

ANALISA SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK KOTA MEDAN  
(STUDI KASUS)

SKRIPSI

Oleh :

RONNY GULTOM  
09.811.0004



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
FAKULTAS TEKNIK  
MEDAN  
2017

ANALISA SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK KOTA MEDAN  
(STUDI KASUS)

Disusun oleh :

RONNY GULTOM

09.811.0004

Disetujui :

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Ir. H. Edy Hermanto, MT)

(Ir. Nuril mahda Rkt, MT)

Diketahui :

Dekan,

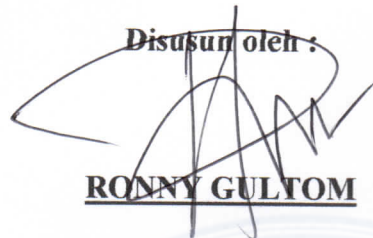
Ka. Program Sipil,

(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc)

(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

**ANALISA SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK KOTA MEDAN  
(STUDI KASUS)**

Disusun oleh :



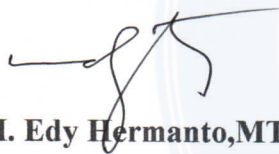
**RONNY GULTOM**

09.811.0004

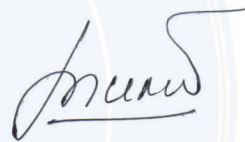
Disetujui :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



(Ir. H. Edy Hermanto, MT)



(Ir. Nuril mahda Rkt, MT)

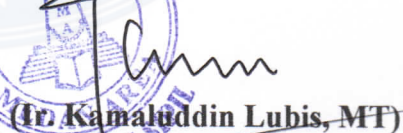
Diketahui :

Dekan,

Ka Program Sipil,



(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc)



(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi – saksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan,

2017



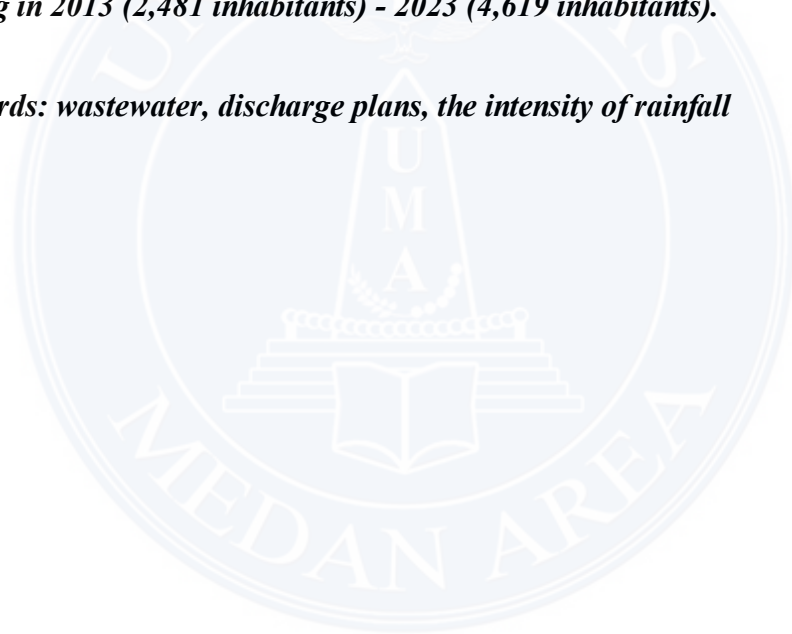
Ronny Gultom



## **ABSTRACT**

*The Humans and the living things need the water. The water is life material on the earth. Plants and the Animals also need water so water is one of a souch of life. Komplek Cemara Asri is one of largest and widest in the area of Deli Serdang, an increasing growing population by the improvement of environmental quality and adequate sanitation. For to support necessary the evaluation of the quality of wastewater and distribution planning wastewater. The processing in used in Komplek Cemara Asri is the process of sedimentation, biological processes, chemical processes and advanced processes. Distribution system used is a separate distribution system where the discharge of wastewater separated by the discharge of rain water. From the results of studies and observations of wastewater treatment in the Kompleks Cemara Asri of get a conclusion for Kompleks Cemara Asri wastewater treatment plant generates wastewater beautiful fir 50% - 80% of the results of the use of water is equal to 55 683 liters per day. To estimate population growth over the next 10 years is equal to 2,138 starting in 2013 (2,481 inhabitants) - 2023 (4,619 inhabitants).*

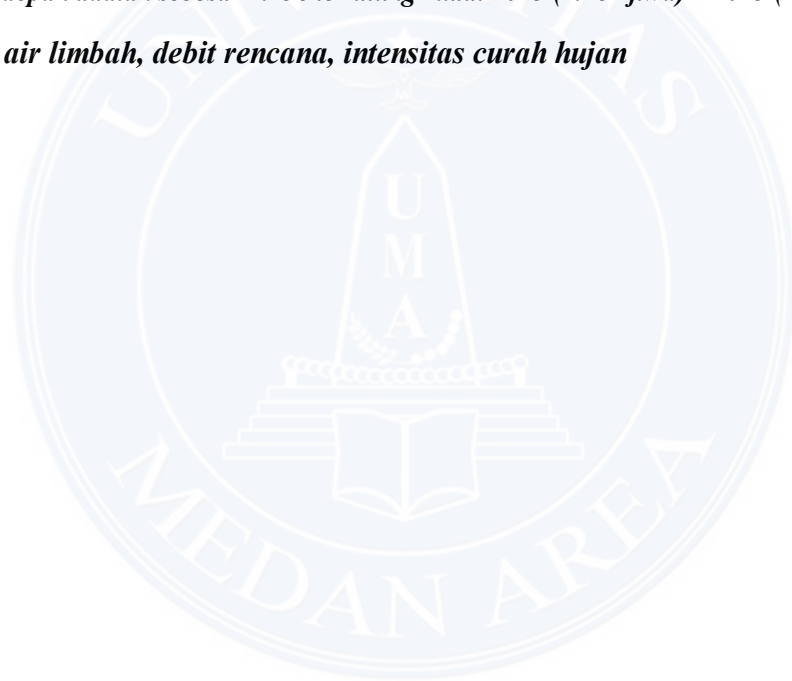
**Keywords:** *wastewater, discharge plans, the intensity of rainfall*



## **ABSTRAK**

*Manusia dan semua makhluk hidup membutuhkan air. Air merupakan material kehidupan yang terjadi di bumi. Begitu juga dengan tumbuh – tumbuhan dan binatang juga membutuhkan air jadi air merupakan salah satu sumber kehidupan. Komplek Cemara Asri merupakan salah satu kompleks terbesar dan terluas di daerah Deli Serdang, dan peningkatan pertumbuhan populasi dengan peningkatan kualitas lingkungan dan sanitas yang memadai. Untuk mendukung diperlukan evaluasi kualitas air limbah dan perencanaan distribusi air limbah. Proses pengolahan yang digunakan untuk komplek Cemara Asri adalah proses pengendapan, proses biologis, proses kimiawi dan proses lanjutan. Sistem penyaluran yang digunakan adalah sistem penyaluran terpisah dimana debit air limbah dipisah dengan debit air hujan. Dari hasil studi dan pengamatan terhadap pengolahan air limbah di komplek cemara asri maka di dapatkan kesimpulan untuk instalasi pengolahan air limbah komplek cemara asri menghasilkan air buangan 50% - 80% dari hasil pemakaian air bersih yaitu sebesar 55.683 liter orang per hari. Untuk perkiraan penambahan penduduk selama 10 tahun kedepan adalah sebesar 2.138 terhitung mulai 2013 (2.481 jiwa) – 2023 (4.619 jiwa).*

*Kunci: air limbah, debit rencana, intensitas curah hujan*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya sampaikan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat-Nya memberikan pengetahuan, kesehatan, dan kesempatan kepada penulis, sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Skripsi ini berjudul **“Analisa Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Kota Medan (studi kasus)”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk menempuh ujian sarjana Teknik Sipil pada Universitas Medan Area.

Dalam proses penulisan skripsi, penulis banyak menemukan kesulitan, namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa bantuan material, spiritual maupun informasi yang berkaitan dengan penulisan laporan ini, sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik.

Oleh sebab itu, sudah selayaknya penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam mengerjakan dan menyelesaikan laporan ini.

Saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. A. Ya'kub Matondang, MA sebagai Rektor di Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc. Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area (UMA) Medan
3. Bapak Ir. Kamaluddin Iubis, MT sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT sebagai Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Ir. Nuril Mahda Rkt, MT sebagai Dosen Pembimbing II

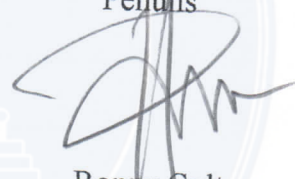
6. Kepada kakanda Trisnawati dan seluruh staf pegawai di Fakultas Teknik Universitas Medan area.
7. Kepada Orang Tua yang mengucapkan rasa terima kasih yang tak terduga. Atas dorongan semangat, maupun materil dan tanpa mereka saya tidak akan pernah berhasil dalam menjalankan karir saya.
8. Kepada teman-teman Teknik Sipil angkatan 09. Terima Kasih atas dukungan, doa dan pertemanannya selama ini

Akhir kata penulis berharap, semoga apa yang telah terdapat dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan,

2017

Penulis



Ronny Gultom  
NIM: 09 811 0004



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Ruang Lingkup Permasalahan.....	2
1.4. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Limbah Cair .....	5
2.1.1. Pengertian Limbah Cair.....	5
2.1.2. Dampak Limbah .....	6
2.1.3. Komposisi Air Limbah .....	6
2.1.4. Karakteristik Limbah Cair .....	7
2.2. Limbah Cair Industri Pangan.....	8
2.3. Pengolahan Air Limbah.....	8

2.4	Komposisi air limbah.....	10
2.5	Analisa sifat-sifat air limbah.....	11
2.6	Sifat fisik air limba .....	12
2.7	Sifat Kimia Air Limbah .....	15
2.7.1	Bahan Organik.....	16
2.7.2	Protein.....	17
2.7.3	Karbohidrat.....	19
2.7.4	Lemak, Minyak dan Gemuk.....	20
2.7.5	Deterjen dan Surfactant.....	21
2.7.6	Fenol.....	22
2.7.7	Bahan Anorganik.....	22
2.7.8	pH.....	22
2.7.9	Klorida.....	22
2.7.10	Kebasaan.....	23
2.7.11	Sulfur.....	23
2.7.12	Zat beracun.....	24
2.7.13	Logam Berat.....	24
2.7.14	Metan.....	25
2.7.15	Nitrogen.....	25
2.7.16	Fosfor.....	26
2.7.16	Gas.....	26
2.8	Sifat Biologis Air Limbah .....	27
2.8.1	Bakteri.....	28
2.8.2	Jamur.....	29

2.8.3	Ganggang.....	29
2.8.4	Protozoa.....	30
2.8.5	Rotifera dan Krustacea.....	31
2.8.6	Virus.....	31
2.8.7	Pertumbuhan Mikroorganisme.....	32
2.9	Efek Buruk Air Limbah.....	35
2.9.1	Gangguan terhadap kesehatan.....	35
2.9.2	Gangguan terhadap Kehidupan Biotik.....	39
2.9.3	Gangguan terhadap Keindahan.....	39
2.9.4	Gangguan terhadap Kerusakan Benda.....	42
2.10	Pengaliran Air Limbah di Daerah Perkotaan dan Permasalahannya	
2.10.1	Permasalahan Umum.....	43
2.11	Beberapa Ketentuan Teknis.....	45
2.12	Dasar – Dasar Perhitungan.....	54
2.12.1	Dimensi Saluran.....	54
2.13	Analisa Frekuensi Curah Hujan.....	55
2.13.1	Distribusi Log III.....	56
2.13.2	Distribusi Gumbel.....	57
2.14	Intensitas Curah Hujan.....	58
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>59</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		
3.1.	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	59
3.2.	Cara Pengumpulan Data.....	63

4.1.3 Perhitungan Kecepatan Aliran .....	71
4.1.4 Analisa Frekuensi Curah Hujan .....	72
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	81
5.2. Saran .....	82
Daftar Pustaka .....	83
Lampiran .....	



## DAFTAR TABEL

		<b>Halaman</b>
Tabel 2.1.	Rata-rata aliran air limbah dari daerah pemukiman.....	5
Tabel 2.2.	Rata-rata aliran air limbah dari daerah perdagangan .....	6
Tabel 2.3.	Rata-rata aliran air limbah dari daerah kelembagaan .....	7
Tabel 2.4.	Rata-rata aliran air limbah dari daerah rekreasi.....	8
Tabel 2.5.	Rata-rata penggunaan air untuk berbagai jenis industri ....	9
Tabel 2.6.	Komposisi air limbah yang berasal dari kamar mandi dan WC .....	11
Tabel 2.7.	Kandungan bahan mineral yang ada di dalam air limbah rumah tanggaDaerah Perumahan .....	26
Tabel 2.8.	Klasifikasi mikroorganisme yang ada di dalam air limbah	27
Tabel 2.9.	Ringkasan dari air limbah industry dalam hal : asam, sifat dan cara pengolahannya.....	32
Tabel 2.10.	Kemiringan minimum yang di anjurkan untuk setiap diameter saluran .....	52
Tabel 2.11.	Reduced variate sebagai fungsi kala ulang.....	56
Tabel 2.12.	Redeced mean ( $\bar{Y}_n$ ) .....	57
Tabel 2.13.	Redeced standar deviasi ( $S_n$ ).....	57
Tabel 2.14.	Faktor frekuensi K untuk distribusi Log Peorson III.....	58
Tabel 3.1.	Jumlah pria dan wanita komplek cemara asri .....	60
Tabel 3.2.	Data curah hujan pos sampali medan .....	64
Tabel 3.3.	Rata-rata aliran limbah dari daerah pemukiman.....	66

Tabel 4.1.	Jumlah penduduk rata-rata dan kenaikan rata-rata (r) pria dan wanita kompleks cemara asri.....	69
Tabel 4.2.	Jumlah proyeksi penduduk kompleks cemara asri .....	70



## DAFTAR GAMBAR

		<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Skema pengelompokan bahan yang terkandung did ala air limbah.....	10
Gambar 2.1	Klasifikasi dari zat padat yang dijumpai pada air limbah dengan pengotoran yang sedang .....	16
Gambar 2.10.1	Penampang Melintang Bangunan Penangkap Lemak.....	43
Gambar 2.11.a	Denah Pengelolaan Air Limbah Dengan Pola Penahan.....	46
Gambar 2.11.b	Denah Pengelolaan Air Limbah Dengan Pola Wilayah.....	46
Gambar 2.11.c	Denah Pengelolaan Air Limbah Dengan Pola Kipas Angin yang Saniter.....	46
Gambar 2.11.d	Denah Pengelolaan Air Limbah Dengan Pola Melingkar.... yang Sanitair.....	46
Gambar 3.1	Peta Situasi Kecamatan Percut Sei Tuan .....	61
Gambar 3.2	Peta Cemara Asri.....	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Umum**

Manusia dan semua makhluk hidup butuh air. Air merupakan material yang membuat kehidupan terjadi di bumi. Tumbuhan dan binatang juga membutuhkan air sehingga dapat dikatakan air merupakan salah satu sumber kehidupan. Dapat disimpulkan bahwa untuk kepentingan manusia dan kepentingan komersial lainnya, ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan.

Bentuk dan macam buangan yang dihasilkan manusia tergantung pada tingkat peradaban manusia, sehingga dengan kemajuan jaman dan teknologi jenis buangan manusia yang semula bersifat sederhana kini semakin bervariasi dan apabila tidak diolah dengan baik akan mempengaruhi kualitas lingkungan. Dalam perencanaan wilayah pemukiman banyak dijumpai kesalahan perencanaan air limbah yang mengakibatkan air limbah yang direncanakan tidak dapat menampung debit puncak air buangan dari pemukiman tersebut. Hal ini disebabkan oleh karena adanya salah perhitungan besar debit puncak per rumah tangga dan data curah hujan serta diabaikannya faktor-faktor koefisien perhitungan kemungkinan akan berkembangnya lokasi pemukiman atau wilayah yang direncanakan. Kemudian dalam pengolahannya pun masih kurang direncanakan dengan baik dan hanya dilakukan dengan pengolahan sederhana yang dapat menghasilkan kualitas air limbah yang sangat buruk bagi lingkungan disekitarnya.



## 1.2. Latar Belakang

Dalam perencanaan wilayah pemukiman banyak dijumpai kesalahan perencanaan saluran-saluran pembuangan yang mengakibatkan saluran yang direncanakan tidak dapat menampung debit puncak air buangan dari pemukiman tersebut. Hal ini disebabkan oleh karena adanya salah perhitungan besar debit puncak rumah tangga dan data curah hujan serta diabaikannya faktor-faktor koefisien perhitungan kemungkinan akan berkembangnya lokasi pemukiman atau wilayah yang direncanakan. Kemudian dalam pengolahannya belum direncanakan dengan baik dan hanya dilakukan dengan pengolahan sederhana yang dapat menghasilkan kualitas air limbah yang mengakibatkan kurang baik bagi lingkungan disekitarnya.

Sistem saluran pembuangan air limbah domestik ini adalah saluran tertutup yang mengarah ke sungai. Kondisi eksisting di kompleks Cemara Asri dengan luas area kurang lebih 10 ha dengan menggunakan sarana pembuangan

limbah domestik yang ada berupa pemakaian septik tank (yang masih kurang optimal dalam peruntukannya), kompleks perumahan ini masih belum memiliki suatu instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik sebagai sarana sanitasi masyarakat secara terpusat, dengan direncanakannya suatu sistem penyaluran air buangan domestik diharapkan dapat:

- a. Mencegah penyebaran penyakit melalui media air buangan.
- b. Mencegah pencemaran terhadap lingkungan.
- c. Meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat.

Dengan tercapainya hal-hal tersebut di atas maka dapat menunjang tercipta lingkungan masyarakat yang sehat dan produktif.

### **I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Adapun maksud dari penelitian ini untuk menganalisa air limbah di Komplek Cemara Asri apakah masih memadai atau tidak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem pengelolaan air limbah yang ada di lokasi Komplek Cemara Asri.

### **. I.4. Ruang Lingkup Permasalahan**

Permasalahan limbah atau air buangan domestik rumah tangga pada saat ini sudah menjadi masalah yang sangat serius, oleh karena itu kita harus dapat mengevaluasi sistem penyalurannya yang nantinya dapat mengurangi kualitas air limbah yang sudah sangat buruk bagi lingkungan di sekitarnya. Untuk ruang lingkup permasalahan ini penelitian hanya dilakukan pada kompleks pemukiman yang merupakan kompleks Cemara Asri dengan luas area kurang lebih 75 ha. Sistem penyaluran air limbah di kompleks pemukiman ini merupakan sistem penyaluran gabungan dari air limbah rumah tangga dan air hujan di mana sistem pengumpulan air buangan rumah tangga yang tercampur dengan air limpasan hujan.

Hal-hal yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini adalah menganalisis sistem saluran air limbah, kondisi air limbah dan air limpasan hujan di kompleks Cemara Asri.

### **I.5. Metodologi Penelitian**

Dalam menganalisa hasil penelitian ini maka penulis mencari bahan-bahan dan data – data yang diperlukan melalui :

## 1. Primer

Merupakan data yang diperoleh langsung dilapangan secara pengamatan dan peninjauan, saluran buangan. Tidak semua saluran yang terdapat dilapangan diukur dimensinya. Dalam penelitian ini, hanya beberapa saluran saja yang dapat menampung langsung hasil dari buangan limbah tersebut.

- a. Gambaran umum kondisi wilayah studi.
- b. Jumlah Penduduk di Komplek Cemara Asri.
- c. Sistem penyaluran air limbah dan proses pengolahan air limbah.
- d. Sistem saluran drainase.

## 2. Pengumpulan Sekunder

Merupakan data yang diperoleh dari instansi-instansi yang terkait dalam penelitian ini. Adapun data-data sekunder yang didapat. Dari data badan meteorologi klimatologi dan geofisika (BMKG) seperti data curah hujan harian maksimum.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air limbah rumah tangga

Air limbah rumah tangga adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah rekreasi. Untuk daerah tertentu banyaknya air limbah dapat diukur secara langsung. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga.

##### 2.1.1 Daerah Perumahan

Untuk daerah perumahan yang kecil aliran air limbah biasanya diperhitungkan melalui kepadatan dan rata-rata per orang dalam membunag air limbah. Adapun besarnya rata-rata air limbah yang berasal dari daerah hunian.

