

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN**  
**( OM ) PADA PROYEK INSTALASI UNIT PENGOLAHAN**  
**LIMBAH**



**DISUSUN OLEH**

**Nama : AGUS MUSLIM**

**No. Mhs : 93 310 238**

**Nirm : 930051013114120235**

**Nama : ANTONI HADI IMRON**

**No. Mhs : 93 310 350**

**Nirm : 930051013114120344**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**

**1999**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN  
( OM ) PADA PROYEK INSTALASI UNIT PENGOLAHAN  
LIMBAH**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
derajat Sarjana Teknik Sipil**

**DISUSUN OLEH**

**Nama : AGUS MUSLIM  
No. Mhs : 93 310 238  
Nirm : 9300510113114120235  
Nama : ANTONI HADI IMRON  
No. Mhs : 93 310 350  
Nirm : 9300510113114120344**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1999**

**HALAMAN PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**


**ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN  
( OM ) PADA PROYEK INSTALASI UNIT PENGOLAHAN  
LIMBAH**

**Nama : AGUS MUSLIM  
No Mhs : 93 310 238  
Nirm : 930051013114120235**

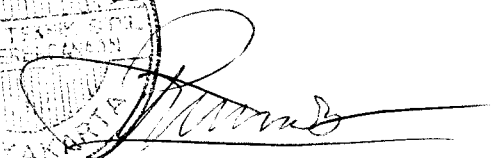
**Nama : ANTONI HADI IMRON  
No Mhs : 93 310 350  
Nirm : 930051013114120344**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Ir. Endang Tantrawati, MT  
Dosen Pembimbing I**

  
Tanggal: 2 Okt 99

**Dr. Ir. H. Dradjat Suhardjo, SU  
Dosen Pembimbing II**

  
Tanggal: 02 Okt 99

*Kupersembahkan Tugas Akhir-ku ini hanya untuk Ayah dan Ibu tercinta, serta untuk keluarga tersayang; Kakek, Ecek, Yuk Im, Yuk Ida, Yuk Ros, Kak Kandar, Kak Irin, Kak Solihin serta buat Adik-adikku, Aisyah dan Jamilah yang telah banyak membantu dan mendo'akan agar Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tak lupa pula buat keponakan-keponakan yang terkasih. "Kalian adalah segalanya bagiku".*

*Terakhir untuk Yossie yang telah memberikan spirit yang sangat berarti dalam hidup ini, terima kasih atas do'anya.*

*Agus Muslim*

"Barang siapa yang menghendaki dunia, hendaklah dengan ilmu. Dan barang siapa yang menghendaki akherat, maka hendaklah dengan ilmu. Dan barang siapa yang menghendaki keduanya, maka hendaklah dengan ilmu."

Tugas akhir ini kupersembahkan untuk :

- Yang tercinta, Ibunda Muanifah dan Ayahanda Sholeh  
(alm)
- Yang tersayang, adikku Anita Yuliatik
- Yang terindah, Laksmi Devi K.N

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrahim*

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Dipanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam memperoleh derajat kesarjanaan dalam bidang ilmu Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama penyelesaian Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Biaya Operasional dan Pemeliharaan ( OM ) pada Proyek Instalasi Unit Pengolahan Limbah” tentunya banyak pihak yang telah membantu. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Widodo MSCE, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII yang telah memberikan persetujuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. Endang Tantrawati, MT, selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.

4. Dr. Ir. H. Dradjat Suhardjo, SU, selaku pembimbing II yang telah memberikan bantuan literatur, bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Staf karyawan *Yogyakarta Urban Infrastructure Management Support* konsultan perencana Instalasi Pengolahan Air Limbah Bantul.
6. Rekan-rekan yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Disadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Kritik dan saran sangat dibutuhkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya diharapkan hasil yang disajikan dalam Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi pembaca, dan khususnya bagi diri sendiri.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, September 1999

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	6
2.2 Karakteristik Air Limbah	
2.2.1 Sumber, jenis dan macam air limbah.....	6
2.2.2 Kuantitas.....	10
2.2.3 Kualitas.....	11



2.2.4 Pengendalian kualitas air.....	12
2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah.....	13
2.4 Sistem Pengolahan Air Limbah.....	14
2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	15
2.6 Operasi dan Pemeliharaan.....	18
2.7 IPAL Yogyakarta.....	20
 BAB III. LANDASAN TEORI	
3.1 Operasi.....	23
3.2 Pemeliharaan .....	23
3.3 Biaya Operasional dan Pemeliharaan.....	24
3.4 Penduduk.....	31
3.5 Pendapatan / <i>Revenue</i> .....	34
3.6 <i>Benefit-Cost Ratio</i> (BCR).....	34
3.7 Titik Impas ( <i>Break-Even Point</i> ).....	36
 BAB IV. METODE ANALISIS	
4.1 Analisis Sistem Air Limbah dan Sanitasi.....	38
4.1.1 Pengolahan air limbah sistem terpusat.....	39
4.1.2 Jaringan.....	43
4.1.3 Sistem penggelontor.....	45
4.1.4 Pengolahan dan pembuangan.....	47
4.2 Analisis Kependudukan.....	54
4.3 Analisis Anggaran Biaya.....	60
4.4 Analisis Biaya Operasional dan Pemeliharaan.....	60

4.5 Analisis Pendapatan.....	66
4.6 Titik Impas ( <i>Break-Even Point</i> ).....	66
BAB V. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 Lokasi Penelitian.....	68
5.2 Hasil Analisis	
5.2.1 Analisis Anggaran Biaya.....	70
5.2.2 Analisis kependudukan.....	72
5.2.3 Analisis biaya operasional dan pemeliharaan.....	73
5.2.4 Analisis pendapatan.....	75
5.3 Titik Impas ( <i>Break-Even Point</i> ).....	80
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	85
6.1.1 Kemampuan IPAL.....	85
6.1.2 Biaya operasional dan pemeliharaan.....	86
6.2 Saran.....	87
6.2.1 Kemampuan IPAL.....	87
6.2.2 Biaya operasional dan pemeliharaan.....	87
6.2.3 Pemulihan biaya operasional dan pemeliharaan.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

No. Judul Tabel.....	Halaman
1. Komposisi pemakaian air dalam kota.....	9
2. Jenis mikroorganisme dalam air limbah.....	12
3. Komponen biaya operasi dan produksi.....	25
4. Parameter desain IPAL.....	53
5. Data Operasi IPAL .....	54
6. Jumlah penduduk Kotamadya Yogyakarta tahun 1996-1998.....	54
7. Jumlah penduduk dengan $r = 1,14 \%$ dan $r = 0,04 \%$ .....	59
8. Pembiayaan pembangunan IPAL.....	70
9. Lahan dan struktur bangunan di IPAL Sewon.....	70
10. Peralatan di IPAL Sewon.....	71
11. Ringkasan aset di IPAL.....	71
12. Jumlah penduduk dari tahun 2002-2012.....	72
13. Realisasi biaya O&M IPAL.....	74
14. Anggaran biaya O&M IPAL dari tahun 1998/1999-2011/2012.....	75
15. Tarif retribusi assainering.....	76
16. Tarif retribusi terencana dari tahun 2000/2001-2011/2012.....	77
17. Pendapatan per tahun (2000-2012).....	77
18. Banyaknya rumah tangga dan jumlah penduduk akhir tahun 1998.....	77
19. Tarif retribusi terencana dari tahun 2000/2001-2011/2012.....	78

20. Tarif retribusi terencana dari tahun 2000/2001-2011/2012.....	79
21. Pendapatan per tahun (2000-2012).....	79
22. Pendapatan dari awal operasi sampai 50 tahun.....	82

## DAFTAR GAMBAR

No. Judul Gambar.....	Halaman
1. Petunjuk Lokasi IPAL.....	5
2. Diagram Pengolahan Air Limbah .....	17
3. Tipe <i>Manhole</i> yang sering digunakan.....	22
4. Waktu kegagalan.....	27
5. Tingkat kegagalan atau kurva bak-mandi yang khas dari banyak produk dan sistem .....	29
6. Hubungan volume produksi, total biaya, dan titik impas.....	36
7. Skema Sistem Jaringan Terpusat.....	40
8. Skema Sambungan Rumah.....	41
9. Detail <i>Inlet</i> Pipa Penggelontor Induk Menuju Lateral.....	42
10. <i>Site Plan</i> IPAL Pendowoharjo Sewon Bantul.....	48
11. Diagram Alir No. 1 IPAL Pendowoharjo Sewon Bantul.....	49
12. Diagram Alir No. 2 IPAL Pendowoharjo Sewon Bantul.....	50
13. Susunan Organisasi yang Bertanggung Jawab pada IPAL Bantul.....	62
14. Daerah Pelayanan dan Zona Air Limbah di Perkotaan Yogyakarta.....	69
15. Grafik Titik Impas dari Pendapatan dan Investasi + OM.....	80
16. Grafik Titik Impas dari Pendapatan dan Investasi + OM .....	81
17. Grafik Titik Impas dari Pendapatan dan Investasi + OM .....	83

## DAFTAR LAMPIRAN

### No. Judul Lampiran

1. Permohonan data pada BAPPEDA Tingkat I Propinsi DI Yogyakarta
2. Permohonan data pada DPU Propinsi DI Yogyakarta
3. Surat Izin Penelitian dari BAPPEDA Tingkat I Propinsi DI Yogyakarta
4. Surat Izin Penelitian dari BAPPEDA Kotamadya Tingkat II Yogyakarta
5. Surat Izin Penelitian dari BAPPEDA Kotamadya Tingkat II Bantul
6. Perkembangan Penduduk Kotamadya DATI II Yogyakarta Keadaan Akhir Tahun 1997
7. Banyaknya Rumah Tangga dan Penduduk Menurut Kewarganegaraan dan Jenis Kelamin di Kotamadya DATI II Yogyakarta Keadaan Pertengahan Tahun 1997
8. Banyaknya Kelahiran dan Penduduk Datang Menurut Kecamatan di Kotamadya DATI II Yogyakarta pada Akhir Tahun 1997
9. Perkembangan Penduduk Setiap Bulan Dirinci Menurut Kelamin Tahun 1998
10. Banyaknya Rumah Tangga dan Penduduk Menurut Kewarganegaraan dan Jenis Kelamin Keadaan Akhir Tahun 1998
11. Produksi Air Minum Menurut Sumber Air yang Dipakai Tahun 1993-1996
12. Banyaknya Pelanggan dan Jumlah Air yang Disalurkan di Kotamadya DATI II Yogyakarta pada Akhir Tahun 1991-1996
13. Inventarisasi Aset DKP, Sambungan Pelayanan dan Sistem Lateral Tahun 1993-1997
14. Inventarisasi Aset DKP, Saluran Induk dan Sistem Penggelontor Tahun 1993-1997
15. Produksi Air Minum Menurut Sumber Air yang Dipakai Tahun 1993-1998

16. Banyaknya Air Minum yang Disalurkan ( $M^3$ ) dan Jumlah Pelanggan Tahun 1995-1998
17. Pendapatan Tahunan/Retribusi (Dalam Juta Rupiah)
18. Biaya Operasi dan Pemeliharaan (Dalam Juta Rupiah)
19. Pemerintah Kotamadya DATI II Yogyakarta, DKP Seksi Penanggulangan Air Kotor
20. Petunjuk Operasi IPAL Sewon Bantul

## INTISARI

IPAL sebagai instalasi unit pengolah limbah cair perkotaan memerlukan penanganan yang baik berupa cara pengoperasian dan pemeliharaan agar berfungsi sesuai tujuan dan umur perencanaannya. Salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah besarnya biaya operasional dan pemeliharaan IPAL serta anggaran yang tersedia. Ketidaksesuaian anggaran dengan besarnya biaya operasional dan pemeliharaan yang seharusnya akan mempengaruhi kegiatan pengoperasian dan pemeliharaan, yang secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi umur pelayanan dan kapasitas IPAL. Lokasi penelitian terletak di dusun Diro dan Cepit desa Pendowoharjo Kecamatan Sewon Bantul.

Di dalam Tugas Akhir ini dilakukan analisis terhadap biaya operasional dan pemeliharaan dengan kapasitas IPAL sekarang dan prediksi tahun 2012, dengan cara meningkatkan biaya operasional dan pemeliharaan serta tarif retribusi dengan beberapa alternatif dengan tidak mengesampingkan peraturan pemerintah yang ada.

Analisis dilakukan dengan dasar kapasitas yang ada sekarang (hanya mampu melayani 14 % penduduk dari 53 % yang direncanakan). Dari hasil analisis, biaya operasional dan pemeliharaan dapat dipulihkan dengan cara retribusi dari pelanggan domestik yaitu sebesar Rp. 41.315,00 per bulan, dan apabila ada kesadaran semua masyarakat kota Yogyakarta untuk membuang limbah ke instalasi dan membayar retribusi, maka biaya retribusi dapat dinaikkan menjadi Rp. 19.317,00. Dengan demikian besarnya biaya operasional dan pemeliharaan akan mempengaruhi tarif retribusi yang dibebankan pada masyarakat, dimana tarif retribusi ini dipengaruhi juga oleh besarnya jumlah pelanggan.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### **1.1 Latar Belakang**

Peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan telah memperoleh landasan yang kuat dengan diundangkannya Undang-Undang nomor 4 tahun 1982 tentang ketentuan-ketentuan pokok pengelolaan lingkungan hidup pada tanggal 2 Maret 1982, dan dikukuhkan kembali dengan UU nomor 23 tahun 1997, tentang pengelolaan lingkungan hidup.

Undang-undang Lingkungan Hidup (UULH) memuat azas dan prinsip-prinsip pokok bagi pengelolaan lingkungan hidup, sehingga berfungsi payung bagi penyusunan peraturan perundang-undangan lainnya yang berkaitan dengan lingkungan hidup. Pengelolaan lingkungan hidup adalah merupakan upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan dan pengendalian lingkungan hidup (UU RI No. 23 tahun 1997 Pasal 1 Ayat : 2 ).

Dalam pemeliharaan lingkungan hidup usaha preventif yang dilakukan yaitu menjaga agar lingkungan hidup tidak tercemari oleh berbagai macam polusi termasuk limbah. Maraknya pembangunan dewasa ini dengan dibangunnya pemukiman-pemukiman baik di perkotaan maupun di pedesaan, menimbulkan semakin banyaknya limbah yang dihasilkan, terutama di perkotaan. Ini akan

mengakibatkan lingkungan hidup yang tidak sehat, sehingga perlu dipikirkan bagaimana mengatasi ini dengan tidak menimbulkan dampak negatif pada lingkungan sekitarnya. Meningkatnya jumlah penduduk dan urbanisasi serta kebutuhan air bersih yang berkualitas baik, ini juga akan berdampak pada peningkatan limbah yang dihasilkan.

Berhubung dengan makin pentingnya masalah lingkungan, maka perlu dipertegas telah adanya proses secara aerobik dan an aerobik. Biasanya orang atau perusahaan membuang limbah begitu saja masuk ke badan air umum. Dengan demikian mereka mengharapkan limbah tersebut oleh badan air umum (sungai atau genangan air), dapat diproses oleh alam secara aerobik. Terutama di Pulau Jawa yang padat penduduknya, kesempatan itu sudah jarang dapat dijumpai.

Instalasi pengolahan limbah kota dibangun untuk mengolah kotoran-kotoran yang mencemari sungai dan air tanah yang mengairi kota dan bertujuan untuk mencegah dampak negatif yang ditimbulkan oleh kotoran-kotoran yang mencemari air permukaan tersebut. Setelah bangunan tersebut selesai dibangun maka diperlukan penanganan lebih lanjut berupa cara pengoperasian dan pemeliharaan bangunan agar berfungsi sesuai tujuannya dalam waktu yang lama sesuai umur perencanaan.

Pada umumnya pihak pengelola Instalasi Pengolahan Air Limbah ( IPAL ) tidak memperhitungkan dengan pasti berapa besar biaya operasional dan pemeliharaan yang akan dikeluarkan nantinya. Ini akan berdampak pada kapasitas produksi atau umur pelayanan dari IPAL tersebut. Oleh karena itu penulis

melakukan penelitian tentang biaya operasional dan pemeliharaan pada proyek IPAL tersebut.

## **1.2 Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah menganalisis biaya operasi dan pemeliharaan (OM) yang seharusnya dikeluarkan oleh proyek Instalasi Pengolahan Air Limbah, sehingga kapasitas produksi atau umur pelayanan dari IPAL dapat berlangsung dalam jangka waktu yang diinginkan dan berkelanjutan.

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan pertimbangan di atas maka dalam penulisan ini dibatasi pada :

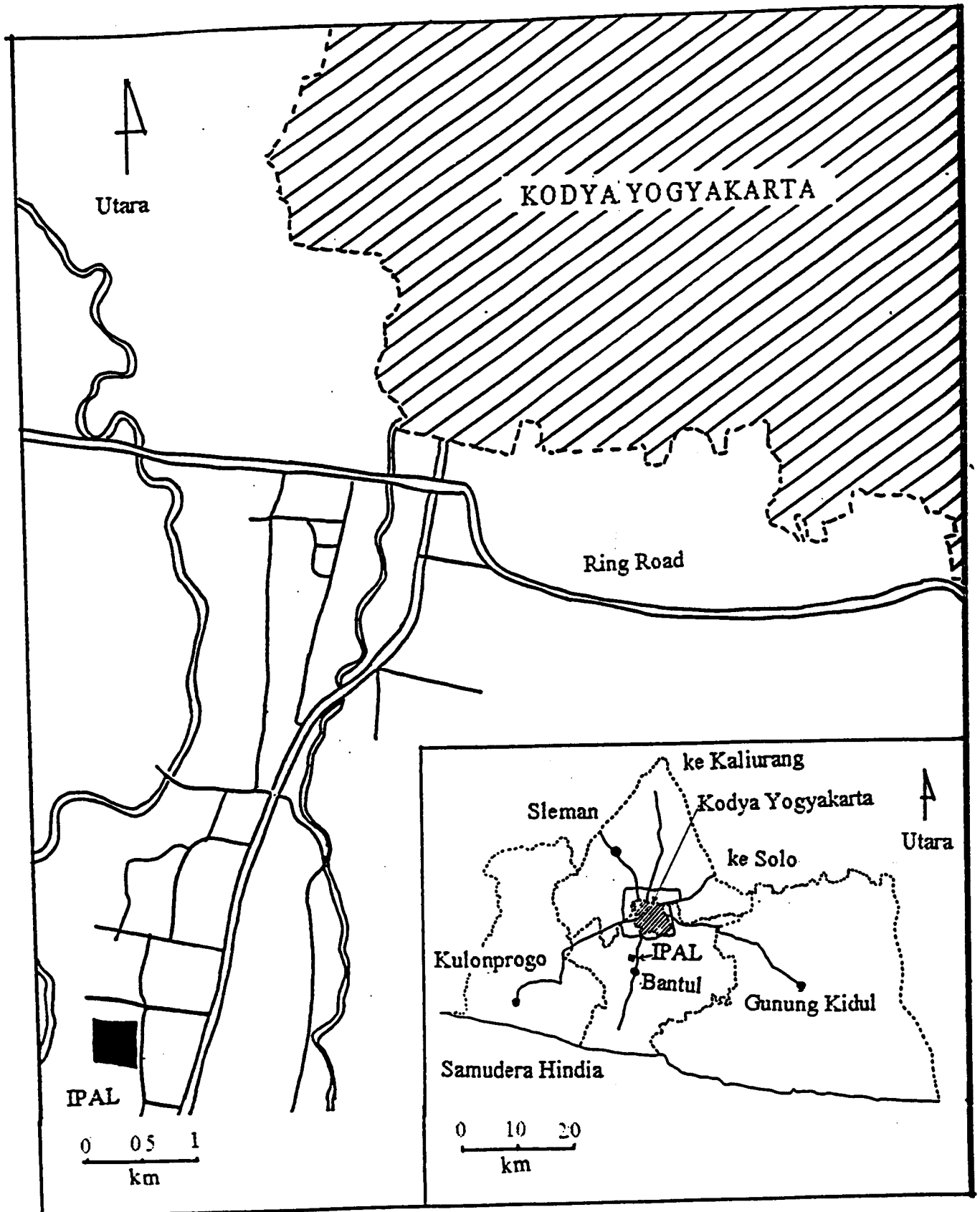
- 1., proyek instalasi pengolahan limbah cair perkotaan khususnya limbah rumah tangga,
- 2., IPAL di daerah Bantul, terletak di desa Pendowoharjo kecamatan Sewon, yang merupakan IPAL untuk limbah dari Kotamadya Yogyakarta.

Adapun lokasi IPAL dapat dilihat pada gambar 1.1.

## **1.4 Metodologi Penelitian**

Dalam penulisan tugas akhir ini, akan menganalisis biaya operasional dan pemeliharaan pada proyek Instalasi Unit Pengolahan Limbah. Analisis biaya OM dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- 1., studi pustaka dari berbagai buku-buku literatur,
- 2., merangkum teori yang saling berhubungan antara analisis proyek dan pengelolaan limbah cair,



Gambar 1.1 Petunjuk Lokasi IPAL

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### **2.1 Umum**

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia, dan air limpahan di permukaan tanah maupun air rembesan di dalam tanah yang terjadi sebagai akibat turunnya hujan (Widodo, 1996 ).

Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air limbah yang dibuang berlebihan, melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka akan terjadi kerusakan lingkungan, oleh karena itu perlu dilakukan penanganan air limbah yang lebih seksama dan terpadu baik yang dilakukan oleh pemerintah, swasta dan masyarakat.

#### **2.2 Karakteristik Air Limbah**

##### **2.2.1 Sumber, jenis dan macam air limbah**

###### **a. Air limbah domestik atau limbah cair rumah tangga**

Limbah cair rumah tangga yang dimaksudkan penulis semua buangan dari hasil kegiatan rumah tangga mandi, mencuci, dan membuang kotoran manusia ( tinja dan urine ). Pengertian tersebut perlu diperjelas karena belum ada definisi yang tegas. Sebagai contoh Mahida (1984) mengartikan

limbah adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir-hampir 0,1 % dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan bukan organik. Sedangkan limbah domestik ialah limbah yang terdiri dari pembuangan air kotor dari kamar-kamar mandi, kakus dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran yang rumit dari zat-zat bahan mineral dan organik dalam banyak bentuk, termasuk partikel-partikel besar dan kecil benda padat, sisa-sisa bahan larutan dalam keadaan terapung dan dalam bentuk koloid dan setengah koloid (Mahida, 1984, hal : 9-10, *dalam* Suharjo. D, 1988 : 34).

Agra (1986) mengartikan limbah adalah semua barang yang sudah tidak dipakai lagi yang sumbernya dari pemukiman, pasar/perkotaan, industri dan lain-lain (Agra, 1986, hal : 2, *dalam* Suharjo. D, 1988 : 34), sementara Sukanto dan Budi Purnomo mengartikan limbah buangan adalah zat yang dibuang karena tak dipakai lagi (Sukanto dan Budi Purnomo, 1982, hal : 97, *dalam* Suharjo, 1988 : 34).

Steel (1976) mengartikan limbah domestik (*domestic waste*) atau limbah rumah tangga (*house hold waste*) semua barang yang dibuang (*refuse*) dari rumah tangga berupa sampah organik (*garbage*), sampah padat an organik (*rubbish*) dan abu (*ashes*) dapur termasuk asapnya (Ehlers dan Steel, 1976, hal : 3 dan 151, *dalam* Suharjo, 1988 : 34).

Steel (1960) memberikan penjelasan yang termasuk limbah domestik termasuk yang dari pelayanan umum, perumahan, hotel dan sebagainya

yang berupa air untuk pembersihan, masak, minum, mencuci, mandi dan keperluan lain (Steel, 1960, hal : 10 dan 60, *dalam* Suharjo. D, 1988 : 35).

Dari berbagai pendapat sebagaimana tersebut diatas dalam tugas akhir ini limbah cair rumah tangga sesuai (identik) dengan yang dimaksudkan limbah domestik oleh Mahida.

Limbah cair rumah tangga dari kota mempunyai potensi yang sangat besar untuk mencemari berbagai anasir lingkungan karena kecuali jumlahnya yang besar susunan fisik, biologis maupun kimianya sangat berpotensi untuk menjadi pencemar (polutan). Untuk memperoleh gambaran jumlah limbah cair rumah tangga yang dihasilkan oleh suatu kota tidak bisa terlepas dari kebutuhan air penduduk kota setiap rumah ataupun setiap orang (kapita).

Menurut "*Seminar on Sewage Disposal*", Kandy Coylon Agustus - 1955 (dalam Tan Tjeng Giok, 1983, *dalam* Suharjo. D, 1988 : 35), pemakaian air di negara-negara berkembang rata-rata per kapita 100 liter/orang/hari. Sedangkan lumpur yang dihasilkan 30 liter/orang/tahun, standar WHO (*World Health Organization*) 28,8 liter/orang/tahun.

Salvato (1972) mengutip dari "*United States Municipal News*" mengenai peningkatan fasilitas dan pelayanan penduduk kota setiap adanya pertumbuhan 1000 orang ialah kebutuhan air bertambah (100-200) gallon/orang/hari atau (35-70) juta gallon/tahun, keperluan instalasi pembersih air untuk (100.000-150.000) *gpd* (*gallon per day*), endapan

padat yang dihasilkan 195 lb. (pond) per hari atau 0.09 kg/orang/hari. Kebutuhan air rata-rata penduduk perkotaan diperhitungkan 150 gallon/orang/hari (680 liter/orang/hari). (Salvato, 1972 hal : 89, 128, dalam Suharjo. D, 1988 : 37).

Steel (1960) mengutip komposisi pemakaian air dalam kota berdasarkan "Manual of American Water Work Practice" sebagai berikut :

Tabel 2.1 : Komposisi pemakaian air dalam kota

Penggunaan	Gallon/orang/hari	Prosentasi
Rumah Tangga	60	40
Industri	32	21,3
Perdagangan	21	14,0
Pelayanan Umum	15	10,0
Hilang dan limbah	22	14,7
	150	100

Sumber Steel, 1960 hal : 12 dalam Suharjo. D, 1988 : 36

Kallau (1986) mengutip beberapa pendapat mengenai air domestik antara lain ialah bahwa air domestik adalah air yang digunakan untuk individu, apartemen-apartemen, rumah-rumah dan sebagainya misalnya untuk air minum, mandi, masak, menyiram halaman dan kegunaan sanitasi (Sutikno, 1981, dalam Suharjo. D, 1988 : 38). Air domestik mencakup keperluan yang lebih luas daripada air minum (Hardjoso, 1972). Sedang kebutuhan air per kapita setiap hari untuk perencanaan pemukiman kota 150 liter, untuk tahun 2000 diperkirakan 200 liter (Dep. PU, 1979). Dari hasil-hasil penelitian beberapa kota Jawa kebutuhan air rata-rata per kapita setiap hari Yogyakarta 225 liter (PDAM Tirta Marta, 1990),



Cilacap 103 liter, Purwokerto 157 liter, Banjarnegara 107 liter (Sutikno, 1981). Untuk daerah pedesaan rata-rata 60 liter (Martopo. S, 1984, Kallau, 1986). Kota-kota modern di dunia memerlukan paling sedikit 600 liter/orang/hari untuk keperluan domestik (*Unesco/IAHS*, 1977 hal: 227). Ini berarti bahwa makin besar dan makin modern suatu kota kebutuhan air per kapita akan makin meningkat, demikian pula limbah cair yang dihasilkannya.

b. Air limbah industri.

Air limbah ini berasal dari kegiatan industri, seperti pabrik industri logam, tekstil, kulit, pangan, industri kimia.

c. Air limbah limpasan dan rembesan air hujan.

Air limbah ini adalah air limbah yang melimpasi diatas permukaan tanah dan meresap kedalam tanah sebagai akibat terjadinya hujan.

### **2.2.2 Kuantitas**

Untuk menentukan kuantitas air limbah secara pasti, sangat sulit karena banyak faktor-faktor yang mempengaruhi. Banyaknya air limbah yang dibuang dipengaruhi oleh :

- a., jumlah air bersih yang dibutuhkan per kapita akan mempengaruhi jumlah air limbah yang dibuang. Pada umumnya besarnya air limbah ditentukan berkisar 60-70 % dari banyaknya air bersih yang dibutuhkan.
- b., keadaan masyarakat dan lingkungan suatu daerah akan mempengaruhi besarnya air limbah yang dibuang tersebut, dapat dibedakan berdasarkan:

- 1)., tingkat perkembangan suatu daerah (kota, urban dan pedesaan), jumlah limbah yang dibuang di kota lebih besar dari pada jumlah limbah yang dibuang di desa.
  - 2)., daerah yang mengalami kekeringan sepanjang tahun akan berbeda cara membuang limbahnya dengan daerah yang tidak mengalami kekeringan.
  - 3)., pola hidup masyarakat, terutama dalam menerapkan cara membuang sampah masing-masing daerah akan berbeda, hal tersebut akan menentukan jumlah air limbah yang dibuang, seperti di Jawa Barat dengan kolam ikannya, Kalimantan dengan jamban apungnya.
- c., keserempakan pembuangan air limbah yang tidak sama antara sumber yang satu dengan yang lain dalam setiap harinya.
- Besaran buangan limbah yang digunakan dalam perencanaan di Indonesia adalah 100-150 liter/orang/hari.

### **2.2.3 Kualitas**

Kualitas air limbah dapat diketahui melalui beberapa sifat dan karakteristiknya yang meliputi:

a., sifat fisik

- 1)., bahan padat : terapung, tersuspensi, terlarut dan mengendap
- 2)., warna : coklat muda, abu-abu tua dan hitam
- 3)., bau : busuk
- 4)., suhu : lebih tinggi dari air bersih

b., sifat kimia

1)., organik : minyak, lemak, protein dan karbohidrat

2)., anorganik : sulfat, belerang, chlorida, nitrogen, fosfor dan logam berat

3)., gas-gas : hidrogen sulfida, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan metan

c., sifat biologis

Berbagai jenis mikroorganisme terdapat dalam air limbah dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.2: Jenis mikroorganisme dalam air limbah

No.	Kelompok besar	Anggota
1.	Binatang	Bertulang belakang, kerang-kerangan
2.	Tumbuh-tumbuhan	Lumut dan pakis
3.	Protista	Bakteri

Sumber: Sidharta, 1997 hal : 69

Ketentuan mengenai persyaratan baku mutu air limbah dibuat oleh berbagai pihak yang berkepentingan dengan masalah lingkungan, beberapa diantaranya adalah :

- 1). Persyaratan yang dibuat oleh United State Enviromental Protection Agency (US EPA) dan lainnya
- 2). Persyaratan yang dibuat oleh pemerintah berupa Peraturan Pemerintah No. 20 Th. 1990. Yang menjabarkan lebih lanjut di daerah diatur melalui Peraturan Daerah (Perda) pada masing-masing propinsi.

#### 2.2.4 Pengendalian kualitas air

Pada kondisi normal, sangatlah penting untuk memeriksa kualitas air, apakah berada pada rentang harga yang telah ditentukan, hal ini untuk

melihat apakah instalasi pengolahan limbah ini berfungsi/beroperasi dengan baik

a., BOD (Biological Oxygen Demand/ Kebutuhan Oksigen Terlarut).

BOD adalah oksigen terlarut yang dikonsumsi oleh karena adanya proses respirasi/pernapasan mikroorganisme aerobik yang hidup di dalam air. BOD yang disyaratkan adalah  $220 \pm 10$  ppm.

b., zat tersuspensi.

Zat tersuspensi ini adalah bahan yang dapat dipisahkan dengan filtrasi atau alat pemisah sentrifugal.

c., pengujian bakteri

Pengujian bakteri dilakukan pada sejumlah bakteri yang umum atau coliform.

### **2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah**

Untuk penanganan limbah domestik secara komunal diperlukan saluran air limbah yang dapat mengalirkan air limbah mulai dari tempat sumbernya sampai ke Instalasi Pengolahan Air Limbah. Saluran air limbah yang menyalurkan air limbah tersebut berupa jaringan pipa yang ditanam di bawah permukaan tanah dan jaringan pipa tersebut biasanya terdapat di kota-kota besar. Jaringan pipa air limbah ini biasanya disebut dengan riool kota.

Sistem penyaluran air limbah domestik ada beberapa macam, yaitu :

a., sistem campuran : yaitu sistem penyaluran dimana air limbah yang berasal dari air kotor dan air bekas dikumpulkan dan dialirkan ke dalam satu saluran,

- b., sistem terpisah : yaitu dimana air kotor dan air bekas masing-masing disalurkan secara terpisah. Jika sistem riol ini tidak ada maka sistem penyaluran akan disambungkan ke instalasi pengolah air kotor terlebih dahulu,
- c., sistem gravitasi yaitu mengusahakan agar air limbah dapat dialirkan secara gravitasi dengan mengatur letak kemiringan pipa saluran,
- d., sistem bertekanan yaitu sistem dimana air limbah dikumpulkan ke dalam bak penampung dan kemudian dipompakan keluar, dengan menggunakan pompa motor listrik dan bekerja secara otomatis.

Beberapa hal tentang riol kota :

- a., pipa saluran air limbah menjadi satu kesatuan dalam jaringan pipa air limbah yang semuanya tertanam di dalam permukaan tanah
- b., dimensi pipanya besar, karena disamping sebagai tempat penyaluran air limbah, pipa harus mampu menampung air gelontor dan pada daerah tertentu dapat memiliki fasilitas jalan inspeksi sehingga petugas dapat melakukan pemeriksaan disepanjang pipa
- c., pada tempat pertemuan pipa harus ada bak kontrol yang dapat digunakan petugas untuk masuk ke jalan inspeksi.

## **2.4 Sistem Pengolahan Air Limbah**

Pembuangan air limbah dilakukan melalui proses pengolahan secara :

### **1. Pengolahan individual.**

Pengolahan individual adalah pengolahan yang dilakukan secara sendiri pada masing-masing rumah terhadap limbah domestik yang dihasilkan.

### **2. Pengolahan individu pada lingkungan terbatas**

Pengolahan limbah domestik secara individu pada lingkungan terbatas dilakukan secara terpadu dalam wilayah yang kecil/terbatas seperti hotel, rumah sakit dan fasilitas umum.

### 3. Pengolahan komunal

Pengolahan air limbah komunal adalah pengolahan air limbah yang dilakukan pada suatu kawasan pemukiman, industri, perdagangan seperti kota-kota besar (Jakarta, Bandung, Yogyakarta) yang pada umumnya dilayani/dibuang melalui jaringan riol perkotaan untuk kemudian dialirkan menuju ke suatu Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan kapasitas yang besar.

## 2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah domestik pada suatu instalasi pengolahan air limbah dilakukan secara bertahap melalui proses sebagai berikut :

### 1. Pengolahan primer, yang meliputi :

#### a., penyaringan kasar.

Bangunan ini melakukan penyaringan terhadap benda-benda kasar (logam, plastik, daun) yang tercampur dalam air limbah yang akan diolah

#### b., penangkap pasir.

Pasir yang terbawa oleh air limbah akan menghadap pada dasar bangunan penangkap air.

#### c., pengendapan I

Butiran halus dan partikel kasar yang terlarut dalam air limbah akan diendapkan pada bangunan pengendapan ini. Diharapkan air limbah yang

keluar dari bangunan pengendapan ini sudah tidak mengandung benda-benda kasar, pasir kasar dan pasir halus.

## 2. Pengolahan sekunder

### a. Pembentukan partikel lumpur.

Pada bangunan pengolahan pembentukan lumpur ini ada dua tangki yang terdiri dari :

#### 1). Tangki aerasi.

Pada tangki ini, partikel-partikel halus dan melayang-layang pada air limbah yang keduanya tidak dapat ditahan (diproses) pada pengolahan primer. Partikel-partikel ini akan diusahakan untuk dapat membentuk partikel lumpur yang lebih besar melalui bantuan mikroorganisme yang pertumbuhannya dipacu dengan aerasi. Selain itu dengan melakukan aerasi pada air limbah diharapkan terjadi pengikatan oleh oksigen terhadap unsur maupun senyawa yang terdapat pada air limbah.

#### 2). Tangki pengendapan.

Lumpur aktif yang terbentuk pada tangki ini diusahakan supaya mengendap, apabila masih terdapat partikel yang belum terbentuk maka dikembalikan pada tangki pengendapan.

### b. Pengendapan II.

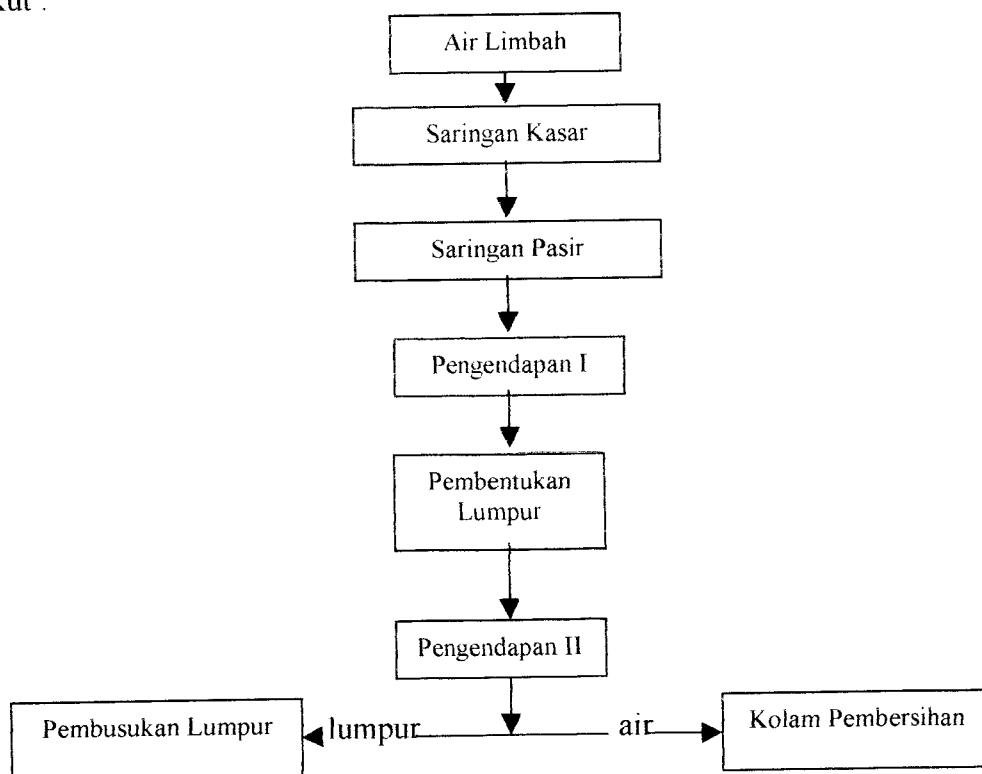
Partikel halus, melayang dan terlarut dalam air limbah, yang masih belum dapat ditangkap pada bangunan pembentuk lumpur maka akan diendapkan pada bangunan pengendap.

## 3. Pengolahan lanjutan.

Hasil pengolahan primer dan sekunder adalah lumpur dan air yang keduanya dapat diproses lebih lanjut sehingga bisa bermanfaat. Air yang telah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah merupakan air baku yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk kepentingan irigasi, air minum, industri. Sedangkan lumpurnya yang terpisah dari air limbahnya akan diproses pada tangki pembusuk lumpur sehingga mengalami dekomposisi. Proses dekomposisinya terjadi secara anaerob oleh peran mikroorganisme anaerob yang diaktifkan pada bangunan ini. Hasil dari tangki ini adalah:

- a., lumpur yang dapat dijadikan pupuk
- b., gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Untuk lebih jelasnya, tahapan proses tersebut dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 2.1 Diagram Pengolahan Air Limbah (Sumber Sidharta, 1997 : 85)



Dengan melihat proses tersebut di atas maka pengolahan air limbah dapat dikelompokkan dalam :

- a., proses pengolahan yang terjadi pada saringan kasar, penangkap pasir, pengendapan I dan pengendapan II,
- b., proses pengolahan secara biologi yang terjadi pada aerasi dan pengaktifan lumpur karena pada proses tersebut terjadi pengaktifan mikroorganisme secara aerobik,
- c., proses pengolahan secara kimia yang terjadi pada aerasi karena pada bangunan ini terjadi oleh oksigen terhadap unsur maupun senyawa yang terdapat pada air limbah.

## **2.6 Operasi dan Pemeliharaan**

Suatu operasi dan pemeliharaan adalah langkah tertentu dalam keseluruhan proses menghasilkan produk atau jasa yang membawa kepada keluaran akhir (Elwood S. B, Rakesh K. S, 1996). Jadi operasional dan pemeliharaan merupakan suatu kegiatan tertentu dalam keseluruhan proses yang menghasilkan produk atau jasa yang membawa kepada keluaran akhir dengan melibatkan beberapa tenaga kerja dan beberapa peralatan yang digunakan sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

Bangunan yang digunakan untuk menangani air limbah dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu :

- a., bangunan saluran air limbah yang berfungsi menyalurkan air limbah,
- b., bangunan IPAL.

Setelah bangunan tersebut selesai dibangun maka diperlukan penanganan lebih lanjut berupa cara pengoperasian dan pemeliharaan bangunan agar berfungsi sesuai dengan tujuannya.

Pengoperasian dan pemeliharaan pada saluran air limbah :

a., pada saat beroperasi, memeriksa secara rutin, terutama terhadap adanya pelumpuran (sedimentasi), penyumbatan oleh kotoran-kotoran berupa material kasar dan keretakan saluran yang menyebabkan kebocoran,

b., membuat laporan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan,

c., tindakan selanjutnya adalah :

- 1). Apabila terjadi pelumpuran (sedimentasi) maka harus dilakukan penggelontoran air pada saluran tersebut,
- 2). Apabila terjadi penyumbatan kotoran-kotoran kasar maka material kasar tersebut harus diambil,
- 3). Apabila terjadi keretakan saluran yang mengakibatkan kebocoran maka dilakukan penambalan saluran dan apabila dengan penambalan masih saja dijumpai kebocoran maka saluran harus diganti atau dibangun yang baru.

d., alat maupun perlengkapan saluran air limbah yang harus rutin diperiksa dan dilakukan pemeliharaan adalah tutup *manhole* yang harus diberi pen dan dikunci. Menurut DPU Dirjen Cipta Karya Direktorat Penyehatan Lingkungan Pemukiman, 1996, sering tutup *manhole* yang terbuat dari besi (baja), hilang, dicuri orang, sehingga *manhole*

ternganga, terbuka. Adapun type *manhole* yang sering digunakan seperti pada gambar 2.2.

Penanganannya adalah :

- 1). Konstruksi tutup *manhole* pada perletakkannya di atas *manhole*, diberi pen dan dikunci.
- 2). Dihindarkan jalur saluran berada pada jalan lalu lintas kelas berat, agar tutup *manhole* dapat diganti dengan bahan lain (misal beton)
- 3). Pendidikan masyarakat  
(sumber DPU Dirjen Cipta Karya Direktorat Penyehatan Lingkungan Pemukiman, 1996).

Pengoperasian dan pemeliharaan IPAL :

- a., pembersihan terhadap lumpur dan material yang mengendap setiap periode waktu tertentu,
- b., pembersihan secara otomatis dengan mengusahakan adanya bangunan cadangan yang dapat bekerja secara seri, sehingga apabila terjadi perbaikan atau ada pekerjaan pemeliharaan, bangunan yang lainnya dapat melaksanakan fungsinya dengan baik,
- c., pelumasan untuk peralatan mekanis secara rutin dan melakukan kalibrasi alat secara rutin.

## 2.7 IPAL Yogyakarta

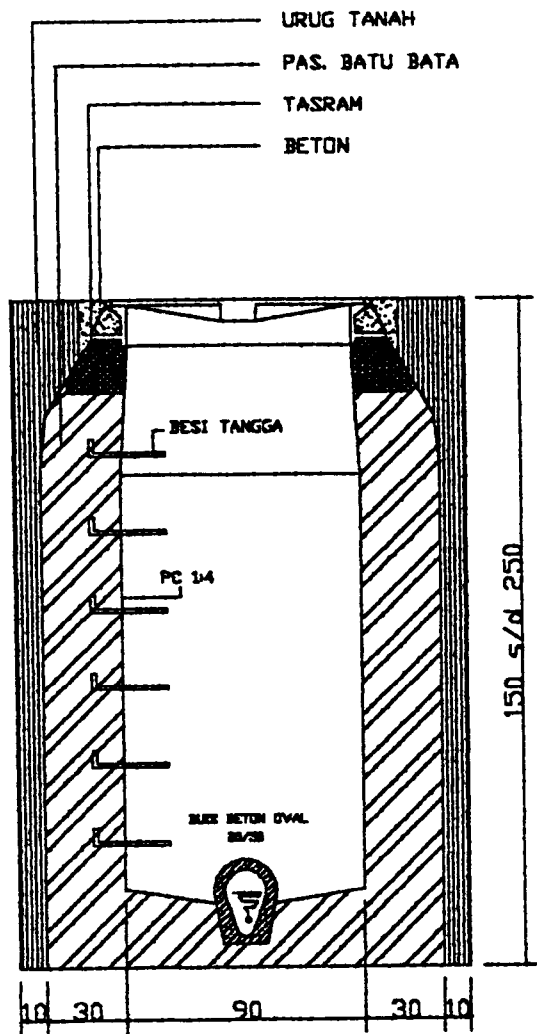
Limbah adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama dari air yang telah dipergunakan dengan hampir 0,1 % dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan bukan organik,

sedangkan limbah domestik atau limbah rumah tangga adalah limbah yang terdiri dari pembuangan air kotor dari kamar mandi, kakus dan dapur.

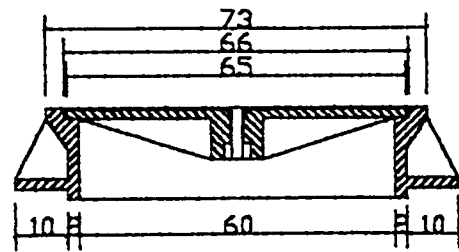
Jumlah limbah cair rumah tangga yang dihasilkan oleh suatu kota tidak bisa terlepas dari kebutuhan air penduduk kota setiap rumah ataupun setiap orang (kapita). Untuk Kotamadya Yogyakarta kebutuhan air per kapita setiap hari sebesar 225 liter (berdasarkan data dari PDAM Tirta Marta, untuk tahun 1990 sampai dengan tahun 2000), diperkirakan ini akan bertambah lagi sesuai dengan pertambahan penduduk, walaupun pertambahannya kecil.

Untuk mengatasi permasalahan limbah yang dihasilkan ini, maka Pemerintah Yogyakarta mendirikan instalasi pengolahan limbah terpusat. Instalasi yang ada hanya instalasi sistem komunal yang ternyata tidaklah cukup untuk menampung limbah yang ada, sehingga berdirilah Instalasi Pengolahan Air Limbah di Pendowoharjo Sewon Bantul yang memiliki kapasitas daya tampung limbah sebesar  $15.500 \text{ m}^3$  per hari, atau sama dengan 179,4 liter/detik.

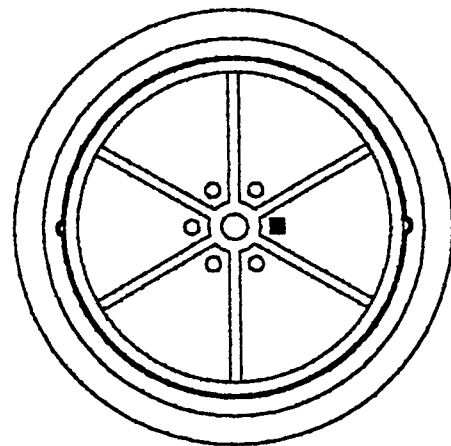
Pada awal beroperasi IPAL ini tidak mengalami kendala yang berarti, namun setelah beberapa tahun beroperasi ternyata biaya operasional dan pemeliharaan terus bertambah setiap tahunnya, sedangkan pemasukan dari retribusi yang didapat oleh Pemerintah tidaklah cukup untuk menutupi biaya O&M yang dikeluarkan.



DETAIL BAK/MANHOLE



POT RING/TUTUP BESI



DETAIL TUTUP MANHOLE

Gambar 2.2 Tipe Manhole yang sering digunakan

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### **3.1 Operasi**

Dalam kegiatan operasi harus diusahakan penggunaan alat-alat konstruksi seoptimal mungkin, atau waktu menganggur (*idle*) sekecil-kecilnya. Untuk maksud tersebut, disusun jadwal pemakaian bagi masing-masing unitnya. Disamping itu, para operator harus terlatih bagaimana menanganinya dan mengenal keterbatasan dan kemampuannya. Disiplin operasi harus betul-betul ditegakkan, agar jangan sampai terjadi peralatan tertentu digunakan untuk tugas yang berada di luar desain atau kemampuannya. Bila sebuah peralatan digunakan melebihi kemampuannya disamping menyebabkan kerusakan juga membahayakan keselamatan.

#### **3.2 Pemeliharaan**

Kinerja serta umur produktivitas alat-alat konstruksi amat tergantung dari pemeliharaan, lebih-lebih pada saat ini dengan bertambah besarnya kapasitas dan kompleksitas peralatan. Bila suatu alat dengan kapasitas besar dalam sehari saja tidak beroperasi maka akan menimbulkan dampak yang cukup besar terhadap kemajuan proyek dan kelangsungan pekerjaan-pekerjaan lain yang terkait.

Semakin canggih peralatan akan makin banyak hal-hal yang harus diperhatikan dalam rangka menjaga kinerja dan produktivitas.

Pemeliharaan dapat terlaksana dengan baik bila dibentuk organisasi yang bertanggung jawab sepenuhnya atas masalah tersebut, termasuk dalam memilih personil, menyusun kebijakan, dan tidak kalah pentingnya adalah membuat sistem pencatatan operasi dan pemeliharaan yang lengkap dan periodik. Dalam menyusun program pemeliharaan sebaiknya dihubungi pihak penjual atau manufaktur, karena mereka adalah sumber yang kompeten.

Dulu pemeliharaan dipusatkan kepada perbaikan bila terjadi kerusakan, sekarang hal tersebut dianggap tidak efektif untuk menjaga produktivitas dan kinerja peralatan. Pendekatan sekarang adalah dengan mengusahakan peralatan selalu dalam kondisi prima dan siap pakai, yaitu yang dilakukan dengan mengadakan pemeliharaan preventif, yang terdiri dari mencari dan membetulkan kerusakan-kerusakan kecil sebelum menjadi terlalu besar. Umumnya dilakukan dengan mengadakan pemeriksaan berkala harian atau selang tiga hari, jangan sampai jaraknya terlalu lama. Pemeliharaan ini bertujuan untuk mencari tanda-tanda kemungkinan terjadinya sumber kerusakan, dan membetulkannya segera. Bila dari hasil pemeriksaan diketahui bahwa perbaikan perlu dilakukan, segera disusun jadwal untuk peralatan pengganti dan waktu pelaksanaan perbaikannya.

### **3.3 Biaya Operasional dan Pemeliharaan**

Biaya operasional dan pemeliharaan adalah pengeluaran yang diperlukan agar kegiatan operasi dan produksi berjalan lancar sehingga dapat menghasilkan

produk sesuai dengan perencanaan. Biaya ini terdiri dari beberapa komponen seperti diperlihatkan dalam tabel berikut :

Tabel 3.1: Komponen biaya operasi dan produksi

No.	Komponen biaya operasi dan produksi
1.	Bahan mentah dan bahan kimia a., bahan mentah b., bahan kimia dan katalis
2.	Tenaga kerja dan penyelia a., upah tenaga kerja b., gaji dan lembur pegawai dan penyelia c., tunjangan, jaminan, dan bonus
3.	Utiliti dan penunjang a., tenaga listrik b., bahan bakar dan minyak pelumas c., uap air, air pendingin, air minum, dan udara tekan d., bahan-bahan pencegah kebakaran
4.	Administrasi dan manajemen a., gaji dan tunjangan tenaga administrasi b., kompensasi manajemen c., <i>fee</i> tenaga ahli (konsultan)
5.	<i>Overhead</i> dan lain-lain a., <i>overhead</i> b., pajak c., asuransi d., suku cadang e., kontigensi f., pengemasan g., lain-lain pengeluaran untuk produksi



Jadi biaya operasional adalah total semua biaya pengeluaran yang telah tercantum dalam tabel di atas, sehingga dapat dibuat suatu formula sebagai berikut:

$$O = A + B + C + D + E \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :

O adalah biaya operasional,

A adalah biaya bahan mentah dan bahan kimia,

B adalah biaya tenaga kerja dan penyelia,

C adalah biaya utiliti dan penunjang,

D adalah biaya administrasi dan manajemen dan

E adalah biaya *overhead* dan lain-lain

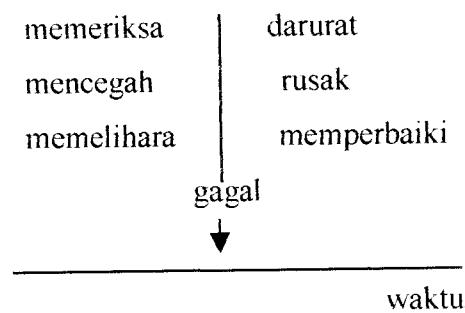
Pemeliharaan dalam tatanan kerja sangat penting untuk mencapai tingkat kualitas dan keterandalan tertentu serta suatu kerja yang efisien. Peralatan yang paling baik pun tidak akan bekerja secara memuaskan kecuali terpelihara. Biaya kerusakan dalam suatu sistem menjadi sangat tinggi, tidak hanya dalam arti keuangan tetapi juga dalam bentuk moral pegawai. Tenaga kerja dan bahan-bahan juga harus dipelihara melalui latihan, motivasi, pemeliharaan kesehatan serta penyimpanan dan penanganan yang baik untuk bahan-bahan.

Tujuan pemeliharaan :

- 1., memungkinkan tercapainya mutu produk, pelayanan dan penoperasian peralatan secara tepat,
- 2., memaksimalkan umur kegunaan dari alat,
- 3., menjaga agar peralatan aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan,

- 4., meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dihubungkan dengan servis dan perbaikan,
- 5., meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi dan,
- 6., memaksimalkan kapasitas produksi dari sumber-sumber peralatan yang ada.

Dalam konteks pemeliharaan, kegagalan didefinisikan sebagai ketidakmampuan menghasilkan pekerjaan dalam cara yang tepat, bukan ketidakmampuan untuk menghasilkan sesuatu pekerjaan. Pekerjaan yang dihasilkan sebelum kegagalan dikatakan *overhaul* (memeriksa dengan teliti, membongkar), pemeliharaan preventif, sedangkan yang dilaksanakan setelah terjadinya kegagalan disebut pekerjaan darurat, kerusakan atau pemulihan.



Gambar 3.1 Waktu kegagalan

Biaya-biaya yang dihubungkan dengan kegagalan peralatan dan biaya-biaya pekerjaan *overhaul* diperbandingkan dan rencana pemeliharaan dipersiapkan, sehingga memberikan kesesuaian antara biaya-biaya dan tersedianya peralatan secara memuaskan. Dalam pengertian ini, semua pekerjaan pemeliharaan harus direncanakan.

Pemeliharaan preventif yang resmi dapat mengambil empat bentuk :

- 1., berdasarkan waktu, yang berarti melakukan pemeliharaan pada jarak waktu yang teratur,
- 2., berdasarkan pekerjaan, yaitu pemeliharaan setelah suatu jumlah tertentu jam-jam operasi dari volume pekerjaan yang diproduksi,
- 3., berdasarkan kesempatan, dimana perbaikan atau penggantian terjadi jika peralatan atau sistem tersedia untuk itu,
- 4., berdasarkan kondisi yang sering mengandalkan pada inspeksi terencana yang memberitahukan kapan pemeliharaan sebaiknya dilakukan.

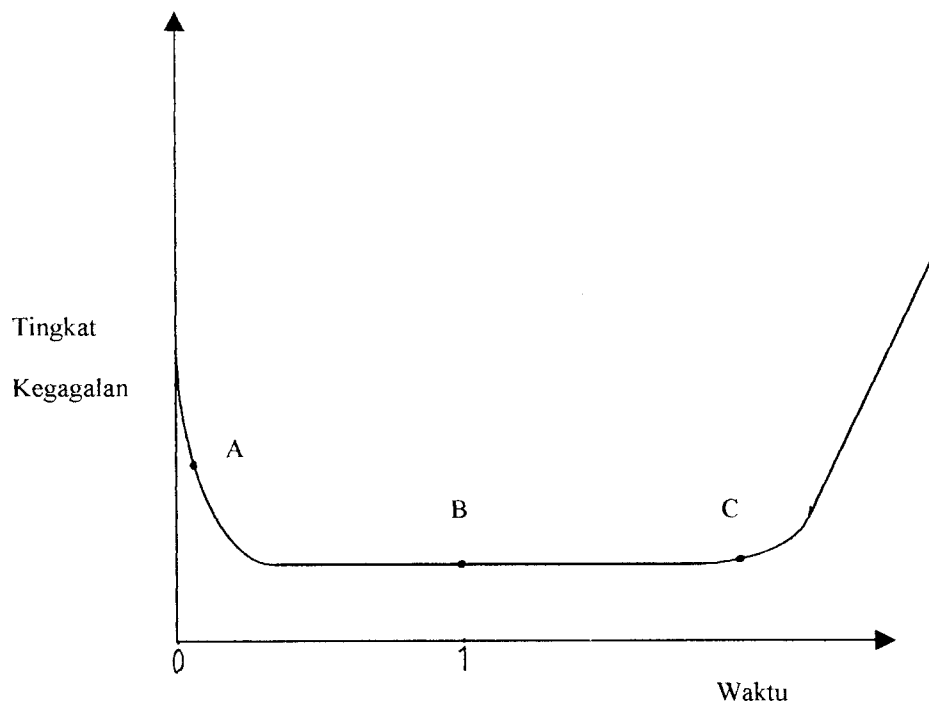
Rencana-rencana pemeliharaan preventif, apabila dirancang baik dapat mengurangi terjadinya pemeliharaan darurat. Suatu kerusakan peralatan pada satu operasi dengan cepat akan menyebabkan semua operasi terhenti sama sekali. Program pemeliharaan preventif secara ekstensif merupakan hal yang esensial untuk mengurangi frekuensi dan hebatnya gangguan arus kerja. Efektifitas kebijakan dan program pemeliharaan hendaknya dipertimbangkan, terhadap keadaan darurat bukan kemampuan melaksanakan perbaikan darurat.

Dalam melakukan pemeliharaan perlu mengambil keputusan apakah akan memperbaiki atau mengganti artikel-artikel, komponen-komponen atau suku cadang peralatan dan kapan harus melaksanakan skedul (jadwal) pemeliharaan. Keterandalan data bermanfaat untuk mengambil putusan ini, dan banyak petunjuk dapat diperoleh dari kurva bak mandi. Kurva ini berguna untuk :

- 1., membuat diagnosa sebab-sebab timbulnya masalah kegagalan peralatan,

2., membuat resep pemecahan terhadap masalah-masalah ini.

Dalam analisis keterandalan data *Weibull* memungkinkan dalam pemeliharaan untuk mengumpulkan sedikit atau bahkan lebih banyak informasi. Terutama, landaian (*slope*) dari gambar *Weibull* ( $\beta$ ) sangat membantu untuk memilih kebijakan pemeliharaan yang tepat (Lockyer. et. al, 1990).



Gambar 3.2 Tingkat kegagalan atau kurva bak- mandi yang khas dari banyak produk dan sistem

Dalam gambar 3.2 dimana  $\beta$  adalah waktu kegagalan :

Titik A kegagalan awal ( $\beta < 1$ ). Kegagalan ini dihubungkan dengan suatu periode operasi (*running-in*) dan mungkin berkenaan dengan komponen-komponen dibawah standar dari produk atau jasa, atau kelebihan tekanan yang disebabkan oleh instalasi dan penyetelan yang tidak tepat. Karena bagian-bagian

yang lemah digantikan oleh bagian-bagian yang keadaannya baik, maka kesulitan dapat diatasi. Penggantian sistem total pada titik A tidak dianjurkan karena ini akan mengembalikan kurva bak mandi tersebut ke titik awalnya dan periode kegagalan awal akan mulai lagi. Peningkatan perbaikan dalam tingkat kegagalan dapat dibuat dengan desain yang lebih baik serta pengoperasian dan penyesuaian yang cermat selama berjalan.

Titik B. Probabilitas kegagalan konstan ( $\beta=1$ ). Kegagalan ini terjadi karena berbagai kombinasi keadaan. Untuk mengurangi level tingkat kegagalan dalam periode ini perlu diperiksa desain dan operasi peralatan. Pemeliharaan darurat diperlukan untuk kerusakan-kerusakan random yang tinggal karena penggantian sistem akan menimbulkan kegagalan dini.

Titik C. Kegagalan karena aus ( $\beta>1$ ). Peralatan tersebut terbebas dari periode kegagalan, akan menghadapi tingkat kegagalan yang meningkat karena aus. Pada tahap ini, hubungan antara umur dan tingkat kegagalan dapat diprediksi dan pemeliharaan preventif dapat diukur.

Parameter yang penting untuk ditentukan adalah interval antara tindakan - tindakan preventif pemeliharaan preventif. Apabila interval tersebut berdasarkan waktu, umpamakan interval tersebut adalah  $T$ , bagian artikel-artikel yang diharapkan bertahan sampai waktu ini adalah keterandalan (*reability*)  $R(T)$ . Hal ini seharusnya dapat diperoleh dari catatan pemeliharaan. Bagian yang gagal, dan karenanya memerlukan pemeliharaan preventif, akan menjadi  $1 - R(t)$ .

$$E (T) = \sum_{t=0}^T R (t) \Delta t \dots \dots \dots (3.2)$$

Jika artikel bertahan hingga waktu yang direncanakan, umpamakan biaya kegiatan pemeliharaan preventif adalah  $C_M$ . Setiap artikel yang gagal dalam tugas hampir dapat dipastikan akan menimbulkan pengeluaran yang lebih besar, misalnya kehilangan produksi, gangguan program, kerusakan barang dalam pengolahan, biaya mengumpulkan tim perbaikan darurat.. Umpamakan biaya ini adalah  $C_F$  dalam kasus yang paling sederhana, baik  $C_F$  maupun  $C_M$  akan konstan. Biaya per waktu unit yang ditimbulkan oleh artikel-artikel yang gagal akan menjadi  $C_F [1-R(T)]/E(T)$ , yaitu biaya per kegagalan dikalikan dengan jumlah kegagalan. Demikian pula biaya pemeliharaan preventif akan menjadi  $C_M R(T)/E(T)$  dan biaya rata-rata dari semua kegiatan pemeliharaan per waktu unit  $K(T)$  dengan demikian adalah:

$$\begin{aligned} K(T) &= \{ C_F [1-R(T)] + C_M R(T) \} / E(T) \\ &= \frac{C_F}{E(T)} \left[ 1-R(T) \left[ 1 - \frac{C_M}{C_F} \right] \right] \dots \dots \dots (3.3) \end{aligned}$$

Kebijakan optimal adalah kebijakan yang memberikan nilai terendah dari  $K(T)$  dan masalah yang dihadapi ialah untuk mencari nilai  $T$  terendah. Biasanya  $K_T$  digambar terhadap  $T$  untuk mencari nilai minimal.

### 3.4 Penduduk

Jumlah penduduk sangat berpengaruh dalam menganalisis biaya operasional dan pemeliharaan, dimana bertambahnya jumlah penduduk maka limbah yang dihasilkanpun semakin bertambah, sehingga kapasitas dari IPAL akan meningkat dan biaya untuk O&M yang dikeluarkan semakin besar.

Penduduk Kodya Yogyakarta pada tahun 1996 menurut perkiraan bagian Statistik DIY berjumlah 474.461 jiwa, dan diperkirakan jumlah penduduk ini akan terus bertambah di tahun-tahun mendatang. Dengan jumlah penduduk yang masih terus bertambah berarti kebutuhan air juga masih terus bertambah. Peningkatan kebutuhan air juga dipertajam dengan peningkatan kebutuhan per kapitanya. Tahun 1955 UNESCO membuat standar untuk kota-kota negara sedang berkembang kebutuhan air per kapitanya 100 liter/orang/hari. Tetapi berdasarkan penelitian-penelitian Sutikno (1981), kota-kota kabupaten dan kotamadya yang diteliti kebutuhan air per kapitanya semua sudah lebih besar dari 100 liter/orang/hari. Bahkan menurut PDAM Tirta Marta Kotamadya Dati II Yogyakarta kebutuhan air rata-rata per kapita untuk Kotamadya Yogyakarta sebesar 225 liter/orang/hari.

Kebutuhan air per kapita juga meningkat karena adanya perubahan pola hidup maupun perubahan kota baik dari perubahan fisik dalam arti ukuran dan jumlah penduduk kota maupun perubahan sektor pekerjaan. Bila sektor industri makin meningkat kebutuhan air per kapita juga makin meningkat.

Menurut IAHS/AISH-UNESCO (1977) untuk kota-kota modern bahkan mencapai 2000 liter/orang/hari dengan kebutuhan untuk rumah tangga (domestik) saja diperlukan 600 liter/orang/hari misalnya kota Moskow. Peningkatan jumlah air untuk Kodya Yogyakarta yang berarti juga peningkatan jumlah limbah cair rumah tangga yang akan dihasilkan dapat diperhitungkan dengan peningkatan jumlah penduduk dengan tingkat pertambahan penduduk per tahun.

Dengan menggunakan rumus :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana :

$P_n$  = jumlah penduduk setelah n tahun

$P_0$  = jumlah penduduk pada saat acuan (0 tahun)

$r$  = tingkat pertambahan penduduk

$n$  = jumlah tahun

Cara untuk mengetahui tingkat pertambahan penduduk (  $r$  ) adalah sebagai berikut :

a., dengan langsung menggunakan data Sensus Penduduk tahun 1981 dan tahun 1990 yaitu sebesar 0,4 %

b., dengan merata-ratakan tingkat pertambahan penduduk di Kotamadya Yogyakarta mulai tahun 1990 sampai tahun 1998 ;

$$r = \sqrt[n]{r_1 \times r_2 \times r_3 \times \dots \times r_n} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan ,  $r$  = tingkat rerata pertambahan penduduk

$r_1 \times r_2 \times r_3 \times \dots \times r_n$  = prosentase pertambahan penduduk tiap-tiap tahun

$n$  = selisih tahun (tahun akhir – tahun awal)

c., dengan mengambil data awal dan data akhir dari jumlah penduduk dan selanjutnya dicari dengan menggunakan rumus ;

$$r = \frac{P_n - P_0}{P_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan :  $r$  = tingkat pertambahan penduduk

$P_n$  = jumlah penduduk data tahun akhir



Po = jumlah penduduk data tahun wal

### 3.5 Pendapatan / *Revenue*

Pendapatan adalah jumlah pembayaran yang diterima perusahaan dari penjualan barang atau jasa. Dihitung dengan mengalikan kuantitas barang terjual dengan harga satuannya. Rumusnya adalah :

$$R = D \times h \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana :

R = pendapatan

D = jumlah (*quantity*) terjual

h = harga satuan per unit

Pada awal operasi, umumnya sarana produksi tidak dipacu untuk berproduksi penuh, tetapi naik perlahan-lahan sampai segala sesuatunya siap untuk mencapai kapasitas penuh. Oleh karena itu, perencanaan jumlah pendapatan pun harus disesuaikan dengan pola ini.

### 3.6 *Benefit -Cost Ratio* (BCR)

Untuk mengkaji kelayakan proyek sering digunakan pula kriteria yang disebut *benefit-cost ratio* (BCR). Penggunaannya ditekankan kepada manfaat (*benefit*) bagi kepentingan umum dan bukan keuntungan finansil perusahaan.

Adapun rumus yang digunakan adalah :

$$BCR = \frac{(PV)B}{(PV)C} \dots\dots\dots(3.8)$$

Biaya C pada rumus di atas dapat dianggap sebagai biaya pertama (Cf) sehingga rumusnya menjadi :

$$BCR = \frac{(PV)B}{Cf} \dots\dots\dots(3.9)$$

dimana :

BCR = perbandingan manfaat terhadap biaya (*benefit cost ratio*)

(PV)B = nilai sekarang benefit

(PV)C = nilai sekarang biaya.

Benefit umumnya berupa pendapatan minus biaya di luar biaya pertama (misalnya untuk operasi dan produksi), sehingga menjadi :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana :

R = nilai sekarang pendapatan

(C)op = nilai sekarang biaya (di luar biaya pertama)

Cf = biaya pertama

Apabila diketahui tingkat bunga setiap tahunnya, biaya operasi dan pemeliharaannya, dan tahun produksi perusahaan tersebut, maka rumusnya menjadi :

$$BCR = \frac{n(R)}{Cf(1+r)^n + n(Cop + Cpe)} \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana :

n = tahun produksi

r = tingkat bunga per tahun

Cop = biaya operasi

Cpe = biaya pemeliharaan

Adapun kriteria BCR akan memberikan petunjuk sebagai berikut :

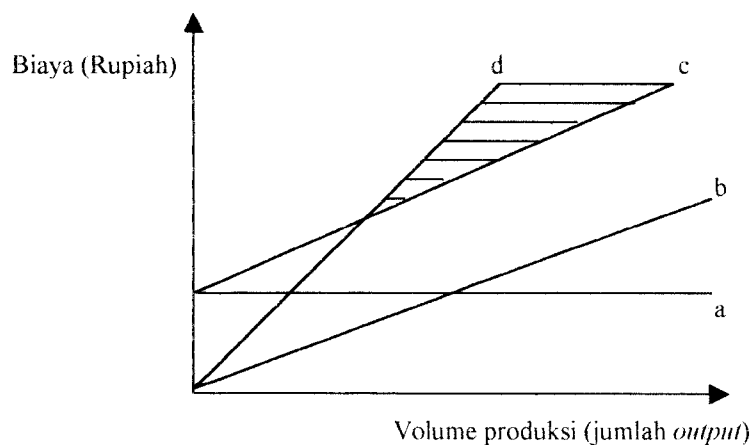
$BCR > 1$  perusahaan tersebut mendapat keuntungan

$BCR < 1$  perusahaan tersebut mengalami kerugian, dan

$BCR = 1$  perusahaan tersebut telah mencapai titik impas

### 3.7 Titik Impas (*Break-Even Point*)

Titik impas (*break-even point*) adalah titik dimana total biaya produksi sama dengan pendapatan. Titik impas memberikan petunjuk bahwa tingkat produksi telah menghasilkan pendapatan yang sama besarnya dengan biaya produksi yang dikeluarkan.



Gambar 3.3 Hubungan volume produksi, total biaya, dan titik impas

Dalam gambar 3.3 titik potong antara garis c dan d adalah titik menunjukkan titik impas. Sumbu vertikal menunjukkan jumlah biaya (produksi atau pendapatan) yang dinyatakan dalam rupiah. Sedang sumbu horizontal menunjukkan volume produksi (jumlah *output*) dinyatakan dalam satuan unit. Garis a, b, dan c, berturut-turut adalah biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya

total. Biaya total jumlah dari a dan b. Sedangkan d adalah jumlah pendapatan dari penjualan produksi. Di atas titik impas, diantara garis d dan c, merupakan daerah laba.

Dengan asumsi bahwa harga penjualan adalah konstan maka jumlah unit pada titik impas dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan} &= \text{biaya produksi} \\ &= \text{biaya tetap} + \text{biaya tidak tetap} \\ &= FC + Q_i \times VC \end{aligned}$$

jadi,

$$Q_i \times P = FC + Q_i \times VC \dots \dots \dots (3.12)$$

$$Q_i = \frac{FC}{P - VC} \dots \dots \dots (3.13)$$

dimana :

$Q_i$  = jumlah unit (volume) yang dihasilkan dan terjual pada titik impas

$FC$  = biaya tetap

$P$  = harga penjualan per unit

$VC$  = biaya tidak tetap per unit

## BAB IV

### METODE ANALISIS

#### 4.1 Analisis Sistem Air Limbah dan Sanitasi

Pengelolaan air limbah di daerah Yogyakarta terdiri atas tiga sistem sebagai berikut :

- a., pengolahan sistem limbah terpusat, yang memberikan pelayanan 9% penduduk,
- b., fasilitas sanitasi komunal yang melayani 0,2 % penduduk,
- c., fasilitas sanitasi individual yang melayani 42% penduduk.

Pengolahan sistem air limbah terpusat terdiri dari sambungan rumah tangga dan non-rumah tangga, jaringan pengumpul, sistem penggelontor dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang mengolah air limbah yang dikumpulkan dari jaringan tersebut.

Beberapa fasilitas sanitasi komunal yang ada biasanya terdiri dari jaringan pengumpul dimana masing-masing rumah tangga dapat mengalirkan limbah mereka ke jaringan tersebut. Sistem pengumpulan tersebut mengalirkan air limbah ke pengolahan air limbah komunal maupun ke sungai. Fasilitas sanitasi individual biasanya terdiri dari unit jamban pribadi yang mengalirkan tinja ke tangki septik dengan fasilitas infiltrasi bawah tanah atau langsung ke cubluk. Sisa 48,8 %, yang tidak menggunakan sistem terpusat, komunal atau individual, masih membuang

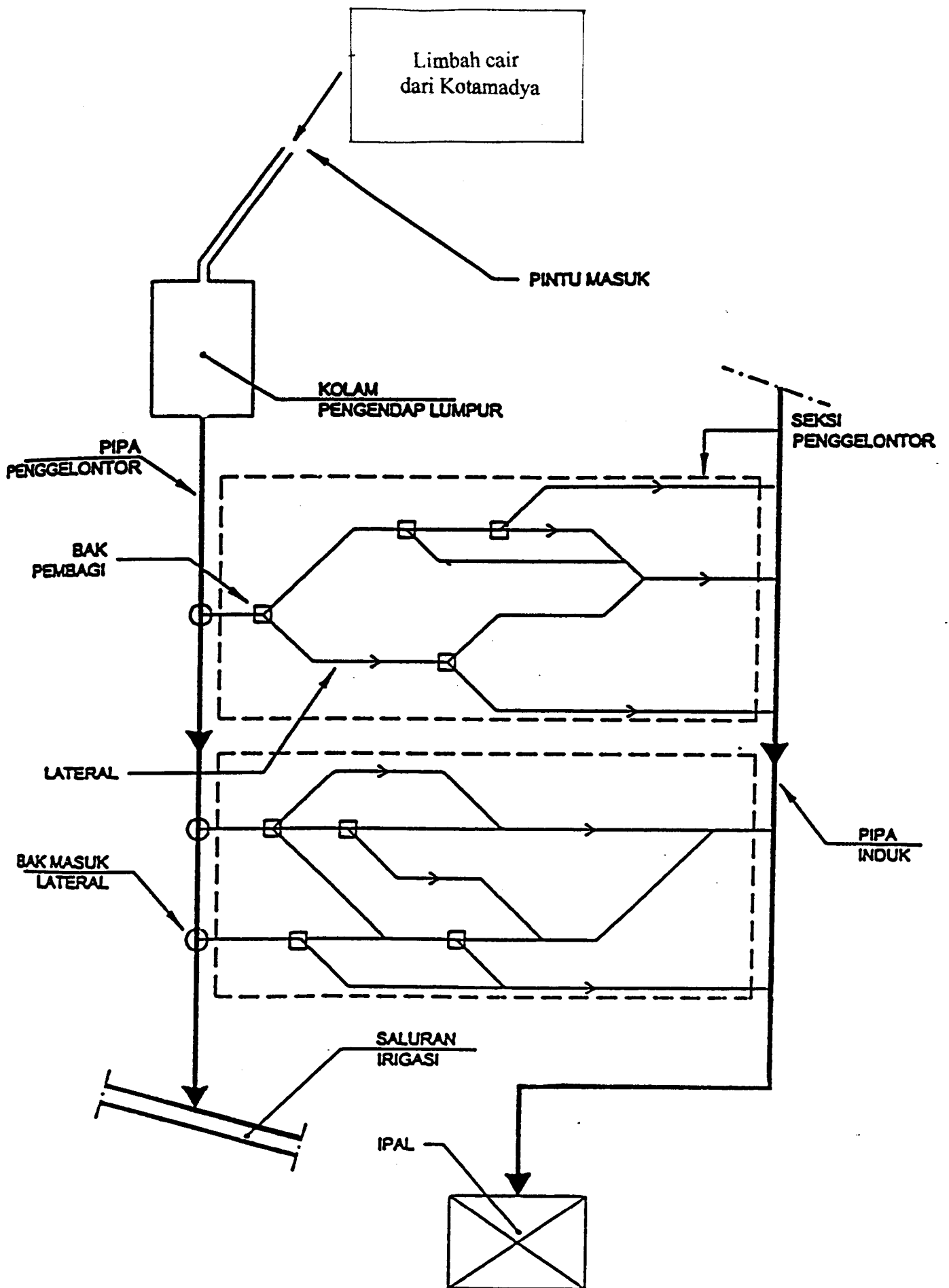
air limbahnya langsung ke lingkungan sekitarnya (dibuang sembarangan atau langsung ke sungai, sawah, atau ke tempat-tempat terbuka lainnya, drainase, saluran irigasi).

#### **4.1.1 Pengolahan air limbah sistem terpusat**

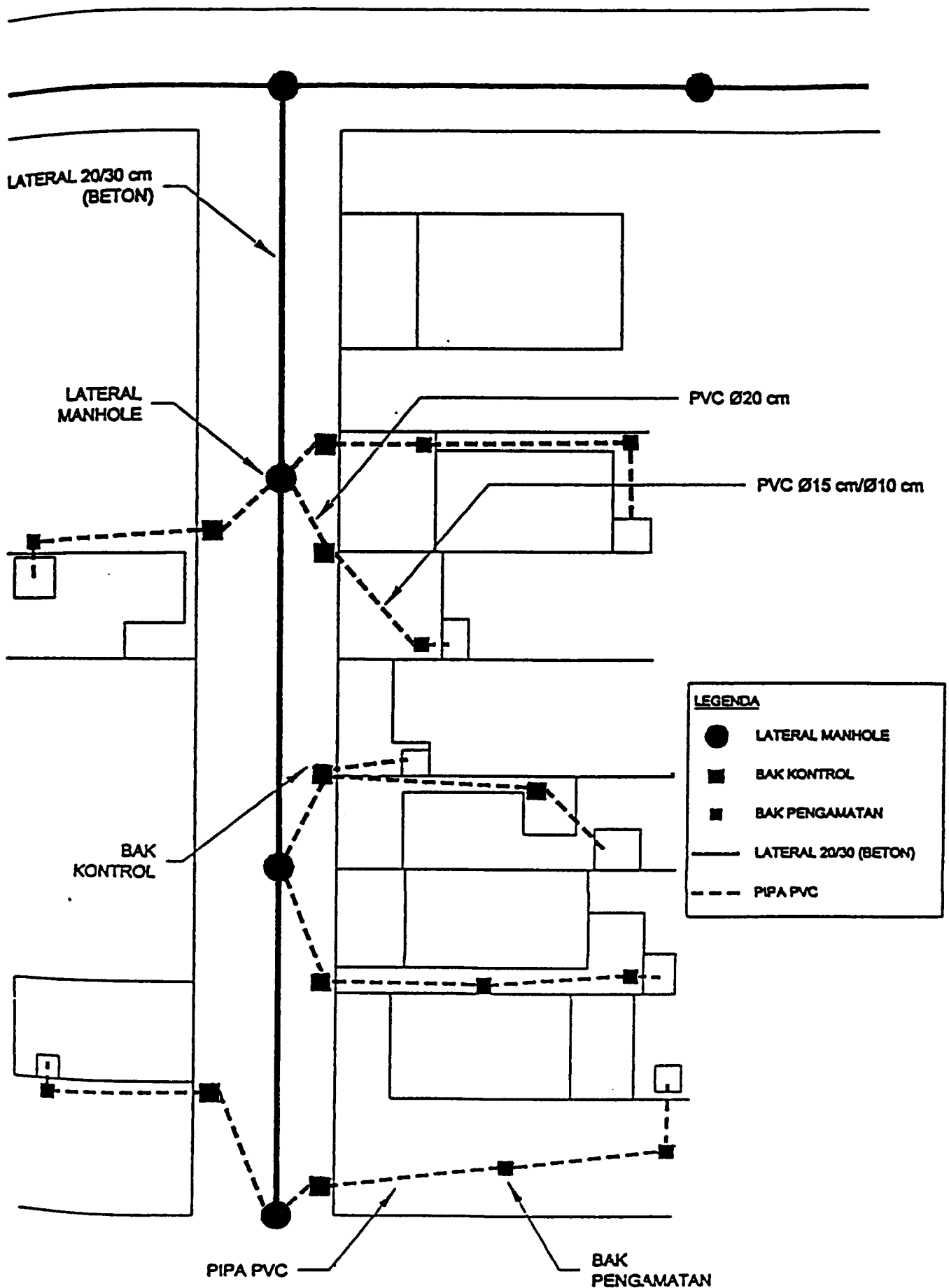
Jaringan air limbah di Yogyakarta sebagian besar adalah saluran yang dibangun pada zaman pemerintahan Belanda, antara tahun 1925 dan 1938. Sekarang saluran tersebut melayani Kotamadya Yogyakarta dan sebagian di Kabupaten Sleman, khususnya di kompleks Universitas Gajah Mada (UGM). Untuk kotamadya Yogyakarta, jaringan air limbah berada dibawah Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP), sementara kawasan UGM dikelola sendiri.

Sistem air limbah yang ada sekarang terdiri atas komponen sebagai berikut:

1. Pengelolaan oleh DKP
  - a., jaringan pipa lateral dengan panjang kurang lebih 113.695 m dan pipa induk sepanjang 33.129 m yang keduanya dioperasikan secara gravitasi.
  - b., sistem penggelontor, termasuk bangunan pipa *intake*, kolam pengendap, pipa penggelontor dengan total panjang kurang lebih 19.433 m, dan pintu penggelontor.
2. Pegelolaan oleh DPU propinsi
  - a., pipa induk sepanjang 10.092 m yang dioperasikan secara gravitasi,
  - b., Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Sewon.

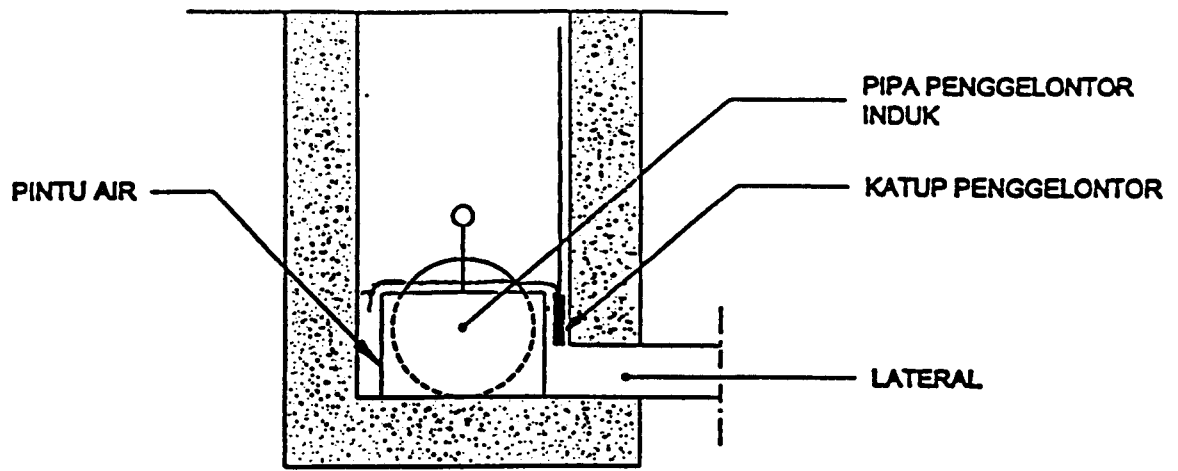


Gambar 4.1 Skema Sistem Jaringan Terpusat

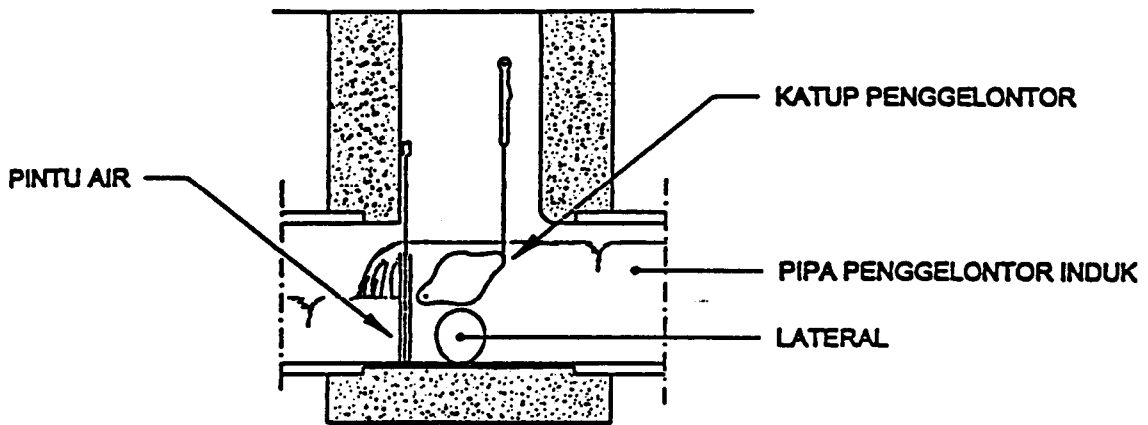


Gambar 4.2 Skema Sambungan Rumah

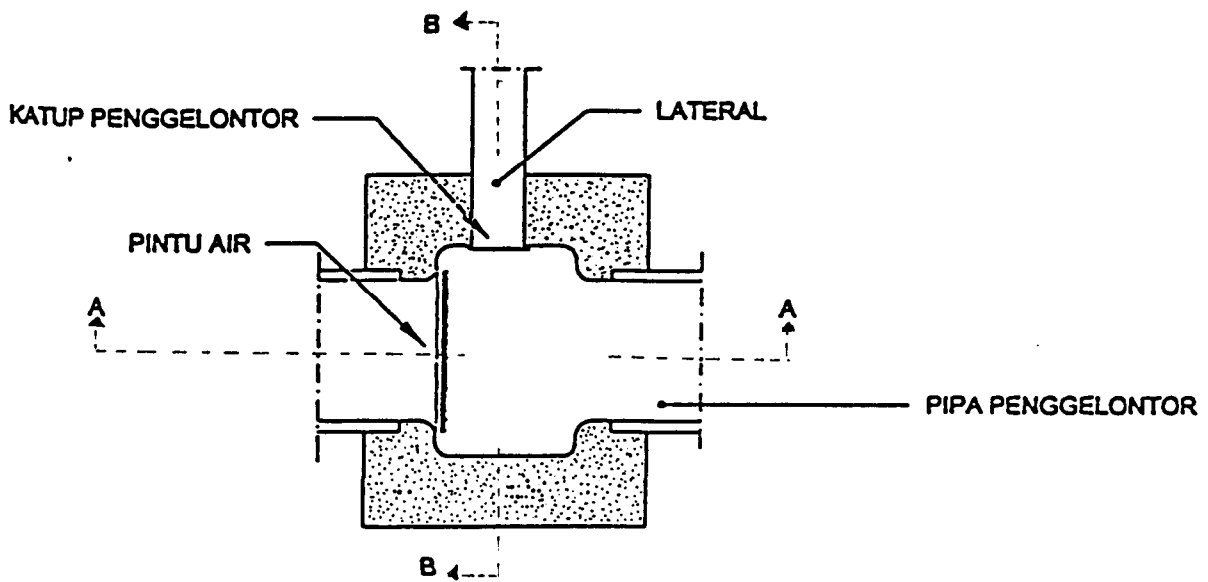




**POTONGAN MELINTANG B-B**



**POTONGAN MEMANJANG A-A**



**LAY OUT**

**Gambar 4.3 Detail Inlet Pipa Penggelontor Induk Menuju Lateral**

Sistem saluran air limbah yang terpusat secara sistematis terlihat pada gambar 4.1. Jaringan air limbah ini terpisah dengan jaringan drainase. Kemiringan rata-rata pipa induk hanya 0,5 % dan pipa lateral 0,45 %. Hal ini membuat pentingnya menyediakan jaringan air limbah dengan sistem penggelontor yang menggunakan air sungai ketika kondisi pembersihan sendiri tidak tercapai. Air penggelontor ini diambil dari tiga *inlet* : Dam Bendolole, Dam Pogung dan Selokan Mataram.

Sebelum operasi IPAL, hampir semua limbah yang terkumpul dibuang langsung ke lingkungan sekitarnya tanpa pengolahan, baik ke sungai maupun ke persawahan. IPAL dirancang untuk melayani daerah pelayanan yang ada di Kotamadya Yogyakarta termasuk jaringan pengolahan di UGM. Jaringan pengolahan di UGM ini belum dihubungkan.

#### **4.1.2 Jaringan**

##### **1. Daerah pelayanan**

Daerah pelayanan air limbah sistem terpusat di Yogyakarta meliputi kurang lebih 1.220 ha dari luas Kotamadya Yogyakarta sebesar 3.260 ha atau sebesar 37,42 % yang terdiri dari daerah pelayanan berikut :

- a., daerah antara sungai Winongo dan sungai Code di sebelah barat dan timur dengan batas kotamadya di sebelah utara dan selatan.
- b., beberapa wilayah di sebelah timur kali Code yaitu Kelurahan Terban, Baciro, Tegal Panggung, Lempuyangan, Bausasran, Purwokinanti, Gunung Ketur, Wirogunan, Semaki, Tahunan, Sorosutan dan Giwangan.

Purwokinanti, Gunung Ketur, Wirogunan, Semaki, Tahunan, Sorosutan dan Giwangan.

c., Universitas Gajah Mada, Catur Tunggal, Sinduadi

## 2. Sambungan rumah

Jenis sambungan pelayanan bisa dibagi dua yaitu domestik dan non domestik. Domestik, untuk kebutuhan rumah tangga, sambungan ini biasanya disambungkan ke sistem lateral (lihat gambar 4.2). Non-domestik, bersifat komersial (toko, kantor, losmen), sambungan tersebut biasanya dibuat sama dengan sambungan rumah tangga. Karena sistem air limbah sudah tua, telah muncul standar untuk pembuatan sambungan, yang bervariasi dari jenis pipa keramik, beton dan PVC. Kebanyakan dari sambungan ini menggabung langsung ke pipa lateral atau pipa induk, tetapi ada juga yang ke penggelontor.

## 3. Pipa Lateral

Pipa aliran lateral hampir semua berbentuk bulat telur (berdiameter 20/30 cm) dipasang dengan total panjangnya 113.695 m dengan kemiringan rata-rata 0,45 %.

## 4. Pipa Induk

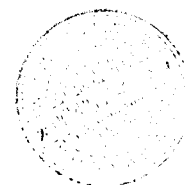
Pipa induk ini adalah semua pipa pengumpul dengan diameter lebih dari 30 cm, dengan sistem operasi secara gravitasi. Total panjang pipa induk adalah 33.129 m milik DKP ditambah 10.092 m milik DPU Propinsi dengan perincian :

- a., 8.800 m pipa beton berbentuk bulat telur (diameter 30/45, 35/52,5, 40/60, dan 60/90 cm) yang dibangun pada masa pemerintahan Belanda, yaitu antara tahun 1925 dan tahun 1938.
- b., 29.021 m pipa induk baru yang terbuat dari beton bertulang (dengan diameter 30, 40, 60, 80, dan 100 cm) yang dibangun oleh Proyek Penyehatan Lingkungan (PLP) antara tahun 1993 dan tahun 1997.
- c., 5.400 m pipa induk bulat, terbuat dari beton bertulang (dengan diameter 100 dan 130 cm) yang dibangun oleh *Japanese International Cooperation Agency* (JICA) antara tahun 1993 dan tahun 1995.

Saat ini ada tiga cabang pipa induk yang membawa air limbah ke IPAL, dua mengumpulkan air dari tempat antara kali Code dan Winongo dan satu lagi dari tempat yang terletak di sebelah timur kali Code, sedangkan seksi-seksi lainnya memiliki pipa-pipa induk sendiri yang langsung menuju kali Code, Winongo dan Belik.

#### **4.1.3 Sistem penggelontor**

Dari total panjang sistem penggelontor yang 19.433 m, dimana yang 17.400 m dibangun pada masa pemerintahan Belanda. Pipa-pipa penggelontor ini pada umumnya berbentuk bulat telur (walaupun ada beberapanya saluran terbuka atau berbentuk persegi) dengan ukuran bervariasi. Untuk menjaga aliran pembersih sendiri dalam sistem pengolahan limbah yang dangkal, aliran minimum



1,7 liter/detik dibutuhkan dalam lateral yang berbentuk bulat telur dengan ukuran 20/30 cm. Dalam gambar 4.1, sistem penggelontor ditunjukkan secara sistematis.

Operasi sistem penggelontor;

- 1., air penggelontor berasal dari kali Code, Winongo dan Selokan Mataram. Dari semua *intake*, hanya Dam Bendolole (di kali Winongo) khusus dibangun, untuk mengambil air penggelontor. Semua *intake* yang lain berfungsi untuk air penggelontor dan air irigasi.
- 2., hulu pipa penggelontor biasanya terletak pada sebuah dam dalam sungai. Pada pipa penyedot, aliran yang dibutuhkan untuk penggelontor tak bisa dikontrol karena sebagian dipakai untuk irigasi juga. Air ini kemudian dialirkan ke tangki sedimentasi melalui saluran terbuka.
- 3., dari tangki sedimentasi, air dipindahkan dengan menggunakan pipa penggelontor utama menuju lateral untuk di gelontor. Gambar 4.3 menunjukkan sebuah inlet dari pipa penggelontor utama. Ada sebuah pintu air di dalam pipa penggelontor utama yang bisa berpindah dan katup penggelontor di depan lateral yang terbuka. Jika seksi penggelontor ini tidak digelontor, pintu airnya terbuka dan katupnya tertutup. Dengan menutup pintu airnya, air di dalam pipa penggelontor utama naik pada tingkat tertentu dan menyiapkan aliran tertentu menuju lateral.

- 4., aliran menuju lateral diatur oleh penyesuaian dan posisi katup penggelontor. Posisi yang benar dari masing-masing katup penggelontor ditentukan dalam kawasan sesuai dengan kebutuhan.
- 5., pembagian air penggelontor dalam lateral di belakang satu *inlet* dilakukan secara otomatis oleh bak pembagi yang proporsional pada masing-masing cabang lateral. Kebanyakan bak pembagi disediakan dengan katup penggelontor, sama yang ada pada *inlet*. Kendati demikian biasanya katup-katup penggelontor ini terbuka.
- 6., penggelontoran dilaksanakan per seksi. Masing-masing dari 20 seksi yang ada digelontor sekali dalam sehari selama satu jam.

#### **4.1.4 Pengolahan dan pembuangan**

Pendisainan IPAL didasarkan pada konsep kolam aerasi fakultatif dan tempat untuk pengelolaannya berjumlah 6,7 ha. Karena sederhananya konsep pengelolaan tersebut, O&M mudah dilaksanakan.

*Effluen* IPAL dialirkan ke sungai Bedog melalui pipa beton dan saluran terbuka. *Effluen* yang dikeluarkan menuju sungai mengandung nilai BOD<sub>5</sub> kurang dari 50 mg/l. Jika terjadi kerusakan, IPAL bisa dilewatkan dan seluruh air limbah akan langsung masuk ke sungai Bedog, sebagaimana yang tercantum dalam gambar 4.4, gambar 4.5, dan gambar 4.6, sedangkan limbah yang diolah dalam proses pengolahan pertama dan kedua dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.

Proses pengolahan di IPAL :

1)., proses pengolahan primer.

Limbah kota dipompakan ke dalam *grit chamber* (bak pengendap lumpur) dengan pompa angkat jenis ulir. Sebelum pompa angkat tersebut, dipasang jaringan jeriji untuk melindungi pompa dari kerusakan akibat benda-benda besar/sampah. Dari tiga pompa *intake* yang dipasang ada salah satu sebagai cadangan. Pompa tersebut dapat dikendalikan secara otomatis ataupun secara manual, sebuah *Programmable Logic Controller* menentukan apakah satu atau dua pompa dioperasikan berdasarkan ketinggian air dibawah pompa.

Dengan pompa angkat, limbah dialirkan ke dalam *grit chamber*, dimana sampah seperti tanah dan pasir akan mengendap. Keluaran dari *grit chamber* dialirkan ke saringan kasar untuk menangkap sampah seperti kantong plastik, ranting kayu dan sampah lainnya.

Limbah kotor tersebut kemudian dialirkan melalui bak pembagi ke kolam aerasi fakultatif, sampah organik yang terkandung dalam limbah akan diuraikan secara biokimia dengan bantuan bakteri aerobik dan anerobik. Masing-masing kolam aerasi fakultatif dilengkapi dengan aerator mekanis mengapung yang menyediakan oksigen untuk menstimulasikan proses aerobik. Pada bagian atas kotoran organik diuraikan oleh bakteri aerobik dan secara bersamaan pada dasar kolam yang tidak mengandung oksigen terjadi penguraian kotoran organik oleh bakteri anaerobik.

Setelah melewati dua kolam aerasi fakultatif limbah dialirkan ke kolam maturasi. Masing-masing jalur pengolahan dilengkapi dengan satu kolam maturasi. Setelah penghilangan kotoran organik dan bakteri *Collon Bacilli*, limbah olahan dialirkan secara gravitasi menuju sungai Bedog melalui sebuah pipa saluran terbuka.

2)., proses pengolahan sekunder.

Pasir tanah dan kotoran yang mengendap pada saat *grit chamber* dipompa dengan menggunakan sebuah pompa celup (*submersible pump*) dan akan dipisahkan menjadi limbah cair dan padatan dengan menggunakan siklon pemisah (*cyclone separator*). Padatan tersebut ditampung dalam *Hopper* yang berada dibawah siklon dan dibuang secara berkala, sedangkan limbah cair dikembalikan kedalam *grit chamber*.

Lumpur yang mengendap dibawah kolam aerasi fakultatif setelah diuraikan oleh bakteri anaerobik, harus dikuras setiap satu atau dua tahun sekali. Untuk tujuan ini digunakan sistem vakum yang terdiri dari penyedot lumpur dan unit pompa penyedot lumpur. Mulut penyedot lumpur dipasang pada sebuah kapal yang bisa diangkat dari satu kolam fakultif satu kelainnya. Dari kapal ini, lumpur akan diangkat melalui selang dan pipa menuju pompa penyedot. Dari unit pompa penyedot ini lumpur akan dialirkan ke tempat pengeringan lumpur (lihat gambar 4.6).



Pada akhir dari setiap dari dua kolam maturasi, pompa sentrifugal dipasang dan dihubungkan dengan jaringan pipa air bersih. Air ini dapat digunakan untuk membersihkan tempat pengeringan lumpur, *grit chamber* dan fasilitas lainnya.

Persediaan listrik biasanya disediakan oleh PLN, tetapi sebagai cadangan terhadap hal darurat disediakan satu set *generator*. Kompresor untuk pembuangan lumpur dioperasikan dengan sebuah *generator diesel*.

Air limbah dari tempat pengeringan lumpur diresirkulasikan kembali ke awal IPAL melalui sebuah pipa dengan menggunakan sistem gravitasi.

Tabel 4.1 : Parameter desain IPAL

Tolok ukur disain	Satuan	Nilai
Total penduduk yang dilayani	Capita	110.000
1. Jumlah sambungan rumah tangga	Unit	17.300
2. Jumlah sambungan non rumah tangga	Unit	1.090
Total jumlah sambungan	Unit	18.420
3. Rata-rata kapasitas pengolahan	m/hari	15.500
4. Debit puncak	l/detik	356
5. Beban BOD <i>influen</i>	Kg/d	5.103
6. Konsentrasi BOD <i>influen</i>	Mg/l	332
7. Pengurangan BOD	%	90
8. Konsentrasi BOD <i>effluen</i>	Mg/l	30-40
9. Kolam fakultatif : Waktu penyimpanan hidrolis	Hari	5.5
10. Kolam fakultatif : Kedalaman efektif	M	4
11. Kolam fakultatif : Efisiensi transfer O <sub>2</sub> dari acrotor	KgO <sub>2</sub> /h	1.6
12. Kolam maturasi : Waktu penyimpanan hidrolis	Hari	1
13. Kolam maturasi : Kedalaman efektif	M	1.5
14. Produksi lumpur per kapita setiap tahunnya	L/cap/th	30
15. Interval pengurasan	Tahun	1-2

Sumber : *Design Study Report on the project for the construction of Yogyakarta STP*

Tabel 4.2 : Data operasi IPAL.

IPAL	Satuan	Juli 1996 Musim kemarau	Juli 1997 Musim kemarau	Juni 1998 Musim kemarau dan penghujan	Juli 1998 Musim kemarau dan penghujan	Disain rencana 1992
Inflow	M3/d	3.00- 6.000	6.500- 12.700	11.720	11.320	15.500
Pemasukan		20-40	42-82	78	73	100
Inflow BOD	MgO <sub>2</sub> /l	70-110	102-206	84-145-255	99-146-245	332
Outflow BOD	MgO <sub>2</sub> /l	12-20	8-19	5-7-11	5-7-9	30-40
Eliminasi BOD	%	83	92	95	95	90
Inflow COD	MgO <sub>2</sub> /l			220-420- 664	318-480- 660	
Outflow COD	MgO <sub>2</sub> /l			20-30-40	24-32-44	
Eliminasi COD	%			93	93	
Suhu air	C	28	25	26-29	26-28	25

Sumber: DPU Propinsi, 1998

#### 4.2 Analisis Kependudukan

IPAL ini mulai beroperasi pada tahun 1996 dengan jumlah penduduk Yogyakarta (Kotamadya Yogyakarta) 474.461 jiwa dan direncanakan mampu bertahan sampai dengan tahun 2012.

Tabel 4.3 : Jumlah penduduk Kotamadya Yogyakarta tahun 1996-1998

No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Pertambahan penduduk tiap Tahun (%)
1.	1994	461.800	
			1,60
2.	1995	469.193	
			1,12
3.	1996	474.461	
			0,91
4.	1997	478.752	
			1,05
5.	1998	483.760	

Biro Statistik Kotamadya Yogyakarta, 1998

Dari data di atas dapat diprediksikan jumlah penduduk Yogyakarta pada tahun 2002 dan tahun 2012 dengan menggunakan rumus (3.4), sebagai berikut :

$$r = \sqrt[4]{1,60 \times 1,12 \times 0,91 \times 1,05}$$

$$= 1,14 \%$$

atau dengan,

$$r = \frac{483.760 - 461.800}{461.800} \times 100 \%$$

$$= 4,76 \%, \text{ dipakai } r = 1,14 \%$$

Jumlah penduduk pada tahun 2002 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,0114)^8$$

$$= 505.636$$

$P_n = 505.636$  penduduk.

Jumlah penduduk pada tahun 2003 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,0114)^9$$

$$= 511.399$$

$P_n = 511.399$  penduduk

Jumlah penduduk pada tahun 2004 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,0114)^{10}$$

$$= 517.299$$

$P_n = 517.299$  penduduk

Jumlah penduduk pada tahun 2005 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,0114)^{11}$$

$$= 523.126$$

$P_n = 523.126$  penduduk

Jumlah penduduk pada tahun 2006 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,0114)^{12} \\ &= 529.089 \end{aligned}$$

$P_n = 529.089$  penduduk

Jumlah penduduk pada tahun 2007 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,0114)^{13} \\ &= 535.121 \end{aligned}$$

$P_n = 535.121$  penduduk.

Jumlah penduduk pada tahun 2008 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,0114)^{14} \\ &= 541.221 \end{aligned}$$

$P_n = 541.221$  penduduk.

Jumlah penduduk pada tahun 2009 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,0114)^{15} \\ &= 547.392 \end{aligned}$$

$P_n = 547.392$  penduduk.

Jumlah penduduk pada tahun 2010 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,0114)^{16} \\ &= 553.632 \end{aligned}$$

$P_n = 553.632$  penduduk.

Jumlah penduduk pada tahun 2011 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,0114)^{17}$$

$$= 559.943$$

$P_n = 559.943$  penduduk.

Jumlah penduduk pada tahun 2012 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,0114)^{18}$$

$$= 566.327$$

$P_n = 566.327$  penduduk.

Apabila menggunakan data Sensus Penduduk dengan  $r = 0,4 \%$  maka jumlah penduduk dari tahun 2002 sampai dengan tahun 2012 adalah sebagai berikut :

Jumlah penduduk tahun 2002 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,004)^8$$

$$= 476.786$$

$P_n = 476.786$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2003 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,004)^9$$

$$= 478.693$$

$P_n = 478.693$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2004 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,004)^{10}$$

$$= 480.609$$

$P_n = 480.609$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2005 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,004)^{11} \\ &= 482.530 \end{aligned}$$

$P_n = 482.530$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2006 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,004)^{12} \\ &= 484.461 \end{aligned}$$

$P_n = 484.461$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2007 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,004)^{13} \\ &= 486.399 \end{aligned}$$

$P_n = 486.399$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2008 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,004)^{14} \\ &= 488.344 \end{aligned}$$

$P_n = 488.344$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2009 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,004)^{15} \\ &= 490.297 \end{aligned}$$

$P_n = 490.297$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2010 :

$$\begin{aligned} P_n &= 461.800 \times (1 + 0,004)^{16} \\ &= 492.259 \end{aligned}$$

Jumlah penduduk tahun 2011 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,004)^{17}$$

$$= 494.228$$

$P_n = 494.228$  penduduk

Jumlah penduduk tahun 2012 :

$$P_n = 461.800 \times (1 + 0,004)^{18}$$

$$= 496.205$$

$P_n = 496.205$  penduduk.

Tabel 4.4: Jumlah penduduk dengan  $r = 1,14\%$  dan  $r = 0,04\%$

No	Tahun	Jumlah penduduk, $r = 1,14\%$	Jumlah penduduk, $r = 0,04\%$
1	2002	505.639 jiwa	476.786 jiwa
2	2003	511.399 jiwa	478.693 jiwa
3	2004	517.299 jiwa	480.609 jiwa
4	2005	523.126 jiwa	482.530 jiwa
5	2006	529.089 jiwa	484.461 jiwa
6	2007	535.121 jiwa	486.399 jiwa
7	2008	541.221 jiwa	488.344 jiwa
8	2009	547.392 jiwa	490.297 jiwa
9	2010	553.632 jiwa	492.259 jiwa
10	2011	559.943 jiwa	494.228 jiwa
11	2012	566.327 jiwa	496.205 jiwa

Untuk masa yang akan datang perkembangan penduduk Kotamadya Yogyakarta akan terjadi di daerah hilir dengan penambahan yang sangat kecil sekali, sehingga perkiraan penambahan penduduk dengan menggunakan tingkat penambahan penduduk  $r = 0,4\%$  bisa diterapkan untuk perhitungan selanjutnya.

Dari perencanaan, proyek ini diharapkan pelayanannya akan meningkat menjadi 22 % pada tahun 2002 dan 53 % pada tahun 2012 dari jumlah penduduk perkotaan Yogyakarta.

Dari analisis di atas didapat jumlah penduduk pada tahun 2002 sebesar 476.786 jiwa, dan pada tahun 2012 sebesar 496.205 jiwa. Jadi pada tahun 2002 proyek ini mampu melayani 104.893 jiwa, dan pada tahun 2012 sebesar 262.989 jiwa.

#### 4.3 Analisis Anggaran Biaya

Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) beserta pembangunan pipa induk dan pembiayaan kelengkapan-kelengkapan lainnya menelan biaya sebesar Rp. 67.796.000.000,00 dengan perincian sebagai berikut :

a., pembangunan Instalasi.....	Rp. 59.000.000.000,00
b., 1)., pengadaan tanah (6,7 ha)	
2)., pagar	
3)., air bersih	
4)., listrik, dan lain-lain	
Sub Total.....	Rp. 1.370.000.000,00
c., pembangunan pipa induk.....	Rp. 6.190.000.000,00
d., perluasan jaringan baru.....	Rp. 1.236.000.000,00
TOTAL.....	<u>Rp. 67.796.000.000,00</u>

#### 4.4 Analisis Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Dalam menganalisis biaya operasional dan pemeliharaan pada proyek ini, dilakukan perincian biaya-biaya apa saja yang termasuk dalam proyek ini. Yang termasuk dalam biaya operasional dan pemeliharaan dalam proyek ini adalah :

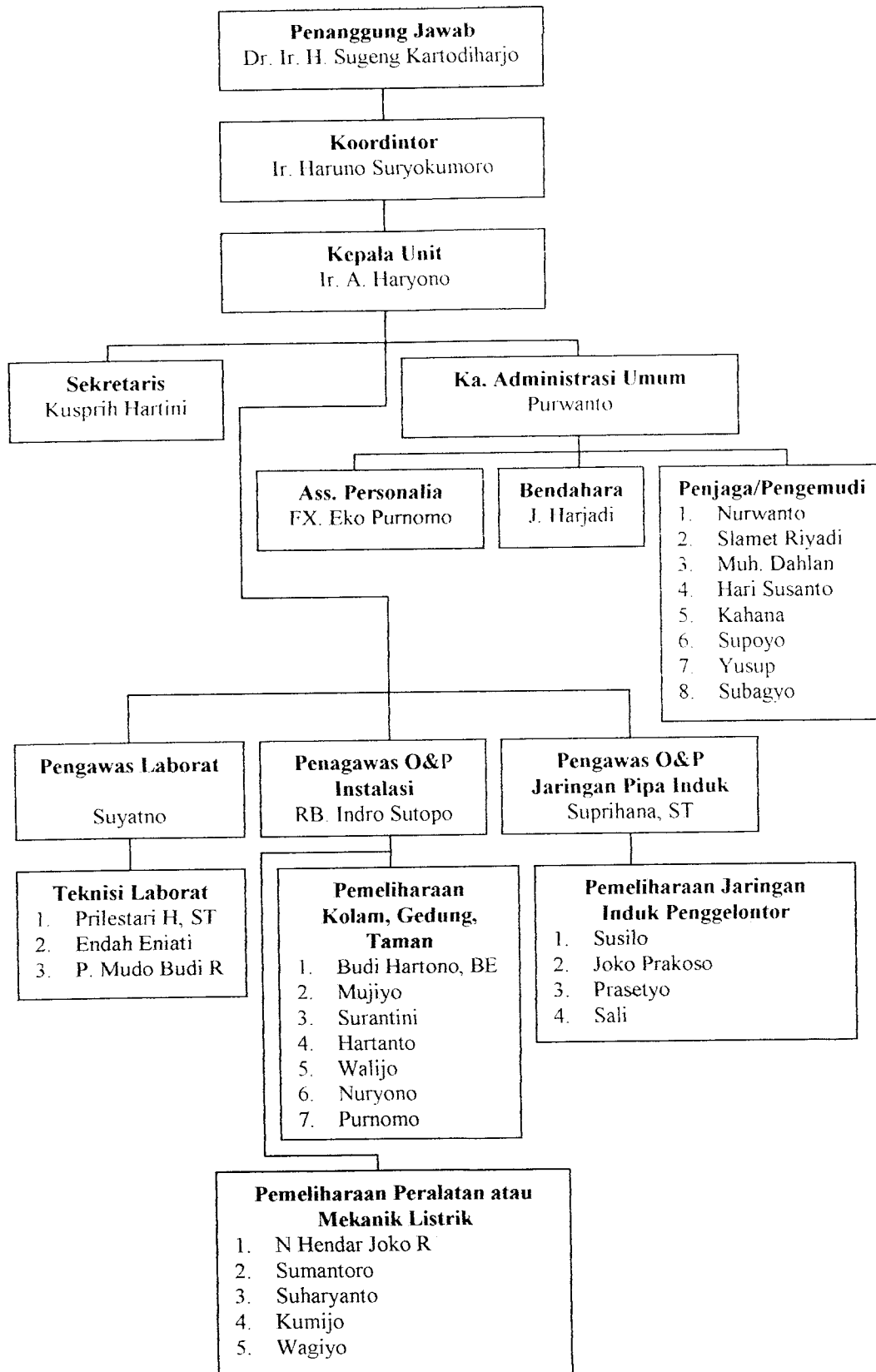
- a., biaya gaji/upah



Biaya gaji/upah ini dikeluarkan untuk membayar gaji karyawan dan tenaga lain pada proyek ini. Adapun jumlah karyawan yang ada di Instalasi Pengolahan Air Limbah ini sebanyak 37 orang, dengan perincian sebagai berikut :

- 1)., pegawai negeri yang diperbantukan sebanyak 16 orang dan,
- 2)., pegawai harian lepas (PHL) sebanyak 21 orang.

Dalam pembagian gaji/upah ini didasarkan pada tingkat kinerja pekerjaan masing-masing dari karyawan tersebut. Untuk karyawan yang diperbantukan gajinya berdasarkan pada gaji pegawai negeri pada umumnya. Sedangkan untuk gaji pegawai harian lepas (PHL), berdasarkan pada upah minimum regional (UMR). Untuk pegawai harian lepas maksudnya, mereka bekerja kalau dibutuhkan saja. Misalnya ada kerusakan pada peralatan mekanik atau listrik, pembersihan kolam, gedung, dan taman, gaji mereka pun diberikan sesuai dengan jumlah hari mereka bekerja. Adapun susunan organisasi yang bertanggung jawab di IPAL Sewon Bantul seperti yang tercantum dalam gambar 4.7. Jika diambil upah minimum regional sebesar Rp. 2.500,00 per orang, maka untuk 21 orang sebesar Rp. 52.500,00. Bila dalam satu minggu mereka bekerja 5 hari, total biaya yang dikeluarkan selama satu minggu sebesar Rp. 262.500,00. Untuk gaji pegawai negeri diasumsikan satu bulan sebesar Rp. 250.000,00 per orang, sehingga untuk satu bulan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 4.000.000,00.



Gambar 4.7 Susunan Organisasi yang Bertanggung Jawab pada IPAL Bantul

Secara keseluruhan untuk biaya gaji atau upah dapat dikalkulasikan sebagai berikut :

a)., untuk pegawai negeri yang diperbantukan sebesar ;

@ Rp. 250.000 untuk 16 orang.....Rp. 4.000.000,00

b)., untuk pegawai harian lepas sebesar ;

@ Rp.2.500 untuk 21 orang selama 20 hari.....Rp. 1.050.000,00

Total selama satu bulan.....Rp. 5.050.000,00

Pada tahun 1995/1996 biayanya hanya dianggarkan untuk 3 bulan saja, karena proyek ini mulai beroperasi pada tahun 1996.

b., biaya bahan

Biaya bahan ini dikategorikan menjadi beberapa bagian diantaranya adalah :

1)., biaya untuk alat tulis kantor,

2)., biaya untuk cetak brosur, undangan dan lain-lain, dan

3)., biaya untuk *spare part*

Untuk operasi pertama biaya bahan ini dianggarkan sebesar Rp.24.600.000,00 selama tiga bulan, sehingga pada bulan pertama biaya bahan ini sebesar Rp. 8.200.000,00 dan diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya.

c., biaya perjalanan dinas

Untuk biaya ini biasanya digunakan untuk konsultasi masalah IPAL baik ke pusat dalam hal ini di Jakarta maupun ke Pemda setempat.

Tahun pertama operasi dikeluarkan untuk biaya ini sebesar Rp. 3.440.000,00 dan setiap bulannya sebesar Rp. 1.146.667,00.

d., biaya konstruksi/fisik

Pada bagian ini digunakan untuk pemeliharaan sipon untuk aliran limbah. Tahun pertama mulai operasi, biaya untuk ini dialokasikan sebesar Rp. 7.000.000,00.

e., biaya lain-lain

Yang termasuk kedalam kelompok biaya ini adalah ;

- 1)., biaya untuk pemeliharaan peralatan seperti air rator, generator,
- 2)., biaya untuk pembayaran rekening listrik, dan
- 3)., biaya pengadaan bahan kimia/laboratorium.

Biaya lain-lain ini merupakan biaya yang termahal. Dari total biaya yang dikeluarkan untuk biaya lain-lain 65 % dari biaya total yang dikeluarkan digunakan untuk biaya listrik dan pengadaan bahan kimia/laboratorium. Tahun pertama anggaran yang dikeluarkan untuk biaya lain-lain sebesar Rp. 58.520.000,00 ini berarti Rp. 38.038.000,00 untuk biaya listrik dan pengadaan bahan.

Air rator yang dimiliki oleh proyek ini sebanyak empat buah. Pada awal operasi tidak ada kerusakan pada alat ini, namun pada tahun ke-tiga operasi terjadi satu kerusakan. Biaya lain-lain pada tahun ke-tiga operasi sebesar Rp. 191.100.000,00. Dengan menggunakan rumus (3.2) dan (3.3), maka dapat dianalisis besarnya biaya rata-rata dari semua kegiatan pemeliharaan yang dikeluarkan, sebagai berikut :

$$\text{Diketahui ; } C_M = \text{Rp.191.100.000,00}$$

$$C_F = \text{Rp.66.885.000,00}$$

$$R(T) = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$1-R(T) = 1-0,75 = 0,25$$

Penyelesaian ;

biaya per unit karena kegagalan bahan;

$$= C_F \times \frac{1-R(T)}{E(T)}$$

$$= \text{Rp. 66.885.000,00} \times \frac{0,25}{4}$$

$$= \text{Rp. 4.180.313,00}$$

biaya pemeliharaan preventif ;

$$= C_M \times \frac{R(T)}{E(T)}$$

$$= \text{Rp. 191.100.000,00} \times \frac{0,75}{4}$$

$$= \text{Rp. 35.831.250,00}$$

sehingga biaya rata-rata dari semua kegiatan pemeliharaan per waktu unit adalah ;

$$K(T) = \left[ \frac{C_F(1-R(T)) + C_M R(T)}{E(T)} \right]$$

$$= \text{Rp. 4.180.313,00} + \text{Rp. 35.831.250,00}$$

$$K(T) = \text{Rp. 40.011.563,00}$$

#### 4.5 Analisis Pendapatan

Instalasi sistem terpusat yang ada di Pendowoharjo Bantul ini adalah merupakan proyek hibah dari Jepang dan masih dikendalikan oleh Pemda Yogyakarta, walupun IPAL ini menghasilkan pupuk sebanyak  $\pm 3.300 \text{ m}^3$  per tahun namun hasil sepenuhnya diambil oleh pihak Pemda dan tidak diperjual belikan, dengan demikian pihak IPAL sendiri tidak mendapatkan apa-apa. Atau dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = D \times h$$

$$D = 300 \text{ m}^3 \text{ per tahun}$$

$$h = 0, \text{ dengan demikian menjadi;}$$

$$P = 3000 \times 0$$

$$P = 0$$

#### 4.6 Titik Impas (*Break Even Point*)

Dari analisis pendapatan, maka tidak akan dijumpai titik impas dari perusahaan ini, karena proyek ini merupakan hibah maka tidak unsur untung atau ruginya dalam arti tidak ada investasi yang harus dikembalikan oleh pihak pengelola IPAL.

Diketahui kalau titik impas itu adalah biaya pendapatan sama dengan biaya produksi. Biaya produksi disini sama dengan biaya operasi dan pemeliharaan. