

- e) Tidak terjadi bulking ataupun buih (foam) seperti pada proses Lumpur Aktif

Sedangkan beberapa kelemahan dari proses pengolahan limbah cair dengan sistem RBC antara lain yakni :

- a) Pengontrolan jumlah mikroorganisme sulit dilakukan
- b) Sensitif terhadap perubahan temperatur
- c) Kadang – kadang konsentrasi BOD air olahan masih tinggi
- d) Dapat menimbulkan pertumbuhan cacing rambut, kadang – kadang timbul bau yang kurang sedap (Marsono, 1997).

4. Proses Aerasi Kontak.

Proses Aerasi Kontak merupakan pengembangan dari proses lumpur aktif dan proses biofilter. Pengolahan limbah cair dengan proses aerasi kontak ini terdiri dari dua bagian yakni pengolahan primer dan pengolahan skunder.

a. Pengolahan Primer.

Prinsip kerja pengolahan primer, yakni limbah cair dialirkan melalui saringan kasar (bak screen) untuk menyaring sampah yang berukuran besar seperti sampah daun, kertas, plastik,dll. Setelah melalui screen limbah cair dialirkan kebak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran lainnya. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran.

b. Pengolahan Skunder.

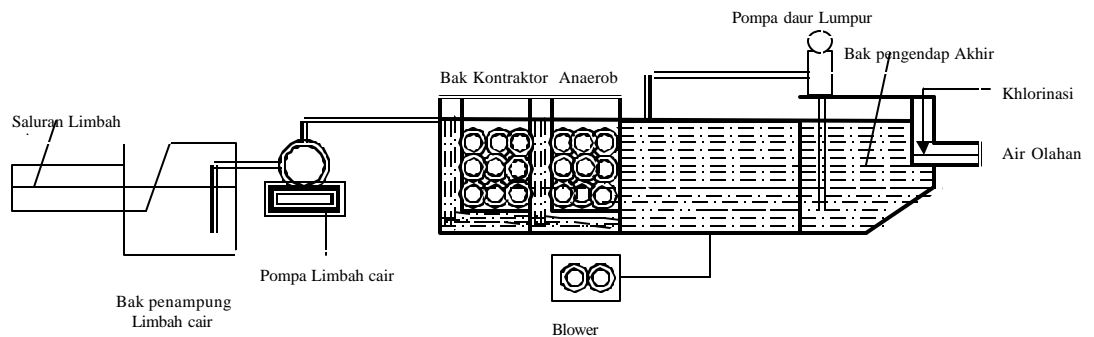
Pengolahan skunder terdiri dari bak kontak anaerob (anoxic) dan bak kontak aerob. Prinsip kerjanya adalah air limpasan dari bak pengendap awal dipompa dan dialirkan ke bak penenang, kemudian dari bak penenang limbah cair mengalir ke bak kontak anaerob dengan arah aliran dari bawah ke atas (up flow). Dalam bak kontak anaerob tersebut diisi media dari bahan plastik, krikil/batu split. Bak kontak anaerob bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang diolah.

Air limpasan dari bak kontak anaerob dialirkan ke bak aerasi. Didalam bak aerasi ini diisi dengan media dari bahan plastik (polyethylene), batu apung atau bahan serat, sambil diaerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik yang ada dalam limbah cair serta tumbuh dan menempel pada permukaan media.

Dengan demikian limbah cair akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik. Proses ini dinamakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*).

Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Didalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet

bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan (over flow) dialirkan ke bak khlorinasi. Didalam bak kontaktor klor ini limbah cair dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisme pathogen. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD,COD) cara ini dapat menurunkan konsentrasi nutrien (nitrogen) yang ada dalam limbah cair. Dengan proses ini limbah cair rumah sakit dengan konsentrasi BOD 250 - 300 mg/Lt dapat diturunkan kadar BOD nya menjadi 20 - 30 mg/Lt. Skema proses pengolahan limbah cair rumah sakit dengan sistem aerasi kontak dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram proses pengolahan limbah cair dengan proses aerasi kontak (Said dan Wahjono,1999).

- c. Keunggulan Proses Aerasi Kontak.
- 1). Pengelolaanya sangat murah.
 - 2). Biaya oprasinya rendah.

- 3). Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan relatif sedikit.
- 4). Dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor yang dapat menyebabkan eutrofikasi.
- 5). Suplai udara untuk aerasi relatif kecil
- 6). Dapat digunakan untuk limbah cair dengan beban BOD yang cukup besar.

5. Proses Biofilter “Up Flow”

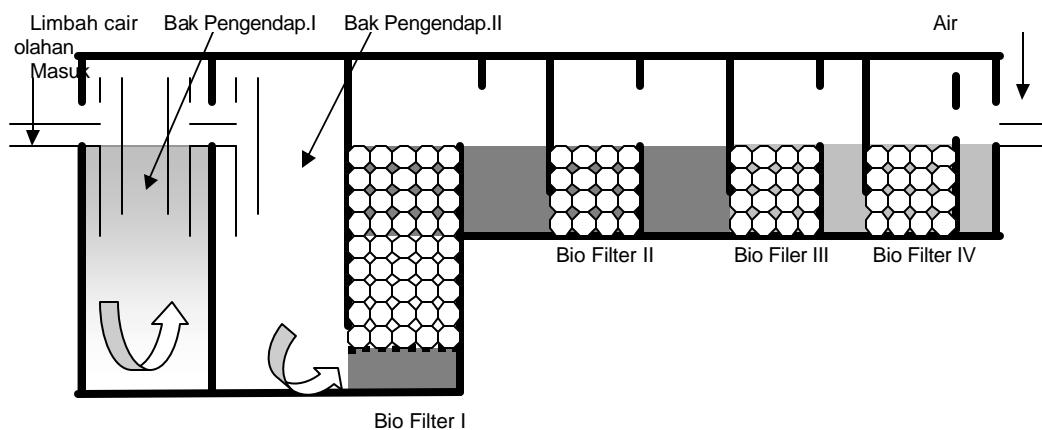
Proses pengolahan limbah dengan Biofilter Up Flow terdiri dari bak pengendap, ditambah dengan beberapa bak biofilter yang diisi dengan media krikil atau batu pecah, plastik atau media lain.

Prinsip kerja dilakukan dengan penguraian zat-zat organik yang ada dalam limbah cair oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Pada proses biofilter up flow terdiri dari dua ruangan, yang pertama berfungsi sebagai bak pengendap pertama, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur sedangkan ruang kedua berfungsi sebagai pengendap kedua dan penampungan lumpur yang tidak terendapkan di bak pertama, air luapan dari pengendap dialirkan ke media filter dengan arah aliran dari bawah keatas.

Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap. Air luapan dari biofilter kemudian dibubuhi dengan klorine

atau kaporit untuk membunuh mikroorganisme patogen, kemudian dibuang langsung ke sungai atau saran umum. Skema proses pengolahan limbah cair dengan biofilter “Up Flow” dapat dilihat pada gambar 6.

DIAGRAM PROSES PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN BIOFILTER ANAEROBIC “UP FLOW”



Gambar 6. Diagram Proses Pengolahan Limbah cair dengan Biofilter Anaerobic Up Flow (Sid dan Wahjono,1999).

Kriteria Perencanaan Biofilter “Up Flow”

- a. Bak biofilter terdiri dari satu ruangan atau lebih.
- b. Media filter terdiri dari krikil atau batu pecah, bahan plastik dengan ukuran diameter rata-rata 20-25 mm, dan ratio volume rongga 0,45,
- c. Tinggi filter (lapisan krikil) 0,9-1,2 meter.
- d. Beban hidrolifilter maksimum $3,4 \text{ M}^3/\text{m}^2/\text{hari}$.
- e. Waktu tinggal dalam filter 6 - 9 jam (didasarkan pada volume rongga filter).

6. Pengolahan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob.

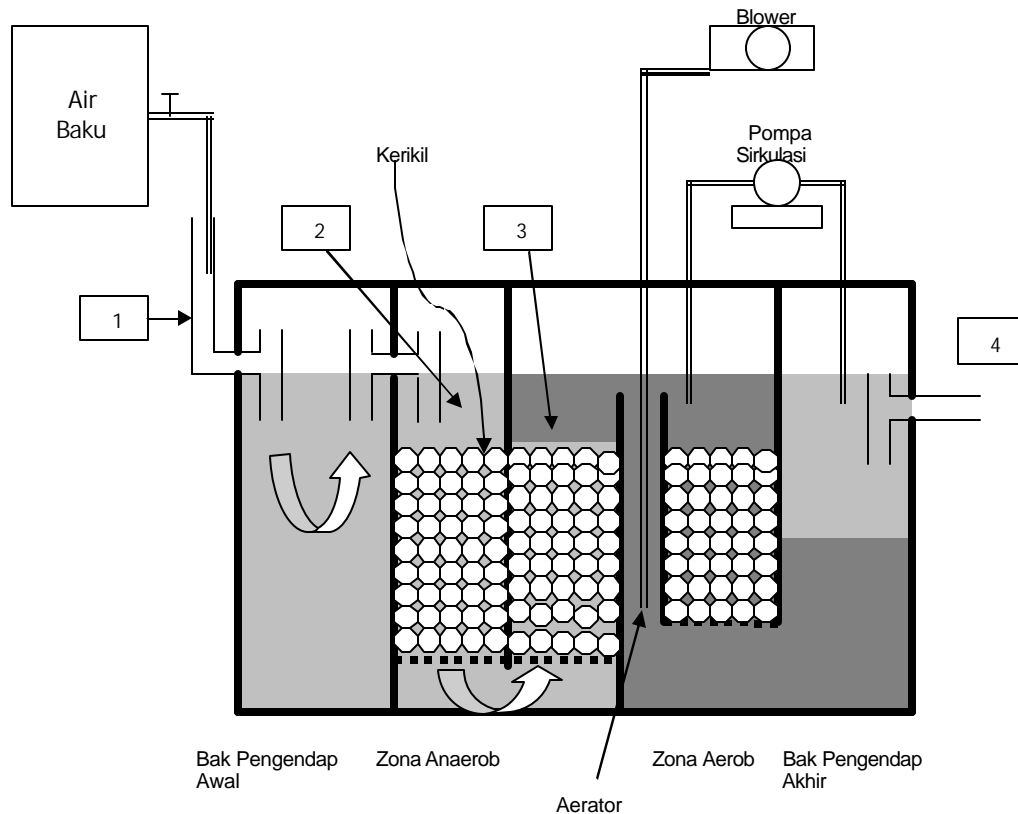
Proses pengolahan biofilter anaerob-aerob merupakan pengembangan dari proses biofilter anaerob dengan proses aerasi kontak. Pengolahan limbah cair dengan proses ini terdiri dari beberapa bagian yakni bak pengendap awal, biofilter anaerob (anoxic), biofilter aerob, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontaklor khlor.

Prinsip kerja, air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak kontaklor anaerob dengan arah aliran dari atas kebawah dan dari bawah ke atas. Di dalam bak kontaklor anaerob tersebut diisi dengan media dari bahan plastik atau krikil/ batu split. Jumlah bak kontaklor anaerob ini dapat dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam limbah cair dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari oprasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap.

Air limpasan dari bak kontaklor anaerob dialirkan ke bak kontaklor aerob. Didalam bak kontaklor aerob ini diisi dengan media krikil, plastik (*polyethylene*), batu apung atau bahan serat, sambil diaerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang dalam limbah cair serta

tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian limbah cair akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Proses ini sering dinamakan aerasi kontak (*contact aeration*).

Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendapa akhir. Didalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali kebagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan (over flow) dialirkan ke bak khlorinasi. Di dalam bak kontaktor khlor ini limbah cair dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang kesungai atau saluran umum. Dengan kombinsi proses anaerob dan aerob tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD, COD), amonia, deterjen, padatan tersuspensi (SS), phospat dan lainnya. Skema proses pengolahan limbah cair dengan sistem anaerob dan aerob dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram Pengolahan Sistem Biofilter Anaerob – Aerob (Said dan Wahjono,1999).

Keuntungan Proses Biofilter” Anaerob- Aerob.

- a. Dapat mengurangi konsentrasi BOD dan COD, padatan tersuspensi (SS), deterjen (MBAS), amonium dan posphor.
- b. Sistem biofilter ini sangat sederhana, oprasinya mudah, tanpa memakai bahan kimia serta tanpa membutuhkan energi.
- c. Proses ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair dengan beban organik yang cukup besar.

E. FILTRASI

1. Konsep Dasar Filtrasi

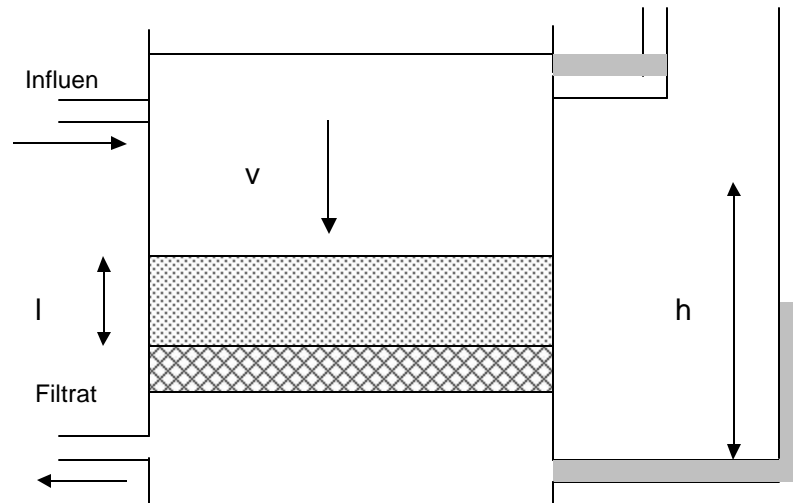
a. Proses dan Hidrolika Filtrasi

Ada tiga fenomena pada filtrasi dengan media berbutir, yaitu ;

- 1) Transportasi : meliputi proses gerak Brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
- 2) Kemampuan menempel : meliputi proses mechanical straining, adsorpsi (fisik dan kimia), biologis.
- 3) Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

Tahanan atau gesekan aliran suatu cairan melalui media berpori adalah analog dengan aliran melalui pipa kecil dan tahanan yang ditimbulkan oleh suatu fluida terhadap partikel yang mengendap.

Rumus atau formula dasar dari hidrolika filtrasi beranggapan (berasumsi) pada suatu bed (media) merujuk pada skema filter dalam gambar 8.



Gambar 8. Skema Filter (saringan pasir), Wisjnuprpto dan Mohajit, (1992).

Formula yang paling awal menurut Darcy (Wisjnuprpto dan Mohajit, 1992) adalah :

$$\frac{h}{l} = \frac{v}{k}$$

dalam hal ini :
 h = kehilangan tekanan air pada bed
 v = kecepatan filtrasi
 l = tebal bed
 k = koefisien permeabilitas.

Rose menggunakan analisis dimensional untuk mengembangkan persamaan dibawah ini:

$$\frac{h}{l} = 1.067 C D \frac{V^2}{g d} \times \frac{1}{f^4}$$

dalam hal ini $f =$ porositas bed $= \frac{\text{volume rongga}}{\text{volume total}}$

d = diameter karakteristik partikel bed.
 ϕ = factor spheres (bentuk).
 C_D = koefisien seret Newton.

b. Media Filter dan Jenis Filtrasi (Marsono, 1998).

Efektif size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat.

Uniformity coefficient (UC) atau koefisien keseragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60% fraksi berat terhadap ukuran size $UC = D_{60} / D_{10}$

Kriteria untuk keperluan filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah :

Pasir $UC = 13 - 17$, $ES = 0.45 - 0.7$ mm

Untuk dual media

Antrasit $UC = 1.4 - 1.9$, $ES = 0.5 - 0.7$

c. Jenis Media

Jenis media filter meliputi pasir, silika, antrasit / batubara, magnetite, karbon aktif.

Kriteria pemilihan media filter berdasarkan :

- 1) bentuk butiran : kasar , halus
- 2) Porositas dan densitas

- 3) Rusak karena asam
- 4) friability : tidak pecah menjadi ukuran kecil selama *backwashing*

d. Jenis Filter

- 1) Jenis Filter berdasarkan kecepatan

Filter cepat;

- a) Biasanya didahului koagulasi flokulasi
- b) Kotoran ditampung dikedalaman media filter
- c) Lama operasi filter 12 – 24 jam
- d) Cara pencucian dengan backwash up flow
- e) *Backwash* dilakukan jika *headloss* filtrasi lebih dari 25m
- f) Tidak terjadi proses mikrobiologi (td kecil)
- g) Kecepatan filtrasi 4 – 10 m/jam

Filter Lambat

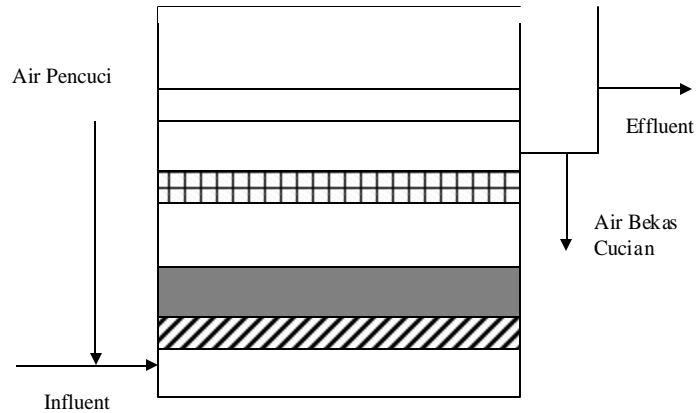
Perbedaan utama filter lambat dengan filter cepat menyangkut kecepatan, proses biokimia, dan sistem pencucian.

Ciri – ciri filter lambat

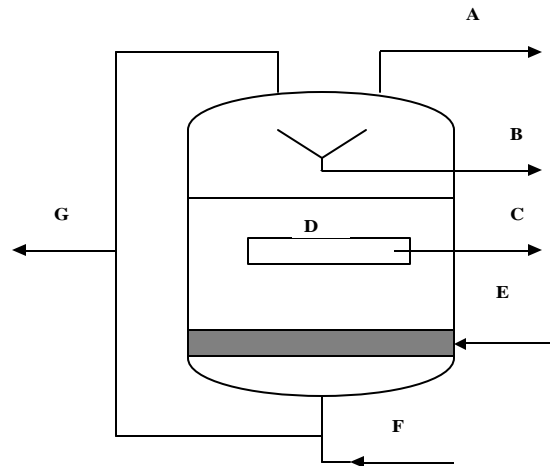
- a) Kecepatan filtrasi $0.1 - 0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ jam}$
- b) Periode pencucian 1 – 3 bulan dengan cara mencuci media bagian atas (50 – 80 mm) diluar bak filter
- c) Kedalaman media pasir 0.7 m
- d) Media pasir mempunyai $ES = 0.15 - 0.35$, $UC = 2 - 3$
- e) Ketebalan air/supernatant = 0.7 – 1 m

2) Jenis Filter berdasarkan Arah Aliran

Berdasarkan arah aliran meliputi down flow, upflow, horizontal flow dan biflow. Filter dengan aliran upflow dan biflow dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Filter Aliran Biflow, Marsono (1998)



Gambar 10. Filter dengan Aliran Upflow, Marsono (1998)

Keterangan : A outlet udara, B outlet backwash, C Efluen, D Collector

Inlet Udara, F inlet backwash dan G Influent

2. Modifikasi Media Filter.

a. Filter satu media (*Coarse Single Media Filtration*)

- 1) Media tersusun dengan sistem filter cepat.
- 2) Diameter media pasir : 0,45 – 0,55 m
- 3) ES : 0,45 – 0,55
- 4) UC : 1,5

b. Filter Dual Media :

- 1) Jenis media yang digunakan : antrasit bagian atas dan pasir bawahnya
- 2) Keuntungan filter dual media adalah :
 - a). Mampu menampung flok lebih dalam
 - b). Penetrasi kotoran flok lebih dalam
 - c). Media tersusun dari butiran besar – kecil – besar, yang dapat dipertahankan setelah dilakukan backwash
- 3). Ada kemungkinan setelah backwash media filter mengalami tercampur (intermixing) atau tetap terpisah.
- 4). Dengan memanfaatkan densitas antrasit yang lebih ringan kita dapat memilih diameter yang lebih besar dan terletak dibagian atas, ukuran ES lebih besar sehingga kapasitas dan efisiensi lebih dapat ditingkatkan.

3. Filter tiga media (triple media)

Media yang digunakan meliputi Antrasit, pasir silica dan granet.

4. Flotofilter

Pada flotofilter digunakan butiran media sintesis dari bahan polypropylene sebagai media kasar dan polystyrene sebagai media halus. Kedua jenis media tersebut mempunyai densitas lebih kecil dari pada air sehingga akan mengapung di air. Polypropylene akan berada di bagian bawah karena densitasnya lebih besar. Arah aliran untuk jenis filter adalah upflow untuk mencegah keluarnya media dari bak dipasang kasa dibagian atas bak.

Keuntungan jenis ini adalah diperlukan sistem *underdrain* yang lebih sederhana diperlukan energi lebih rendah sewaktu *back wash*, sehingga akan menghemat air.

F. Parameter Limbah cair

1. Suspended Solid (SS)

Total suspended solid merupakan salah satu parameter fisik yang penting untuk dianalisis karena dapat mempengaruhi sifat fisik kimia perairan, keberadaannya berkaitan langsung dengan tingginya tingkat kekeruhan.

Dalam limbah cair terdapat dua kelompok zat, yaitu zat terlarut dan zat padat tersuspensi. Zat padat dalam bentuk suspensi menurut ukurannya dibedakan menjadi partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (tersuspensi). Zat padat koloidal

dan zat padat tersuspensi dapat bersifat anorganis seperti tanah liat, pasir dan organis seperti protein dan sisa makanan. Di dalam limbah cair jenis partikel koloid merupakan penyebab kekeruhan dan partikel-partikel ini secara visual tidak dapat dilihat. Tingginya kadar bahan yang tersuspensi di dalam limbah cair akan meningkatkan kekeruhan limbah. Oleh sebab itu kekeruhan dan padatan tersuspensi mempunyai kaitan yang erat dan saling mempengaruhi satu dengan yang lain. Zat padat tersuspensi dapat diklasifikasikan menjadi zat padat terendap, yaitu zat padat dalam bentuk suspensi yang bila keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh beratnya (Manik,2003)

2. Biological Oxygen Demand (BOD).

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik secara biologis di dalam air. BOD merupakan ukuran tak langsung dari zat organik dalam limbah. Adanya bahan organik dalam limbah secara alamiah akan mengalami penguraian karena adanya aktivitas bakteri. Aktivitas ini akan menghabiskan sejumlah oksigen, semakin banyak zat organik yang terkandung dalam limbah cair maka kebutuhan oksigen akan tinggi pula, sehingga oksigen terlarut dalam limbah cair akan semakin rendah bahkan dapat habis sama sekali. Apabila kebutuhan oksigen tidak seimbang dengan persediaan yang ada dalam limbah cair dan bila hal tersebut terjadi, maka kegiatan akan dilanjutkan oleh bakteri

anaerobic yang dapat menimbulkan bau busuk dan menghasilkan gas methan 60 – 70 %. (Betty dan Winiati 1995).

Pada umumnya air alam mengandung mikroorganisme yang dapat memakan, memecah, menguraikan (mendegradasi) bahan buangan organik. Jumlah mikroorganisme didalam air lingkungan tergantung pada tingkat kebersihan air. Air yang bersih (jernih) biasanya mengandung mikroorganisme yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan air yang telah tercemar oleh bahan buangan. Air lingkungan yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat antiseptik atau bersifat racun, seperti phenol, kreolin, deterjen, asam sianida, insektisida, dan sebagainya, jumlah mikroorganisme juga relatif sedikit. Untuk keadaan seperti ini perlu penambahan mikroorganisme yang telah menyesuaikan (beradaptasi) dengan bahan buangan tersebut. Mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk memecah bahan buangan organik sering disebut dengan *bakteri aerobik*. Sedangkan mikroorganisme yang tidak memerlukan oksigen, disebut dengan *bakteri anaerobic* (Wardana, 1995).

Limbah cair banyak mengandung senyawa organik yang dapat diuraikan oleh beberapa mikroorganisme terutama mikroorganisme yang terdapat dilingkungan. Mikroorganisme dalam air menggunakan bahan-bahan organik yang ada untuk memenuhi kebutuhan pernafasannya. Sebagai hasil metabolisme secara keseluruhan, banyak sisa-sisa bahan organik yang ada diubah menjadi

amonias, karbondioksida, nitrat dan jumlah mikroorganisme meningkat. Makin banyak sisa-sisa bahan organik yang ada, maka lebih banyak pula mikroorganisme yang akan berkembang biak.

3. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh kalium bichromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion chrom. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.

Air yang telah tercemar limbah organik sebelum reaksi oksidasi berwarna kuning dan setelah reaksi oksidasi berwarna hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap limbah organik seimbang dengan jumlah kalium bichromat yang digunakan pada reaksi oksidasi. Makin banyak kalium bichromat yang digunakan pada reaksi oksidasi, berarti makin banyak oksigen yang diperlukan.

Uji COD adalah suatu pembakaran kimia secara basah, dari bahan organik dalam sampel. Larutan asam dikromat ($K_2Cr_2O_7$) digunakan untuk mengoksidasi bahan organik pada suhu tinggi. Uji COD merupakan analisis kimia, uji ini mengukur senyawa-senyawa organik yang tidak dipecahkan seperti pelarut pembersih sedangkan bahan yang dapat dipecah secara biologis diukur dalam uji BOD.

Analisis BOD dan COD dari suatu limbah akan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji pengukur bahan yang berbeda. Nilai nilai COD lebih tinggi dari nilai BOD. Perbedaan antara kedua nilai disebabkan oleh banyak faktor seperti bahan kimia yang tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak terhadap oksidasi kimia, seperti lignin. Bahan kimia yang dapat di oksidasi secara kimia dan peka terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak dalam uji BOD 5 hari, misalnya lemak berantai panjang, sel-sel mikroba dan adanya bahan toksik dalam limbah yang akan mengganggu uji BOD dan COD suatu limbah akan terjadi selama pengolahan limbah. (Betty dan Winiati, 1995).

4.Detergen (MBAS) (Dep.Industri,1995)

Detergen adalah suatu bahan bentuk serbuk atau semi padat (cream) dan padat yang dibuat dari bahan pembersih sintetik dengan tambahan zat lain yang digunakan dalam proses pencucian. Pada dasarnya jenis detergen dapat dibagi sebagai detergen nonionik dan detergent ionik.

a. Komposisi Detergen.

Detergen memiliki kemampuan berbusa yang sangat tinggi, karena mengandung organik aktif sebesar 10-30 %. Adapun komposisi detergent menurut sebagai berikut:

- 1) Amide foam stabilizer 3-6%.
- 2) Bahan-bahan polyfosfate untuk pemisah 25-40%

- 3) Silikat untuk pelindung terhadap korosif 5-7%.
- 4) Natrium sulfat untuk pelarut 15-25%.
- 5) Karboksimetil selulosa untuk mensuspensir tanah atau debu 0,5-1%.
- 6) Air 6-15%.
- 7) Sedikit zat warna dan wewangian.

b. Sifat-sifat Detergen.

Detergen mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- 1) Pada permukaan cair dan gas, detergen dapat membentuk busa yang stabil.
- 2) Pada permukaan cair dan cair, detergen dapat membentuk emulsi yang stabil.
- 3) Pada permukaan yang padat lebih cepat terjadi proses pembasahan bila dibandingkan dengan proses pembasahan tanpa detergen.
- 4) Larutan detergen dapat melarutkan sejumlah materi yang tidak larut dalam air dan sebaliknya tidak terurai dalam pengolahan air minum.

c. Mekanisme Kerja Detergen.

- 1) Penurunan Tegangan Permukaan.

Yang dimaksud dengan penurunan tegangan permukaan ditujukan pada batas antara cairan dan udara yang lebih

diarahkan pada dua media yang tidak tercampur baik berupa cair maupun padat.

2) Adsorpsi

Dalam proses ini terdapat dua jenis adsorpsi yaitu positif dan negatif. Adsorpsi positif terjadi bila tegangan permukaan suatu larutan air lebih rendah dari tegangan permukaan air murni, sedangkan adsorpsi negatif adalah bila tegangan permukaan larutan lebih tinggi dari tegangan permukaan air murni.

3) Daya Pemisah.

Ion negatif (anion) dapat dianggap sebagai gugus hidrofobik (menolak air) dan gugus hidrofilik (bercampur dengan air) misalnya ikatan-ikatan alkil aril sulfonat.

G. Dampak Negatif Limbah cair.

Limbah cair yang dibuang tanpa pengolahan dapat berakibat buruk terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup manusia. Beberapa dampak negatif pembuangan limbah cair.

1. Dampak terhadap kesehatan.

Limbah cair sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia karena dapat menjadi media pembawa penyakit. dan juga banyak mengandung bakteri patogen. Limbah cair yang mengandung mikroorganisme dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis penyakit penyebab infeksi dan cara penularan berbagai macam penyakit menular yang ditimbulkan oleh limbah cair

No	Jenis penyakit	Penyebab infeksi dan reservoir	Cara penularan
1.	Amoebiasis (penyakit usus).	Entamoeba Histolitica,proto yang dikeluarkan bersama tinja.	Air,tangan ke mulut,sayur-sayuran,buah-buahan yang terkontaminasi,lalat dan tangan yang kotor dari food handler.
2.	Asoraiasis (penyakit usus).	Ascaris lumbricoides,cacing gelang yang keluar bersama tinja.	Penularan langsung dan tidak langsung dari telur-telur cacing,infeksi dari tanah kemulut, juga penularan melalui debu.
3.	Cholera (penyakit sistemic yang akut).	Vibrio cholera, bakteri yang keluar bersama tinja dan air muntahan.	Air makanan yang terkontaminasi lalat dan tanah.
4.	Hookworrn/cacing tambang (infeksi saluran pencernaan oleh cacing tambang dengan pengisian darah).	Nacator amiricanus dan acylostoma duodenale,cacing dikeluarkan bersama tinja dari orang yang menderita.	Larva pada tanah lembab masuk melalui kulit, biasanya kulit kaki.
5.	Leptospirosis (infeksi sistemic yang akut).	Leptospira icerohae orrhagiae, keluar bersama air kencing binatang (sapi,anjing,tikus, dan babi)yg sakit.	Kontak dengan air,lumpur,dan tanah yang terkontaminasi oleh kencing binatang-binatang tersebut.
7.	Strongyloidiasis (penyakit infeksi dari saluran pencernaan).	Strongyloides stercoralis.	Larva pada tanah lembab masuk melalui kulit kaki.
8.	Tetanus (penyakit akut yang mematikan karena toksin basil tetanus).	Clostridium tetani, basil dikeluarkan oleh hewan, khususnya kuda yang tahan lama ditanah.	Spora dari tanah,jalan,d debu, tinja manusia dan hewan,masuk ketubuh melalui luka pada kecelakaan.
9.	Trichuriasis (penyakit infeksi pada usus besar).	Tricuris-tricura,cacing keluar bersama tinja orang sakit.	Telur masuk lewat mulut dari tanah yang terkontaminasi.
10.	Typoid fever(penyakit enteritis)	Salmonella typhi,basil keluar bersama tinja dan air kencing orang sakit.	Air dan makanan sebagai vehicles,tanaman sayuran yang juga lalat.

Sumber: Djabu (1991).

Dampak limbah rumah sakit terhadap kesehatan masyarakat antara lain:

a. Dampak limbah infeksius dan benda tajam.

Untuk infeksi virus yang serius seperti HIV/AIDS serta hepatitis B dan C, tenaga kesehatan terutama perawat merupakan kelompok yang berisiko paling besar untuk terkena infeksi melalui cedera akibat benda tajam yang terkontaminasi jarum suntik. Dikalangan pasien dan masyarakat, risiko terkena infeksi tersebut jauh lebih rendah. Namun beberapa infeksi yang menyebar melalui media lain atau disebabkan oleh agent yang lebih resisten dapat menimbulkan risiko yang bermakna pada masyarakat dan pasien RS.

b. Dampak limbah kimia dan farmasi

Walaupun belum ada data ilmiah mengenai insiden kesakitan yang lazim terjadi akibat limbah kimia maupun farmasi yang berasal dari rumah sakit, banyak contoh yang dapat diajukan mengenai kasus intoksikasi massal yang disebabkan oleh limbah kimia. Selain itu, banyak kasus cedera atau intoksikasi yang terjadi akibat penanganan zat kimia atau farmasi secara tidak tepat diinstansi pelayanan kesehatan. Risiko yang dapat ditimbulkan adalah penyakit pernafasan, kulit, akibat terpajan zat yang berwujud uap, aerosol, atau cairan.

c. Dampak limbah genotoksik.

Limbah genotoksik mencakup obat-obatan sitostatik tertentu, muntahan, urine, atau tinja pasien yang diterapi dengan obat-obatan sitostatik, zat kimia maupun radioaktif.

Hasil studi yang dilakukan di Firlandia menunjukkan adanya korelasi yang signifikan diantara kasus keguguran selama trimesterpertama kehamilan dan pajanan okupasinal pada obat-obatan antineoplastik.

Banyak artikel ilmiah yang memuat laporan penelitian tentang bahaya kesehatan yang mungkin terjadi berkaitan dengan penanganan obat-obatan antineoplastik. Potensi bahaya tersebut muncul dalam bentuk peningkatan kadar senyawa mutagenik di dalam urine pekerja yang terpajan dan meningkatnya risiko abortus.

d. Dampak limbah radioaktif.

Beberapa kecelakaan yang terjadi akibat pembuangan zat radiokatif secara tidak tepat. Konsekwensinya, banyak individu yang menderita akibat terpajan zat tersebut.

Di Brazil, salah satu kasus mengenai dampak kanker terhadap penduduk yang dihubungkan dengan pajanan terhadap limbah radioaktif dari rumah sakit sudah dikaji dan didokumentasikan dengan lengkap. Sekitar 249 orang terpajan dan diantaranya meninggal atau mengalami masalah kesehatan yang serius.

2. Dampak limbah cair terhadap lingkungan.

a. Limbah cair dan kehidupan vektor.

Limbah cair yang dibuang ke lingkungan (tanah dan badan air) banyak menimbulkan masalah vektor. Comberan yang terdapat di dekat rumah tangga sangat cocok untuk bersarang dan berkembang biaknya lalat dan nyamuk. Tikus juga menyenangi tempat-tempat tersebut untuk mencari makanannya. Limbah cair yang tergenang di parit, kolam, dan badan air yang lain juga merupakan sarang maupun berkembang biaknya beberapa jenis nyamuk. Limbah cair yang berhubungan dengan kehidupan vektor disebut "Water related vektor". Penyakit-penyakit yang termasuk dalam grup ini adalah yellow fever, dengue hemorrhagic fever, arbovirosis encephalitis, bancroftian filariasis, malaria (vektornya oleh nyamuk), onchocerciasis

b. Pencemaran air dan tanah oleh limbah.

Limbah cair yang dibuang/dialirkan ke badan air akan mencemari badan air tersebut. Bahan pencemar yang ada di dalamnya akan mengalami penyebaran (dispersi) dan pengenceran (dilution) dan bersifat *reactive* dengan adsorpsi, reaksi atau penghancuran biologis.

Karena peristiwa inilah maka penyebaran pencemaran akan cepat terjadi dan badan air yang tercemar limbah cair tersebut akan menurun kualitasnya. Namun bila tidak ada sumber pencemaran

baru yang masuk kedalam badan air penampung, maka makin lama akan mengalami *self purification* didalam perjalanannya karena faktor-faktor pengenceran, suhu, kecepatan aliran, angin, kemampuan absorpsi, kemampuan fotosintesis dan lain-lain.

Bakteri didalam efluen, berkurang karena dilusi dan kondisi lingkungan yang tidak cocok. Limbah cair yang mencemari tanah, dalam perjalanannya akan mengalami peristiwa fisik, mekanik, kimia dan biologi. Peristiwa fisik mekanik yang terjadi karena adanya distribusi lautan yang mengalir melalui pori-pori tanah yang tidak seragam, sehingga terjadi efek penahanan oleh zat-zat padat (pelapisan) dan pengendapan partikel-partikel padat karena gaya berat. Peristiwa kimia terjadi penyebaran molekuler yang dihasilkan dari potensi kimia. Peristiwa biologis terjadi pada bahan pencemar organik yang diuraikan oleh bakteri pembusuk.

c. Pengaruh limbah cair terhadap ekosistem.

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem terbentuk oleh komponen hidup dan tak hidup disuatu tempat yang berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang teratur. Keteraturan itu terjadi setelah adanya arus materi dan energi yang terkendalikannya oleh arus informasi atau komponen dalam ekosistem itu. Masing-masing komponen itu mempunyai fungsi selama masing-masing komponen itu melakukan fungsinya

dan bekerja sama dengan baik, keteraturan ekosistem itupun terjaga dan ada dalam suatu keseimbangan tertentu yang dinamis.

Badan air merupakan ekosistem yang terdiri atas ikan, tumbuhan air dan plankton yang terapung dan melayang dalam dalam air sebagai komponen makhluk hidup, pasir, air, mineral dan oksigen yang terlarut dalam air sebagai komponen tak hidup. Kita lihat adanya keteraturan dalam ekosistem badan air itu. Apabila industri membuang limbah cair ke badan air dengan kualitas yang rendah, maka kadar oksigen akan menurun karena digunakan oleh bakteri untuk proses penguraian. Berkurangnya oksigen menimbulkan gangguan pada ikan dan berakibat menurunnya produksi ikan. Para nelayan terganggu mata pencahariannya yang berakibat muncul pengangguran akibat kehilangan mata pencaharian. Akibat lebih lanjut adalah pada sosial ekonomi masyarakat, apabila suatu industri membuang limbah cair yang kaya akan nutrient nitrogen/phosphorus akan berakibat mengganggu keseimbangan *aquatic food chain*.

4. Dampak terhadap sosial ekonomi.

Dampak limbah cair terhadap aspek ekonomi, dapat ditemukan manakala akibat yang ditimbulkan oleh suatu perusahaan atau industri merusak mata pencaharian suatu kelompok masyarakat tertentu. Selain itu penanganan limbah cair perlu dilakukan secara baik, sehingga diperlukan biaya tambahan untuk pengolahannya agar

proses pembuangannya tidak membahayakan lingkungan dan masyarakat sekitar.

5. Dampak terhadap kehidupan biotik.

Limbah cair banyak mengandung senyawa organik yang terdapat di lingkungan. Organisme tersebut memetabolisme senyawa organik melalui reaksi oksidasi dengan menggunakan oksigen sebagai yang terlarut dalam air karena oksigen mempunyai kelarutan lebih kecil maka dengan cepat dikonsumsi yang akhirnya menyebabkan air kekurangan oksigen dan lingkungan menjadi anaerobik. Begitu oksigen habis, maka beberapa organisme yang hidupnya menggunakan oksigen seperti ikan dan bakteri aerobik akan mati.

6. Dampak terhadap keindahan (Estetika).

Dampak estetis yang ditimbulkan adalah limbah cair yang tidak diolah dengan baik dapat menimbulkan pemandangan yang kurang indah, dan dapat menimbulkan bau yang kurang enak.

7. Dampak terhadap kerusakan benda.

Limbah cair yang mengandung karbondioksida yang agresif akan mempercepat proses terjadinya karat pada benda yang terbuat dari besi serta bangunan lainnya.

Lemak merupakan bagian dari komponen limbah cair mempunyai sifat menggumpal pada suhu air normal, akan berubah menjadi cair apabila berada pada suhu panas. Lemak yang dibuang pada saluran limbah akan menumpuk secara kumulatif karena mengalami pendinginan dan

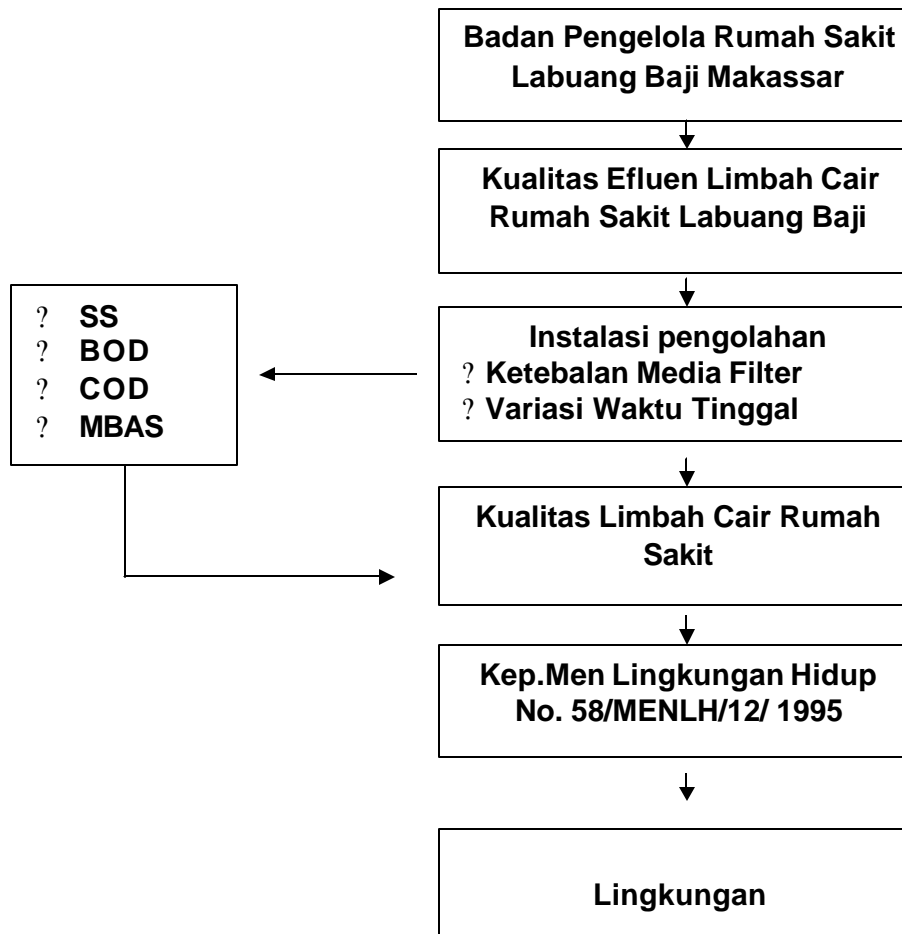
akan menempel pada dinding saluran limbah cair yang pada akhirnya akan menyumbat aliran limbah cair. Selain penyumbatan juga terjadi kerusakan pada tempat dimana lemak tersebut menempel yang mengakibatkan timbulnya kebocoran pada saluran pembuangan limbah (Sugiarto,1987).

H. Kerangka Pikir.

Rumah sakit adalah sarana kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan serta dapat berfungsi sebagai tempat pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian. Disisi lain rumah sakit dapat menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia baik limbah padat, cair maupun gas.

Kualitas limbah cair Badan Pengelola Rumah Sakit Labuang Baji Makassar, untuk kadar SS 97,1mg/L sebelum diolah, BOD berkisar antara 110,16 mg/L – 111,34 mg/L, dan kadar COD antara 249,58 – 250,64 mg/L, sedangkan baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit berdasarkan Kep. 58/MENLH/12/1995, kadar maksimum SS = 30 mg/L, BOD = 30 mg/L, dan COD = 80 mg/L, dengan demikian kadar SS, BOD dan COD limbah cair rumah sakit Labuang Baji Makassar melewati kadar maksimum baku mutu limbah cair rumah sakit yang telah ditetapkan. Sementara data untuk MBAS belum tersedia.

Berkaitan dengan hal di atas maka perlu dilakukan pengolahan limbah cair dengan proses aerobik menggunakan media filter serpihan plastik serta variasi waktu tinggal untuk menurunkan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS agar diperoleh kualitas efluen limbah cair sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga kualitas efluen limbah cair aman untuk dibuang ke lingkungan. Skema kerangka pikir secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini :



Gambar 11. Kerangka pikir

I. Definisi Operasional.

1. Limbah cair Rumah Sakit Labuang Baji adalah semua limbah cair yang berasal di ruang perawatan, ruang poliklinik, laboratorium, laundry, ruang kebidanan, dapur, dan unit lainnya yang berada dalam rumah sakit yang terkumpul dalam satu unit pengolahan.
2. Efektifitas media filter adalah kemampuan dalam mengelola limbah cair rumah sakit agar kualitas efluen limbah cairnya sesuai dengan baku mutu limbah cair, sebagaimana yang ditetapkan dalam Kep-58/MENLH/12 tahun 1995.
3. Kualitas efluen limbah cair adalah suatu nilai yang menyatakan besarnya kadar suatu zat di dalam limbah cair setelah diolah, dengan parameter SS, BOD, COD, dan MBAS.
4. Waktu tinggal adalah waktu alir air limbah yang diperlukan selama kontak dengan media filter, yaitu 6 jam, 12 jam, dan 18 jam selama proses pengolahan.
5. SS adalah banyaknya kadar padatan tersuspensi yang terkandung dalam limbah cair Rumah Sakit Labuang Baji yang pengukurannya menggunakan metode Gravimetri.
6. BOD₅ adalah banyaknya oksigen dalam mg/L yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik secara biologis dalam limbah cair dengan waktu lima hari pada suhu 20 °C, yang pengukurannya menggunakan Metode Titrimetrik Winkler.

7. COD adalah jumlah oksigen dalam mg/L yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik secara kimiawi dalam limbah yang pengukurannya menggunakan Metode Kalium dikromat.
8. MBAS adalah banyaknya kadar MBAS yang terkandung dalam limbah cair Rumah Sakit Labuang Baji yang pengukurannya menggunakan Metode Metilen biru.

J. Hipotesis

1. Ketebalan media filter efektif terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS.
2. Variasi waktu tinggal efektif terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS.
3. Interaksi antara ketebalan media filter dan waktu tinggal efektif terhadap penurunan kadar SS, BOD, COD, dan MBAS.