Tabel 2.1 Rata-rata aliran air limbah dari daerah pemukiman

Sumber (unit : orang)	Jumlah aliran Liter/orang/hari	Rata-rata Liter/orang/hari
Apartemen	200-300	260
Hotel dan Penginapan	150-220	190
Tempat tinggal keluarga		
Rumah pada umumnya	190-350	280
Rumah yang baik	250-400	310
Rumah mewah	300-550	380
Rumah agak modern	100-250	200
Rumah pondok	100-240	190
Rumah gandengan	120-200	150

Sumber : Metcalf and eddy,1979

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

### 2.1.2 Daerah Perdagangan

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

Tabel 2.2 Rata-rata aliran air limbah dari daerah perdagangan

Sumber (unit : orang)	Jumlah aliran Liter/orang/hari	Rata-rata Liter/orang/hari
Lapangan terbang	8-15	10
Pusat perbaikan kendaraan	30-50	40
Bar	5-20	8
Hotel	150-220	190
Gedung pencucian	35-65	55
Tempat pencucian	1.800-2.600	220
Motel	90-150	120
Motel dan dapur	190-220	200
Kantor	30-65	55
Rumah makan	8-15	10
Rumah sewaan	90-190	150
Toko	30-50	40
Pusat perbelanjaan	2-8	40

Sumber : Metcalf and eddy, 1979

### 2.1.3 Daerah Kelembangan

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

### 2.1.4 Daerah Rekreasi

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

Tabel 2.3 Rata-rata aliran air limbah dari daerah Kelembangan

Sumber (unit : orang)	Jumlah aliran Liter/orang/hari	Rata-rata Liter/orang/hari
Rumah sakit medis	500-950	6500
Pekerja	20-60	40
Rumah sakit jiwa	300-650	400
Pekerja	20-60	40
Rumah penjara	20-60	40
Napi	300-600	450
Rumah peristirahatan	200-450	350
Pekerja	20-60	40
Sekolah :		
Kantin aula murid	60-115	80
Kantin tanpa aula	40-80	60
Tampa kantin	20-65	40
Sekolah dengan asrama	200-400	280

Sumber : Metcalf and eddy,1979

## 2.2 Air limbah Industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industry sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar-kecilnya industry, pengawasan pada proses industry, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman. Untuk memperkirakan jumlah air limbah yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan sekitar 50 m<sup>3</sup>/ha/hari. Sebagai patokan dapat dipergunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industry tersebut tidak menggunakan

kembali air limbah. Apabila industri tersebut memanfaatkan kembali air limbahnya, maka jumlahnya akan lebih kecil lagi. Adapun banyaknya pemakaian air dari suatu industry seperti terlihat pada tabel 2,5. Dengan demikian jumlah air limbahnya adalah sebanyak jumlah tersebut dikalikan 85 atau 95%.

Tabel 2.4 Rata-rata aliran air limbah dari daerah Rekreasi

Sumber (unit : orang)	Jumlah aliran Liter/orang/hari	Rata-rata Liter/orang/hari
Rumah flat, tempat istirahat	200-280	220
Pondok, tempat istirahat	130-190	160
Kantin (pengunjung)	4-10	6
Pekerja	30-50	40
Perkemahan	80-150	120
Penjual minuman buah	50-100	75
Buffet (pengunjung)	15-30	20
Pekerja	30-50	40
Tempat perkumpulan (psrta)	250-500	400
Pekerja	40-60	50
Perkemahan anak-anak	40-60	50
Ruang makan	15-40	30
Asrama	75-175	150
Hotel, tempat istirahat	150-240	200
Tempat cuci otomatis	1.800-2.600	2.200
Toko (pengunjung)	5-20	10
Pekerja	30-50	40
Kolam Renang (pengunjung)	20-50	40
Pekerja	30-50	40
Gedung bioskop	10-15	10
Pusat keramaian	15-30	20

Sumber : Metcalf and eddy,1979

### 2.3 Air limbah rembesan dan tambahan

Apabila turun hujan di suatu daerah, maka air yang turun secara cepat akan mengalir masuk ke dalam saluran pengering atau saluran air hujan. Apabila saluran ini tidak mampu menampungnya, maka limpahan air hujan akan digabung dengan

saluran air limbah, dengan demikian akan merupakan tambahan yang sangat besar. Oleh karena itu, perlu diketahui curah hujan yang ada sehingga banyaknya air yang akan ditampung melalui saluran air hujan atau saluran pengering dan saluran air limbah dapat diperhitungkan.

Selain air masuk melalui limpahan, maka terdapat air hujan yang menguap, diserap oleh tumbuh-tumbuhan dan ada pula yang merembes ke dalam tanah. Air yang merembes ini akan masuk ke dalam tanah yang akhirnya menjadi air tanah. Apabila permukaan air tanah bertemu dengan saluran air limbah, maka bukanlah tidak mungkin terjadi penyusupan air tanah tersebut ke saluran air limbah melalui sambungan-sambungan pipa atau melalui celah-celah yang ada karena rusaknya pipa saluran. Besarnya aliran ini diperkirakan sebesar 0,0094 sampai 0,94 m<sup>3</sup>.

Tabel 2.5 Rata-rata Penggunaan Air untuk Berbagai Jenis Industri

Sumber (unit : orang)	Rata-rata aliran (m <sup>3</sup> )
Industri kalengan :	
Sayur hijau	50-70
Buah-buahan, buah pear	15-20
Lain buah-buahan dan sayuran	4-35
Industri bahan kimia :	
Amoniak	100-130
Kabondiksida (CO <sub>2</sub> )	60-90
Benzin	7-30
Laktosa	600-800
Sulfur/belerang	8-10
Makanan dan minuman :	
Bir	10-16
Roti	2-4
Pengepakan daging	15-20
Produksi susu	10-20
Minuman keras	60-80
Bubur kayu dan kertas :	
Bubur kayu	250-800

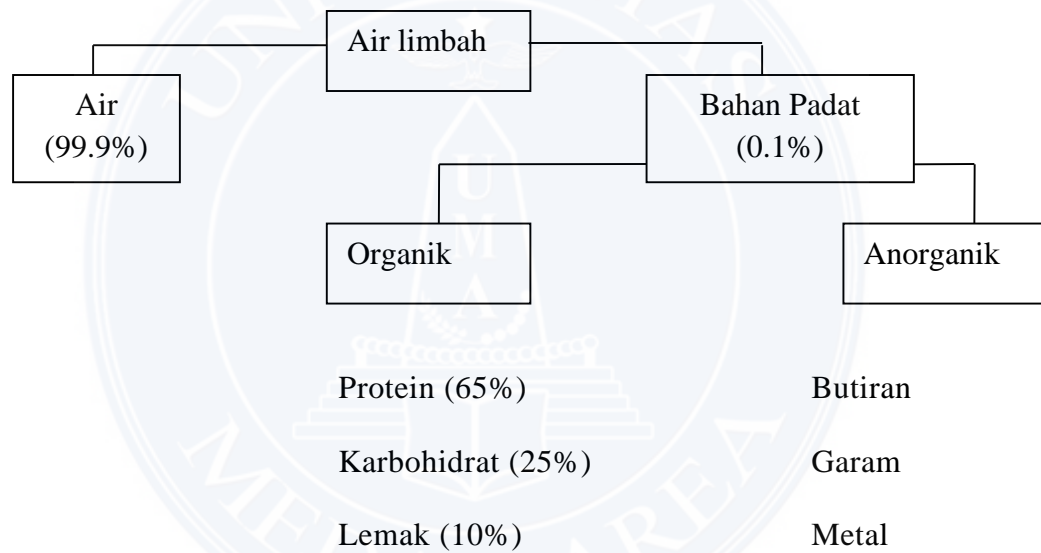


Pabrik kertas	120-160
Tekstil :	
Pengelantangan	200-300
Pencelupan	30-60

Sumber : Metcalf and eddy,1979

## 2.4 Komposisi air limbah

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



Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah

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

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

Uraian	Faeces	Air seni
Jumlah per orang hari (dalam keadaan basah)	135-270 gr	1-1.31 gr
Jumlah per orang hari (dalam keadaan kering)	20-35 gr	0.5-0.7 gr
Uap air (kelembapan)	66-80 %	93-96 %
Bahan organik	88-97 %	93-96 %
Nitrogen	5-7%	15-19 %
Fosfor (sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3-5.4 %	2.5-5%
Potassium (sebagai K <sub>2</sub> O)	1-2.5 %	3-4.5 %
Karbon	44-55 %	11-17%
Kalsium (sebagia CaO)	4.5-5 %	4.5-6 %

Sumber : Duncan mara, 1976

## 2.5 Analisa sifat-sifat air limbah

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

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

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

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

## **2.6 Sifat fisik air limbah**

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

Jumlah endapan pada contoh air merupakan sisa penguapan dari contoh air limbah pada suhu 103-105°C. beberapa komposisi air limbah akan hilang apabila dilakukan pemanasan secara lambat. Jumlah total endapan terdiri dari benda-benda yang mengendap, terlarut, tercampur. Untuk melakukan pemeriksaan ini dapat dilakukan dengan mengadakan pemisahan air limbah dengan memperhatikan besar-kecilnya partikel yang terkandung didalamnya. Dengan mengetahui besar-kecilnya partikel yang terkandung di dalam air akan memudahkan kita di dalam memilih teknik pengendapan yang akan diterapkan sesuai dengan partikel yang ada di dalamnya. Air limbah yang mengandung partikel dengan ukuran besar memudahkan proses pengendapan yang berlangsung, sedangkan apabila air limbah tersebut

berisikan partikel yang sangat kecil ukurannya akan menyulitkan dalam proses pengendapan, sehingga untuk pengendapan yang lebih baik dengan teknologi yang sudah barang tentu akan lebih canggih. Endapan dengan ukuran di atas 10 mikron dapat dihilangkan melalui proses penyaringan dan pengendapan, sedangkan ukuran di bawah 1 mikron memerlukan satu atau lebih cara pemisah yang lebih tinggi. Hal inilah yang dipergunakan sebagai pertimbangan sehingga pada tes analitik dilakukan pemisahan menjadi 3 golongan besar yaitu.

1. Golongan zat yang mengendap
2. Golongan zat yang tercampur
3. Golongan zat padat yang terlarut.

Zat-zat padat yang bias mengendap adalah zat padat yang akan mengendap pada kondisi tanpa bergerak atau diam kurang lebih selama 1 jam sebagai akibat gaya beratnya sendiri. Besarnya endapan diukur dengan alat pengukur yang dinyatakan dalam satuan milligram setiap liter air limbah. Hal ini sangat penting untuk mengetahui derajat pengendapan dan jumlah endapan yang ada di dalam suatu badan air. Jumlah total endapan dapat dideteksi dengan penyaringan terhadap air kotor melalui kertas fiber atau saringan 0.45 mikron dan mengukur berat kering dari material yang terkumpul dalam satuan mg/l. Apabila contoh yang diambil berasal dari reactor aktif air limbah, maka endapan tersebut dikenal sebagai MLSS (mixed Liquor Suspended Solid). Hasil endapan ini bila dipanaskan pada suhu 600° C, maka sebagian bahan akan menguap dan sebagian lagi akan berupa bahan sisa yang sangat kering. Beberapa bahan organik akan dibusukan di dalam air, ammonia, CO<sub>2</sub>, karbonat dan bahan lainnya adalah komponen dari bahan yang kering tersebut. Adapun bahan yang

teruapkan dikenal sebagai *volatile*, sedangkan benda yang tersisa akibat penguapan disebut *fixed*.

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

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh	Cara mengukur
Suhu	Kondisi udara sekitarnya, air yang dibuang ke saluran dari rumah maupun dari industry	Mempengaruhi kehidupan biologis kelarutan oksigen/gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.	Skala Celsius atau Fahrenheit
Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah padat, tanah liat, bahan organic yang halus dari buah-buahan asli, algae, organisasi kecil. Benda terlarut seperti sisa bahan organic dari daun dan tanaman (kulit, gula, besi), buangan industry.	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan tanaman. Mengotori pemandangan dan mengganggu kehidupan.	Pembiasan cahaya dan penyerapan dan perubahan skala standar.
Warna	Bahan volatile, gas terlarut, selalu hasil membusukan bahan organik, minyak utama dari mikro organism	Umumnya tidak berbahaya dan berpengaruh terhadap kualitas keindahan air.	Kepekaan terhadap bau dari manusia terhadap tingkat dari bau.
Bau	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	Petunjuk adanya pembusukan air limbah, untuk itu perlu adanya pengolahan, merusak keindahan.	Tidak diukur pada air limbah.
Rasa	Benda organik dan organik yang tercampur atau tercampur	Mempengaruhi kualitas air	Teknik analisis gratifikasi, jumlah zat padat, SS, DS, TSS
Benda padat	Benda organik dan organik yang tercampur atau tercampur	Mempengaruhi jumlah organic padat, garam, juga merupakan petunjuk pencemaran atau kepadatan limbah meningkat	

## 2.7 Sifat Kimia Air Limbah

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

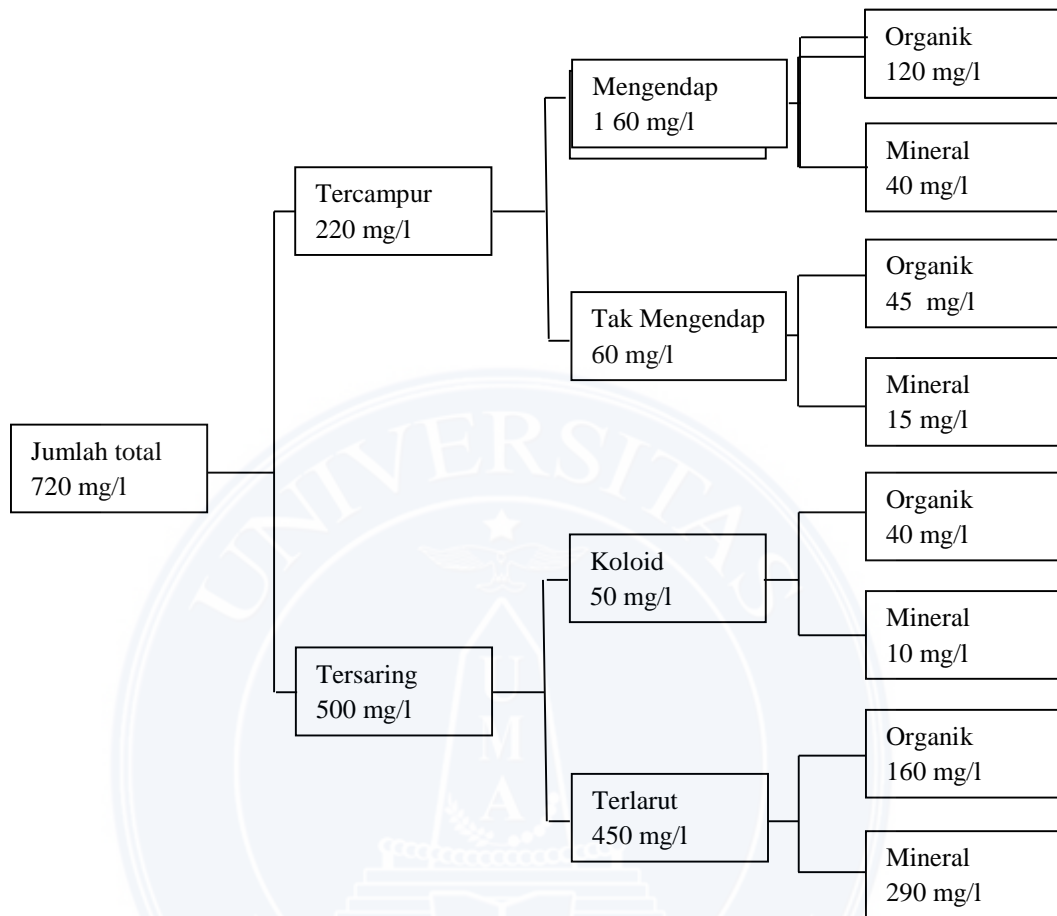
### 2.7.1 Bahan Organik

Air limbah dengan pengotoran yang sedang, maka sekitar 75% dari benda-benda tercampur dan 40% dari zat padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik alami.

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

Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengelolaan air limbah sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Agar bias mengolah zat tersebut perlu adanya

tambahan biaya untuk membubuhkan bahan kimia seperti penyerap karbon untuk mengolah air limbah secara lengkap.



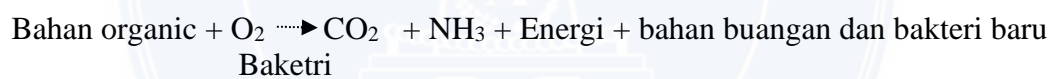
Gambar 2.1. Klasifikasi dari zat padat yang dijumpai pada air limbah dengan pengotoran yang sedang

### 2.7.2 Protein

Protein adalah kandungan utama dari makhluk hidup, termasuk juga di dalamnya tanaman dan binatang bersel satu. Adapun jumlah kandungan ini sangat bervariasi mulai dari yang rendah seperti pada tanaman tomat sampai kepada yang persentasenya tinggi, seperti yang terdapat pada jaringan lemak dan daging. Protein sangat kompleks dalam struktur kimianya dan tidak stabil, akan berubah menjadi bahan lain pada proses dekomposisi. Beberapa hal adalah terlarut di dalam air, sedangkan lainnya tidak larut. Struktur kimia tergabung dari kombinasi

bersama asam amino. Berat molekul protein sangat besar berkisar antara 20.000 sampai 20 juta. Seluruh protein mengandung karbon, yang biasanya adalah kandungan bahan organik seperti halnya dengan hydrogen dan oksigen. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau karena adanya proses pembusukan dan penguraiannya. Protein yang merupakan molekul tertinggi dengan komposisi asam amino yang banyak, sedangkan karbohidrat merupakan gabungan dari polihidroksilated seperti gula, starches, selulose. Lemak terdiri dari bermacam-macam bahan organic seperti fat, oli, serta gajih.

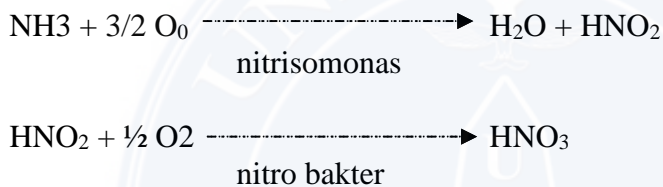
Untuk menganalisis bahan organic secara keseluruhan adalah tidak spesifik dan tidak memberikan perbedaan yang komplit jika bahan organic berada di dalam air limbah. Jasad renik yang ada di dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organic menjadi energy, bahan buangan lainnya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



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



Sesudah bahan organik dapat dicerna dari campuran air limbah, maka rata-rata kebutuhan akan oksigen akan turun sebagaimana sel mulai mencerna sisa yang ada. Reaksi karbon umumnya berhenti setelah 20-30 hari dan bahan organik menjadi stabil. Untuk tes BOD dipergunakan waktu selama 5 hari mengingat bahwa dengan waktu tersebut sebanyak 50-60% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai dan dikenal sebagai BOD L. Bahan organik yang berupa  $N_2$  berasal dari urea dan protein dikonversi menjadi  $NH_3$  selama proses pembusukan. Setelah selama 12 hari bakteri nitrifikasi mulai mengoksidasi ammonia dengan proses sebagai berikut.



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

### 2.7.3. Karbohidrat

Tersebar luas di alam termasuk di dalamnya adalah gula, kanji, selulosa dan kayu, kesemuanya ini dapat dijumpai di dalam air limbah. Karbohidrat berisikan karbon, hydrogen dan oksigen. Biasanya karbohidrat berisikan 6 atau kelipatan 6 dari atom karbon pada suatu molekul dan hydrogen serta oksigen selalu ada di dalam air. Pada beberapa karbohidrat seperti gula adalah larut di dalam air sedangkan kanji tidak larut. Gula cenderung untuk terurai melalui enzim dari bakteri dan jamur sehingga menimbulkan proses fermentasi dengan menghasilkan alcohol dan  $CO_2$ . Kanji pada beberapa kesempatan adalah lebih stabil akan tetapi dapat berubah menjadi gula melalui aktivitas bakteri apabila

dicampur dengan asam. Kanji ini sebagian besar adalah tahan terhadap pembusukan, adapun kandungan terpentingnya adalah selulosa. Penghancuran selulosa di dalam tanah sangat mudah apabila kondisi asamnya banyak menimbulkan berbagai jenis jamur.

#### 2.7.4. Lemak, Minyak dan Gemuk

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

Biasanya sabun dibuat melalui proses saponifikasi dari lemak dengan sodium hidroksid. Meraka ini larut di dalam air apabila berada pada situasi basa, maka garam sodium berubah menjadi garam kalsium dan magnesium serta asam gemuk yang merupakan bahan sabun yang tidak larut di dalam air. Minyak tanah

dan minyak pelumas adalah derivat atau turunan dari minyak residu dan bara yang berisikan karbon dan hydrogen. Minyak dapat sampai ke saluran air limbah berasal dari pertokoan, garasi serta jalanan. Sebagian besar benda mengapung di dalam air limbah, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Sebagai petunjuk dalam mengelola air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengelolaan. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis sehingga membentuk selaput. Kadar lemak sebesar 15-20 mg/ merupakan batas yang bias ditolerer apabila lemak ini berada di dalam air limbah.

#### 2.7.5. Deterjen dan Surfactant

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

olefin. Penghasil utama dari bahan ini adalah air limbah yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman.

#### 2.7.6. Fenol

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

#### 2.7.7. Bahan Anorganik

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

#### 2.7.8. pH

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

### 2.7.9. Klorida

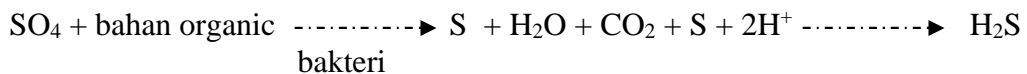
Kadar klorida di dalam air alami dihasilkan dari rembesan klorida yang ada di dalam batuan dan tanah serta dari daerah pantai dan rembesan air laut. Kotoran manusia berisikan sekitar 6 gram klorida setiap orangnya tiap hari. Pengolahan secara konvensional masih kurang berhasil untuk menghilangkan bahan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

### 2.7.10. Kebasaan

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

### 2.7.11. Sulfur

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



kemudian  $H_2S$  dapat dioksidasi secara biologis menjadi asam sulfat dan bahan ini adalah penyebab timbulnya karat pada system perpipaan. Sulfat diubah menjadi sulfid dalam tangki pencernaan lumpur dan bias meningkatkan proses biologis bila kadar sulfid mencapai 200 mg/l, akan tetapi kadar ini biasanya sangat jarang

ditemui. Gas H<sub>2</sub>S yang tersusun dan tercampur dengan gas air limbah (CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub>) adalah penyebab terjadinya karat pada pipa dan apabila dibakar pada mesin akan menyebabkan kerusakan pada peralatan terutama apabila dilewatkan pada kondisi dingin di bawah titik bekunya.

#### 2.7.12. Zat beracun

Oleh karena derajat keracunannya inilah, maka zat ini penting, perak dan krom serta arsen dan boron adalah zat yang sangat beracun terhadap mikroorganisme. Oleh karena itu, benda ini perlu diperhitungkan pada bangunan pengolahan secara biologis. Sebagai contoh pada tangki pencerna kadar 100 mg/l tembaga adalah sudah beracun, sedangkan krom dan nikel beracun pada kadar 500 mg/l, adapun sodium baru merupakan zat yang beracun pada kadar yang sangat tinggi. Zat kation lain yang beracun termasuk potasium dan ammonium pada 4.000 mg/l.

Kesadahan yang ada pada tangki pencerna akan dikombinasikan dengan zat dan didapatkan ion kalsium sebelum kadarnya mencapai kadar yang beracun. Beberapa zat dan ion yang beracun seperti sianida (CN) dan kromat (Cr) juga terdapat dalam air limbah. Zat-zat ini biasanya terdapat pada industry pelapisan logam dan akan bias dihilangkan melalui pengolahan pendahuluan sebelum dibuang ke saluran air limbah.

#### 2.7.13 Logam Berat

Menentukan jumlah dari beberapa logam berat seperti nikel (Ni), magnesium (Mg), timbal (Pb), kromiun (Cr), kadmiun (Cd), Zeng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan air raksa (Hg) adalah kandungan yang juga penting. Beberapa jenis logam biasanya dipergunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis,

misalnya pada pertumbuhan algae apabila tidak ada logam pertumbuhannya akan terhambat. Akan tetapi, apabila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaannya karena timbulnya daya racun yang dimiliki. Oleh karena itu, keberadaan zat ini perlu diawasi jumlahnya di dalam air limbah.

#### 2.7.14 Metan

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

#### 2.7.15 Nitrogen

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

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

#### 2.7.16 Fosfor

Fosfor ada di dalam air limbah melalui hasil buangan manusia, air seni dan molekul komponen fosfat dapat dipergunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Dari setiap sumber tersebut akan menambah jumlah total dari fosfor. Sebahagian dari fosfor pada air limbah masyarakat adalah dalam bentuk anorganik dengan ortofosfat ( $\text{PO}_3/4^-$ ,  $\text{HPO}_2/4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) meningkatkan sebanyak 25% dari seluruh total fosfat. Pada proses biologis dalam air limbah yang diolah mengubah jenis polifosfot ke dalam ortofosfot, sehingga fosfor pada buangan akhir air limbah terdiri dari 80% ortofosfot. Air limbah yang berasal dari rumahtangga banyak sekali mengandung nitrat dan fosfor, akan tetapi diimbangi dengan kekeruangan zat ini pada air limbah yang berasal dari air limbah industry. Jumlah terkecil yang merupakan titik kritis untuk keperluan bahan makanan dalam pengolahan air limbah biasanya setara dengan  $\text{BOD}_5/\text{N}$  adalah 20 : 1 atau  $\text{BOD}_5/\text{P}$  adalah sebesar 100 : 1.

#### 2.7.17 Gas

Banyak gas-gas terdapat di dalam air, oksigen ( $\text{O}_2$ ) adalah gas yang penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan untuk pernafasan mikroorganisme aerob dan kehidupan lainnya apabila oksigen berada pada nilai ambang yang



rendah, maka bau-bauan yang berbahaya akan dihasilkan sebab unsure karbon berubah menjadi menta termasuk CO<sub>2</sub>, sulfur. Belerang akan berubah menjadi ammonia (NH<sub>3</sub>) atau teroksidasi menjadi nitrit. Untuk memberikan gambaran seta menyeluruh tentang kandungan bahan kimia maka dapat dilihat pada tabel

Tabel 2.7 Kandungan Bahan Mineral yang Ada di dalam Air Limbah Rumah Tangga

No	Bahan Mineral yang ada	Keadaan Normal (ppm)
1.	Zat padat terlarut	100 – 300
2.	Baron (B)	0,1 – 0,4
3.	Sodium (persen)	1 – 15%
4.	Sodium (Na)	40 – 70
5.	Potasium (K)	7 – 15
6.	Magnesium (Mg CO <sub>3</sub> )	15 – 40
7.	Kalsium (Ca CO <sub>3</sub> )	15 – 40
8.	Nitrogen total (N)	20 – 40
9.	Fosfat (PO <sub>4</sub> )	20 – 40
10.	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	15 – 30
11.	Klorid (Cl)	20 – 50
12.	Kesadaran total (CaCO <sub>3</sub> )	100 – 150

Sumber : P. Walton purdom 1980

## 2.8 Sifat Biologis Air Limbah

Pemeriksaan biologis di dalam air dan air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri – bakteri patogen berada didalam air limbah. Keterangan biologis ini diperlukan untuk mengukur kualitas air terutama bagi air yang dipergunakan sebagai air minum serta untuk keperluan kolam renang. Selain itu untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang kedalam air. Pembuangan dari mikroorganisme adalah sangat bervariasi, sebab terdapat banyak skema yang bisa dipergunakan. Selain itu terdapat kecenderungan klasifikasi kedalam jenis binatang , tumbuh – tumbuhan, dan protista. Sebagai gambaran umum, bahwa protista berisikan binatang bersel satu berkemampuan hidup sendiri dan membuat sel – sel baru sebagai proses regenerasi. Banyak multiseluler tergolong dalam protista sebab ada satu sel yang bisa hidup sendiri apabila dipisahkan . virus tergolong nonsel bisa juga tergolong sel , akan tetapi masih

perlu dipertanyakan . tumbuh – tumbuhan dan binatang mempunyai banyak sel organisme, dimana tumbuh – tumbuhan mendapat makanan melalui proses difusi ke dalam sel sementara binatang menangkap dan memakan partikel makanan paadat. Sebagai gambaran, maka berikut ini adlah pembagian kelompok berikut anggota spesiesnya

Tabel 2.8 Kalsifikasi Mikroorganisme yang Ada di dalam Air Limbah

No	Kelompok Besar	Anggota
1.	Binatang	Bertulang belakang ( <i>Rotifeers</i> ) Kerang – kerangan ( <i>Crustaceans</i> ) Kutu dan Larva ( <i>Worm and Larvae</i> )
2.	Lumut	Lumut ( <i>Mosses</i> ) Pakis/Paku ( <i>Ferns</i> )
3.	Protista	Bakteri Ganggang ( <i>Algae</i> ) Jamur ( <i>Fungi</i> ) Hewan bersel satu ( <i>Potozoa</i> )

Sumber : Donald W. Sundstrom, 1979

### 2.8.1. Bakteri

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

Adapun struktur sel dikelilingi oleh lapisan pembungkus (slime layer) yang terdiri dari polisakarida. Dinding sel sangat penting dalam pemberian bentuk kekerasan dindingnya. Dinding inilah yang nantinya akan membedakan antara

gram positif dan negatif, dimana ada dinding sel yang bisa melepaskan warna yang diberikan kristal violet setelah dicuci dengan aseton

Sel berisikan cairan dari banyak mineral seperti gula, garam, vitamin, asam amino, dan koenzim yang banyak partikel sebagai perlengkapan sel. Kelompok dari partikel ini ribosome terdiri atas bagian dari kemampuan sel untuk membentuk protein tiruan. Bagian ini terdiri dari 60% RNA (*Ribo Nucleic Acid*) DAN 40% protein. Daerah inti dari sel terdiri dari DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*) sebagai pembentuk genetik dari sel. Autotropik bakteri menggunakan CO<sub>2</sub> sebagai sumber zat karbon, sedangkan heterotroppik bakteri menggunakan bahan organik sebagai sumber zat karbonnya. Pada banyak bakteri dapat menggunakan energi yang berasal dari reaksi kimia dengan sinar matahari. Disebut sebagai bakteri aerob apabila memerlukan O<sub>2</sub> yang terarut didalam air/air limbah sebagai usaha untuk mengoksidasi bahan organik, sedangkan yang tidak memerlukan O<sub>2</sub> untuk proses tersebut dikenal sebagai bakteri anaerob.

### 2.8.2 Jamur

Jamur sangat penting dalam penjernihan air seperti halnya dengan bakteri mereka menggunakan partikel organik terlarut. Jamur tidak melaksanakan fotosintesis dan dapat tumbuh pada daerah lembab dengan pH yang rendah, suatu kondisi dimana bakteri tidak bisa hidup. Adapun ukuran jamur berkisar antara 5 – 10 mikron dan dapat diidentifikasi ileh sebuah mikroskop. Jamur berbiak melalui spora sementara bakteri berbiak melalui pembelahan sel. Karena sifat jamur yang aerob, maka tidaklah penting pada proses anaerob didalam fase pencernaan. Jeast adalah jamur yang uniselular dengan panjang 8 mikron serta lebar 5 mikron yang berfungsi sebagai fakultatif anaerobik dengan menghasilkan alkohol dan CO<sub>2</sub>.

### 2.8.3. Ganggang

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

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

### 2.8.4 Protozoa

Protozoa adalah sekelompok binatang sebagaimana halnya dengan kelompok protista dan dijumpai pada air permukaan air tanah, mereka ini adalah besar dalam ukuran apabila dibandingkan dengan bakteri adalah beberapa ratus kali lebih besar. Biasanya paramesium berbentuk elips dengan panjang 200 mikron dan lebar 400 mikron. Protozoa memerlukan makanan partikel padat ke dalam sel melalui mulutnya. Mereka ini memakan buangan koloid, bakteri, dan binatang kecil lainnya. Protozoa mempunyai beberapa kelas antara lain :

- a. Sarkodina
- b. Ciliata
- c. Mastigofora
- d. Sporozoa
- e. Suktoria

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

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

#### 2.8.5 Rotifera dan Krustacea

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

#### 2.8.6 Virus

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

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

#### 2.8.7. Pertumbuhan Mikroorganisme

Pada industri fermentasi maka pertumbuhan bakteri yang murni sangat diharapkan sedangkan pada pengolahan air limbah diharapkan pertumbuhan bakteri yang heterogen sebagai mana yang terdapat di alam. Pada proses pengolahan air limbah zat organik akan semakin menurun sedangkan komposisi biomasa akan berubah dan pada saat ini jumlah bakteri protozoa semakin besar. Keadaan ini dipergunakan sebagai patokan efisien tidaknya pengolahan dengan memeriksa lumpur aktif yang dihasilkan pada bak pengolah. Sarkodina tumbuh pada awal proses pengolahan, sedangkan paramesium tumbuh pada fase berikutnya dan diikutimunculnya rotifera apabila pengotoran air limbah sudah mulai menurun dan mencapai titik terenda. Untuk dapat mengetahui lebih jelas tentang pertumbuhan jenis mikroorganisme pada air limbah yang memakan zat. Dari gambar ini terlihat bahwa dengan banyaknya kandungan zat organik di dalam air limbah berarti bahwa jumlah makanan yang tersedia adalah cukup banyak, yang berarti juga bahwa pengotoran air limbah cukup tinggi. Pada kondisi seperti ini, maka jenis binatang yang dapat tumbuh dengan baik adalah sarkodina yang kemudian diikuti oleh jenis paramesium, dan apabila keadaan sudah banyak

mengandung oksigen baru tampak pertumbuhan rotifera. Kondisi seperti diatas adalah kondisi alami yang tanpa mengalami pengaruh dariluar. Dengan demikian secara alamiah air limbah yang ada sebenarnya akan kembali menjadi jernih apabila kita biarkan saja berjalan secaraalami hanya saja waktu yang dipergunakan cukup lama. Untuk mempercepat proses tersebut kiranya perlu dilakukan pengolahan air limbah agar produksi yang ada sesuai dengan hasilpengolahan (jumlah produksi air limbah tidak melebihi kapasita pengolahan secara alami).

Bahwa sifat air limbah sangat bervariasi tergantung pada sumber asal dari air limbah industri. Berikut ini adalah gambaran tentang sifat air limbah serta sumber asalnya dan cara penanggulangannya dan pengolahan yang dapat dilakukan untuk menangani masalah tersebut (Tabel 2.8)

Tabel 2.8 Ringkasan dari Air Limbah Industri dalam Hal: Asal, Sifat dan Cara Pengolahannya

No.	Jenis Industri	Asal buangan	Sifat – sifat umum	Cara pengolahannya
1.	Pangalengan	Pemotongan, pemisahan sari buah, pemutih dari buah – buahan dan sayur – sayuran.	Suspensi zat padat tinggi, koloid dan zat organik terlarut. Zat organik	Pemisah, kolom penyerapan atau penyemprotan untuk irigasi
2.	Produk – produk harian	Pengenceran susu, pemisahan susu, mentega air dari pembuatan.	terlarut tingi, sebagian besar protein, lemak, laktosa.	Pengolahan biologis aerasi, penyaringan pengendapan.
3.	Pemisahan dan destilasi minuman	Perendaman dan pengepresan biji – bijian, sisa dari destilasi alkohol, pengembunan dari penyulingan	Organik padan terlarut tinggi sebagian besar protein, lemak dan laktosa	Pemakaian kembali endapan sentrifugal dan penguapan penyaringan tetesan.
4.	Daging dan produuknya	Kandang, pemotongan hewan, pembersihan tulang dan daging, sisa pengendapan, lemak pencucian, pembuangan bulu ayam.	Kelarutan dan campuran zat organik tinggi, darah, protein dan lemak.	Pemisahan, pengendapan, penyaringan.
5.	Gula bit	Pemindahan, pemisahan, dan pengambilan sari buah, pembersihan kotoran kapur, pengembunan, pengambilan sari gula bit, ekstraksi gula.	Kelarutan dan campuran zat organik tinggi mengandung gula dan protein.	Pemakaian kembali pengumpulan dan penggunaan kolam. Penguapan dan

6.	Produksi obat	Misellium, pembuangan hasil saringan dan Pencucian.	Kelarutan dan campuran zat organik tinggi vitamin.	pengeringan makanan.
7.	Ragi	Residu dari penyaringan khamir	Padatan dan BOD tinggi	Pencernaan anaerobik, penyaringan.
8.	Pickle	Air kapur, air garam, tewas dan kunyit, sirup, biji – bijian dan katimun.	Perubahan pH, suspensi, padatan yang tinggi, warna dari bahan.	Penyimpanan yang baik, pemisahan, perataan.
9.	Kopi	Bubur kopi dan fermentasi	BOD tinggi, dan suspensi padatan.	Pemisah, pengendapan dan penyaringan.
10.	Ikan	Pemisahan dengan sentrifug pengepresan ikan, penguapan dan pencucian air limbah.	BOD sangat tinggi, total padatan organik dan warna.	Penguapan limbah, pembuangan sisa dari kapal ke laut.
11.	Padi	Perendapan, pemasakan, dan pencucian beras.	BOD tinggi, total dan suspensi padatan.	Pengendapan kapur, pencernaan.
12.	Minuman ringan	Pencucian botol, pembersih lantai dan peralatan, sirup penyimpanan, bak saluran.	pH tinggi, suspensi padatan dan BOD	Pemisahan dan dibuang ke saluran umum.
13.	Tekstil	Pemasakan serat, ukuran pabrik.	Alkali tinggi, pewarnaan, BOD, dan temperatur tinggi, suspensi padatan tinggi.	Penetralkan, pengendapan zat kimia, perlakuan biologis/efluasi/filtrasi.
14.	Barang – barang dari kulit	Pembuangan bulu/rambut, perendapan, pengapuran.	Total padatan tinggi, keras, penggaraman, sulfida, kromium, pH endapan kapur dan BOD.	Pemisah dan dibuang ke saluran umum. Perataan, sedimentasi, dan perlakuan biologis
15.	Usaha pencucian	Pembuangan air bilasan dari tekstil	Kekeruhan tinggi, alkalinitas, dan padatan organik.	Pemisahan, endapan kimia absorpsi.
16.	Asam	Pengenceran, bermacam – macam variasi larutan asam.	pH rendah, kadar bahan organik rendah.	Netralisasi, pembakaran bila bahan organik ada.

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

## 2.9. Efek Buruk Air Limbah

Sesuai dengan batasan dari air limbah yang merupakan benda sisa, maka sudah barang tentu bahwa air limbah merupakan benda yang sudah tidak dipergunakan lagi. Akan tetapi, tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu



dilakukan pengelolaan, karena apabila limbah ini tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada.

#### 2.9.1. Gangguan terhadap kesehatan

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

- *Virus*  
Menyebabkan penyakit folio myelitis dan hepatitis. Secara pasti modus penularannya masih belum diketahui dan banyak terdapat pada air hasil pengolahan (*effluent*) pengolahan air limbah.
- *Vibrio Kolera*  
Menyebabkan penyakit kolera asiatica dengan penyebaran utama melalui air limbah yang telah tercemar oleh kotoran manusia yang mengandung vibrio kolera.
- *Salmonella Typhose a dan Samonella Typhosa b*  
Merupakan penyeba tiphus abdominalis dan para tiphus yang banyak terdapat didalam air limbah bila terjadi wabah. Prinsip penularannya adalah melalui air dan makanan yangtelah tercemar oleh kotoran manusia yang berpenyakit tiphus.
- *Salmonella Spp*

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

- *Shigella Spp*

Adalah penyebab disentri bacillair dan banyak terdapat pada air tercemar. Adapun cara penularannya adalah melalui kontak langsung dengan kotoran manusia maupun melalui perantara dengan makanan, lalat dan tanah.

- *Basillus Anthraxis*

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

- *Brusella Spp*

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

- *Mikobakterium Tuberkulosa*

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

- *Lapto Spira*

Adalah penyebab penyakit weil dengan penularan utama berasal dari tikus selokan

- *Entamuba Histolitika*

Penyebab penyakit amuba disentri dengan penyebaran melalui lumpur yang mengandung kiste.

- *Skhistosoma Spp*

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

- *Taenia Spp*

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

- *Askaris Spp Enterobius Spp*

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

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

- *Timah Hitam :*

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

- *Krom :*

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

- *Sianida :*

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

## 2.9.2 Gangguan terhadap Kehidupan Biotik

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada didalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan didalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya. Selain kematian kehidupan di dalam air disebabkan karena kurangnya oksigen di dalam air dapat juga disebabkan karena adanya zat beracun yang berada di dalam air limbah tersebut. Selain matinya ikan dan bakteri – bakteri didalam air juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air. Selain akibat matinya bakteri – bakteri, maka proses penjernihan sendiri yang seharusnya bisa terjadi pada air limbah menjadi hambatan. Sebagai akibat selanjutnya adalah air limbah

akan sulit untuk diuraikan. Selain bahan – bahan kimia yang dapat mengganggu kehidupan di dalam air , maka kehidupan di dalam air juga dapat terganggu dengan adanya pengaruh fisik seperti adanya temperatur tinggi yang dikeluarkan oleh industri yang memerlukan proses pendinginan. Panasnya air limbah ini dapat mematikan semua organisme apabila tidak dilakukan pendinginan terlebih dahulu sebelum dibuang ke dalam saluran air limbah.

### 2.9.3. Gangguan terhadap Keindahan

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang oleh perusahaan yang memproduksi bahan organik seperti tapioka, maka setiap hari akan dihasilkan air limbah yang berupa bahan – bahan organik dalam jumlah yang sangat besar. Ampas yang berasal dari pabrik ini perlu dilakukan pengendapan terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air limbah, akan tetapi memerlukan waktu yang sangat lama. Selama waktu tersebut maka air limbah akan mengalami proses pembusukan dari zat organik yang ada di dalamnya. Sebagai akibat selanjutnya adalah timbulnya bau hasil pengurangan dari zat organik yang sangat menusuk hidung. di samping bau yang di timbulkan, maka dengan menumpuknya ampas akan memerlukan tempat yang banyak dan mengganggu keindahan tempat disekitarnya. Pembuangan yang sama akan dihasilkan juga oleh perusahaan yang menghasilkan minyak dan lemak, selain menimbulkan bau juga menyebabkan tempat disekitarnya menjadi licin. Selain bau dan tumpukan ampas yang mengganggu, maka warna air limbah yang kotor akan menimbulkan gangguan pemandangan yang tidak kalah besarnya. Keadaan yang demikian akan lebih parah lagi, apabila pengotoran ini dapat mencapai daerah pantai di mana daerah tersebut merupakan daerah tempat rekreasi bagi masyarakat sekitarnya.

Pada bangunan pengolahan air limbah sumber utama dari bau berasal dari :

- a. Tangki pembusuk air limbah yang berisikan hidrogen sulfida air dan bau – bau yang lain melewati bangunan pengolahan .
- b. Tempat pengampulan buangan limbah industri.
- c. Bangunan penangkap pasir yang tidak dibersihkan.
- d. Buih atau benda mengapung yang terdapat pada tangki pengendapan pertama.
- e. Proses pengolahan bahan organik.
- f. Tangki pengentalan (*thickener*) untuk mengambil lumpur.
- g. Pembakaran limbah gas yang menggunakan suhu kurang dari semestinya.
- h. Proses pencampuran bahan kimia.
- i. Pembakaran lumpur.
- j. Penimbunan lumpur dan pengolahan lumpur melalui proses pengeringan.

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

#### Secara Fisik

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

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

#### Secara Kimiawi

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

#### Secara Biologis

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

#### 2.9.4. Gangguan terhadap Kerusakan Benda

Apabila air limbah mengandung gas karbondioksida yang agresif, maka mau tidak mau akan mempercepat proses terjadinya karat pada benda yang terbuat

dari besi serta bangunan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya benda tersebut maka biaya pemeliharaannya akan semakin besar juga yang berarti akan menimbulkan kerugian material. Selain karbondioksida agresif, maka tidak kalah pentingnya apabila air limbah itu adalah air limbah yang berkadar pH rendah atau bersifat asam maupun pH tinggi yang bersifat basa. Melalui pH yang rendah maupun pH yang tinggi akan mengakibatkan timbulnya kerusakan pada benda – benda yang dilaluinya.

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

## **2.10. Pengaliran Air Limbah di Daerah Perkotaan dan Permasalahannya**

### **2.10.1 Permasalahan Umum**

Susunan dan sifat air limbah yang berasal dari daerah industri adalah sangat bervariasi tergantung dari macam dan jenis dari industri. Agar air limbah dapat dikelola dengan baik maka susunan dan sifat air limbah tidak boleh diabaikan, karena hal ini dapat menyulitkan pada saat pengaliran atau pada saat pengelolaannya. Misalnya saja air limbah yang berasal dari pabrik cat, pabrik kertas akan banyak mengandung bahan kimia dimana dapat merusakkan dinding selokan. Sedangkan air yang berasal dari tempat pemotongan hewan akan banyak



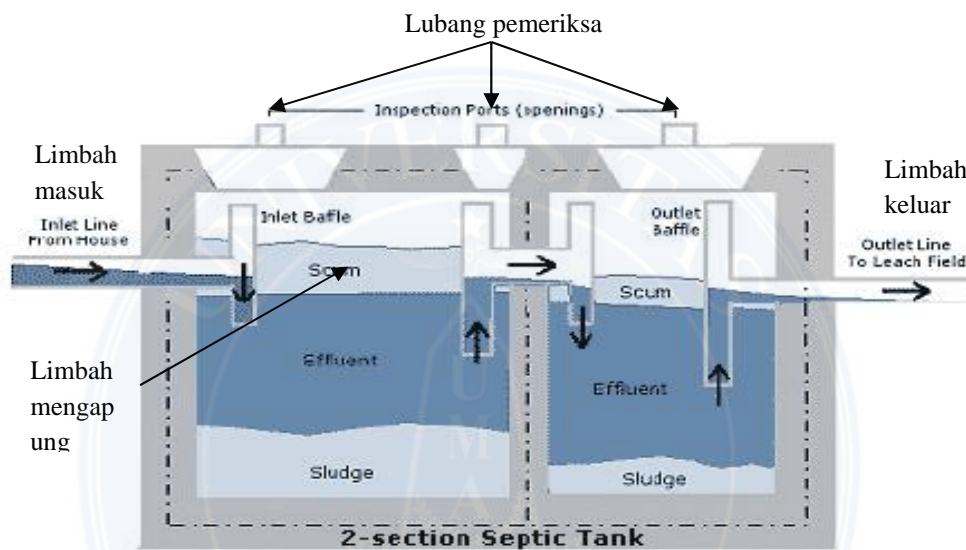
mengandung lemak, dimana pada saat panas menjadi cairan sedangkan apabila berada didaerah dingin akan melekat pada dinding saluran.

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

- a. Untuk membawa lumpur diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,1 m/detik.
- b. Untuk membawa pasir yang halus diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,15m/detik.
- c. Untuk membawa pasir kasar diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,2 m/detik.
- d. Untuk membawa kerikil halus diperlukan kecepatan 0,3 m/detik.
- e. Untuk membawa kerikil kasar diperlukan kecepatan aliran sebesar 0,7 m/detik.
- f. Sedangkan untuk membawa batu – batuan diperlukan kecepatan aliran sebesar 1,2 m/ detik.

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

Untuk mengatasi kesulitan terhadap adanya lemak di dalam air limbah, maka perlu dianjurkan adanya bangunan penangkap lemak sebelum industri membuang air limbahnya ke dalam saluran air limbah. Perusahaan yang banyak menghasilkan lemak antara lain, rumah makan, pemotongan hewan, pompa bensin serta bengkel mobil. Untuk lebih jelasnya maka berikut ini (gambar 2.10.1) adalah potongan melintang bak penangkap lemak yang dimaksud.



Gambar 2.10.1. Penampang melintang bangunan penangkap lemak

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

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

### **2.11. Beberapa Ketentuan Teknis**

Peta keadaan daerah yang lengkap dari suatu areal yang akan dilayani oleh suatu sistem pengolahan air limbah dengan menggunakan saluran, mutlak diperlukan. Penggunaan skala yang sesuai dengan penempatan garis kemiringan yang tepat adalah amat diperlukan untuk merencanakan pembuangan air limbah yang baik. Dengan melihat gambar akan dapat diketahui daerah mana saja yang memerlukan tambahan tekanan untuk mengalirkan air limbah serta saluran mana saja yang tidak memerlukan tambahan tekanan untuk pengalirannya. Penggunaan sistem grafitasi adalah pilihan yang tepat untuk mengalirkan air limbah, selain ekonomis dan memudahkan untuk melaksanakan perluasan selanjutnya.

Perlu ditambah kedalam peta adalah gambar secara terperinci dari perencanaan dan penumpangan jalan – jalan yang akan dilayaninya. untuk

membedakan tempat dan kelandaiannya maka perlu diberikan kode/penomorannya. Selain itu diperlukan juga perincian dari perlengkapannya yang diperlukan serta sambungan yang akan dipergunakan.

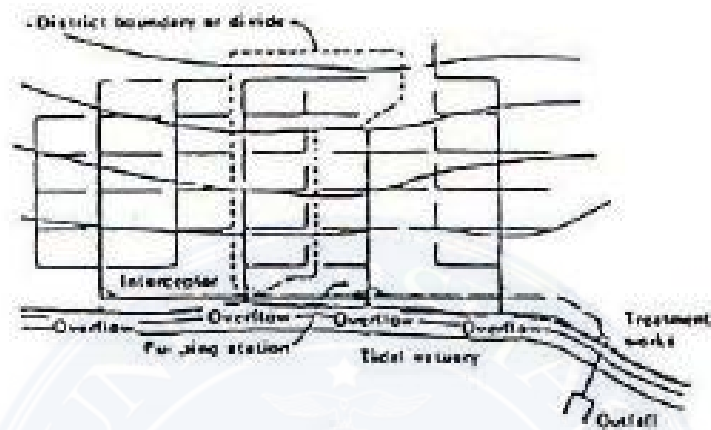
Keterangan tentang kondisi tanah sangat diperlukan dalam rangka pasangan saluran, karena keterangan ini memberikan penjelasan pada kita apakah dalam penggalian nantinya akan ditemukan daerah keras atau kah daerah lembek, atau tanah yang longsor yang memerlukan penahan untuk pasangan pipa saluran air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

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

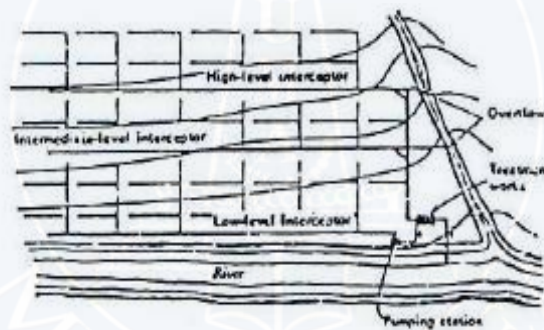
1. Sungai serta aliran, kolam, rawa yang ada di wilayah.
2. Tinggi rendahnya tanah sehingga diketahui garis kemiringan wilayah.
3. Daerah yang terendam banjir.
4. Perencanaan jalan berikut rencana saluran.
5. Daerah yang terendam air sewaktu hujan.
6. Kepadatan penduduk di setiap daerah.
7. Kepadatan bangunan yang ada di wilayah tersebut.
8. Ketinggian permukaan air tanah.
9. Arah pengaliran air sungai serta tinggi maksimum dan tinggi minimum.
10. Jenis tanah yang ada.
11. Saluran listrik, telepon, serta gas fan riol yang sudah ada.

12. Bagi kota yang terletak di tepi laut perlu juga disampaikan kondisi dari pantai (kecuraman pantai).

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



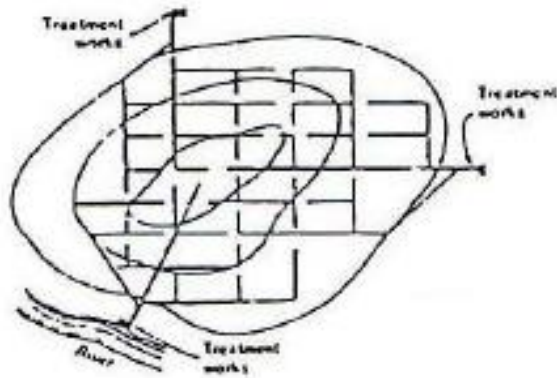
Gambar 2.11.a Denah pengelolaan air limbah dengan pola penahan



Gambar 2.11.b Denah pengelolaan air limbah dengan pola wilayah



Gambar 2.11.c Denah pengelolaan air limbah dengan pola kipas angin yang saniter



Gambar 2.11.d Denah pengelolaan air limbah dengan pola melingkar yang sanitair

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

Selain denah pada gambar , maka diperlukan juga perincian secara detail bagi tempat – tempat yang dirasakan perlu seperti potongan melintang suatu titik atau wilayah kecil.

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

1. Jangka waktu perencanaan : yang dimaksud disini adalah bahwa perencanaan diperhitungkan bukan hanya pada saat perencanaan akan tetapi telah diperhitungkan fasilitas pelayanan, jumlah penduduk serta pemekarannya pada masa yang akan datang dalam waktu tertentu.
2. Jumlah penduduk yang dilayani : banyaknya penduduk yan telah diperkirakan dalam perencanaan pada suatu areal yang akan dilayani,

dengan telah memperhitungkan faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi jumlah penduduk.

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

Sebelum ditentukan saluran mana yang dipergunakan untuk menyalurkan air limbah ke tempat pengolahan, tentu terlebih dahulu diperhitungkan keuntungan dan kerugian apabila menggunakan saluran terbuka atau tertutup.

Saluran terbuka hanya boleh dipergunakan apabila air telah melalui atau mengalami proses pengolahan. Selain itu beberapa hal lain yang perlu diperhatikan yaitu :

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

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

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

1. Sulit dalam melakukan pengawasan terhadap saluran ini.
2. Tidak dapat dipergunakan sebagai saluran pengeringan jalan.
3. Memerlukan pagar pelindung untuk menghindari terjadinya kecelakaan.
4. Perlu diberikan ganti rugi kepada pemilik tanah yang akan dilalui oleh saluran itu.



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

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

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

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

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

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

**Tabel : Kemiringan Minimum yang Dianjurkan Untuk Setiap Ukuran Diameter Saluran.**

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

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

Kemiringan diatas merupakan kemiringan minimum untuk mendapatkan kecepatan yang diperlukan. Dengan demikian apabila kemiringan dibuat melebihi standar yang ada masih diperbolehkan asal dengan kemiringan tersebut tidak menghasilkan kecepatan aliran air limbah yang menimbulkan kerusakan.

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

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

## 2.12 Dasar – Dasar Perhitungan

### 1. Dimensi Saluran

Setelah didapatkan debit aliran puncak dalam setiap sektor pelayanan kemudian dikalikan suatu faktor sehingga didapatkan debit pada saat penuh, baru dilakukan pendimensian pipa, yang pertama kali yang dilakukan dalam pendimensian adalah menghitung kemiringan tanah. Setelah kemiringan tanah diketahui, akan didapatkan kemiringan saluran. Kemiringan saluran awal bisa diperkirakan dengan menganggap pipa induk sebagai satu pipa yang panjang. Kedalaman penanaman pipa di awal dan di akhir ditentukan. Setelah itu dihitung kemiringannya dengan persamaan diatas. Untuk menentukan kecepatan aliran digunakan Nomogram Manning, dengan menggunakan nilai kemiringan yang telah didapat. Jika kecepatan aliran tidak memenuhi syarat maka perhitungan dimulai lagi dengan cara menetapkan kecepatan yang memenuhi syarat pengaliran terlebih dahulu. Di dalam metode ini digunakan istilah kecepatan penuh sebagai media perhitungan. Perhitungan dimensi pipa secara detail dilakukan setelah didapat kecepatan aliran yang memenuhi syarat. Persamaan yang di gunakan untuk mendapatkan dimensi pipa adalah sebagai berikut:

$$Q_s = F \cdot \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

$Q_s$  : Debit saluran ( $m^3/det$ )

$n$  : Koefisien kekasaran

$F$  : Luas penampang basah aliran

$R$  : Jari-jari hidrolis aliran ( $m^2$ )

- S : Kemiringan saluran  
 D : Diameter pipa (m)  
 F : Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)

Jika kecepatan aliran air buangan diinginkan untuk memenuhi persyaratan kecepatan air bersih, maka persamaan lain yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

### 2.13 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi dan koefisien skewness (kecondongan atau kemencengan).

Parameter	Rumus
Rata-rata	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$
Simpangan Baku (standar deviasi)	$sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
Faktor frekuensi	$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$
Koefisien Skewness	$G = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) s^3}$

Tabel 2.2 Parameter Statistik dalam curah hujan

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi.

- Distribusi Log Person III
- Distribusi Gumbel

### 2.13.1 Distribusi Log III

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Log Person III, mempunyai langkah-langkah perumusan sebagai berikut :

- Ubah data dalam bentuk logaritmis,  $X = \text{Log } X$
- Hitung harga rata-rata :

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i X_i}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Hitung Harga Simpangan Baku

$$s = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (l_i X_i - l_i \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Hitung koefisien kemencengan :

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (l_i X_i - l_i \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

- $X_T = \log \bar{X} + K.s$

Di mana :

K = Variabel standar (standardized variable) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan

### 2.13.2 Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel, mempunyai perumusan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K.S_x$$

Di mana :

$X_T$  = Variate yang diekstrapolasikan

$\bar{X}$  = harga rata-rata sampel

$S_x$  = standar deviasi (simpangan baku) sampel

Nilai K (factor probabilitas) untuk harga-harga ekstim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$K = \frac{Y_T - Y}{S}$$

Di mana :

$Y_n$  = reduced mean yang tergantung jumlah sample/data n (tabel 2.5)

$S_n$  = reduced standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sample/data n table (Tabel 2.6)

$Y_{Tr}$  = reduced variate, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{Tr} = - \ln \left\{ -1n \frac{Tr-1}{Tr} \right\}$$

Tabel 2.5 : Reduced Variate Sebagai fungsi Kala Ulang  
Sumber (Reduced mean (Yn))

T (tahun)	Yt (Reduced Variate)	T (Tahun)	Yt (reduced variate)
2	0.36651	200	5.29581
5	1.49994	500	6.21361
10	2.25037	1000	6.90726
20	2.97020	2000	7.60065
25	3.19853	5000	8.51709
50	3.90194	10000	9.211029
100	4.60015		

Tabel 2.5 : Reduced Mean (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,499	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,5181	0,520	0,5220
20	0,523	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,532	0,5332	0,534	0,5353
30	0,536	0,537	0,538	0,538	0,839	0,540	0,541	0,5418	0,542	0,5436
40	0,543	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,5473	0,547	0,5481
50	0,548	0,548	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,5511	0,551	0,5518
60	0,552	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,553	0,5540	0,554	0,5545
70	0,554	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,5563	0,556	0,5567
80	0,556	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,5581	0,558	0,5585
90	0,558	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,5596	0,559	0,5599
100	0,560									

Sumber : Jaronir Nemec (1973)

Tabel 2.6 : Reduced Standar Deviasi (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber : Jaronir Nemec (1973)



### Faktor Frekuensi K untuk distribusi Log Pearson III

Skew Coeff.	Averege Recurrence Interval in Years											
	1.0101	1.0526	1.1111	1.2500	2	5	10	25	50	100	200	1000
(K)	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.15
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.681	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909	7.03
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.696	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.134	3.973	4.847	6.92
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.711	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783	6.79
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.725	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.67
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.739	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.55
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.752	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.42
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.30
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.17
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	6.04
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.91
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.78
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.64
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.51
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.37
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	5.23
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.10
1.3	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.96
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.81
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575	4.67
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.53
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.39
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.24
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.10
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.96
0.5	-1.995	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.81
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.68
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.52
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.38
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.23
0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.09

Sumber : Australian Rainfall and Runoff, Flood Analysis and Design, The Institution of Engineers, Australia, Page 111

### 2.15. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistic maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus **Mononobe**.

$$I = \frac{R_{24}}{2} + \left( \frac{2}{t} \right) \left( \frac{2}{t} \right)^{2/3}$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T = lamanya curah hujan (jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan studi dan pengamatan terhadap pengolahan air limbah (IPAL) dan penyalurannya di kompleks Cemara Asri maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Proyeksi jumlah penduduk yang digunakan adalah Metode Bunga Berganda dikarenakan agar arah perkembangan kompleks Cemara Asri terus meningkat baik itu fasilitasnya maupun utilitasnya, sehingga didapat penambahan penduduk selama 10 tahun kedepan adalah sebesar 2138 jiwa yang terhitung mulai 2013 (2481 jiwa) – 2023 (4619.53 jiwa).
- Instalasi pengolahan air limbah di Komplek Cemara Asri menghasilkan air buangan 50% - 80% dari hasil pemakaian air bersih yaitu sebesar 55.683 liter /orang/hari.
- Dari analisa frekuensi curah hujan berdasarkan 2 jenis distribusi dengan periode ulang 5 tahun di peroleh nilai curah hujan sebagai berikut :
  - Log Person III  $R5 = 128.82 \text{ mm}$
  - Distribusi Gumbel  $R5 = 159.12 \text{ mm}$
- Nilai curah hujan yang digunakan untuk perhitungan intensitas curah hujan adalah nilai curah hujan Distribusi Gumbel periode ulang 5 tahun.

## 5.2 Saran

Terdapat beberapa saran yang perlu dipertimbangkan setelah tersusunnya studi dan pengamatan pengolahan air limbah dan penyalurannya, yakni :

1. Diharapkan kepada pihak Komplek Cemara Asri dapat mengaplikasikan hasil studi ini di lapangan agar kedepannya tidak merusak lingkungan yang berada di sekitarnya.
2. Perlu dilaksanakannya pemeliharaan rutin pada saluran air limbah baik itu bak pengendapan maupun sumur pengumpul dan saluran drainase di komplek Cemara Asri ini.
3. Partisipasi dan kesadaran penduduk diharapkan dapat menjaga saluran yang telah ada untuk tidak membuang sampah dan merusak saluran tersebut, baik itu saluran air limbah maupun saluran drainase.

## DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, Rumila. 2013. *Rekayasa Hidrologi*. Medan: UNIMED PRESS.
- Metcalf dan Eddy Inc., *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Re Use, McGraw-Hill Series Water Resources and Environmental Engineering*, (New York : Mc Graw-Hill Book Co., 1979).
- Okun, Daniel A dan George Ponghis ., *Communiy Wastewater Collection and Disposal and Disposal*,(Geneva : WHO., 1975).
- Parker, P.E. dan Horner W., *Wastewater Sistem Engineering*, (New Yersey : Prentice Hall Inc., 1975).
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia Indonesia.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Triatmodjo, Bambang, 1993. *Hidrolika*. Yogyakarta: BETA OFFSET.
- Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: BETA OFFSET.

Lampiran :



Gambar 1 : Lubang Mainhole Air limbah



Gambar 1 : Alat pencacah dan penyaringan air limbah



Gambar 3 : Grill pemisah air limbah dan sampah



Gambar 4 : Mesin Belt Conveyor untuk mengangkut sampah limbah



Gambar 5 : Bak pengendapan dalam keadaan kosong



Gambar 6 : Bak pengolahan dengan cara memasukan udara ke dalam air limbah





Gambar 7 : Bak pengering lumpur secara ilmiah



Gambar 8 : Bak pembuangan lanjutan ke sungai

**TABEL KETINGGIAN AIR SKALA V'NOCTH**

TINGGI AIR (CM)	KAPASITAS (Q)	
	LITER/DETIK	M <sup>3</sup> /JAM
14	16.2	36.6
15	12.5	45.0
16	14.4	52.0
17	16.6	59.7
23	36.6	128.2
24	39.2	14.1
25	43.1	155.1
26	47.2	169.7
27	52.9	190.4
33	85.8	308.8
34	93.9	338.2
35	100.4	361.3
36	107.1	385.3
37	116.4	418.8
38	123.7	445.0
53	282.8	1017
54	295.1	1062
55	312	1123
56	325	1170

PDAM TIRTANADI

Gambar 9 : Tabel ketinggian air limbah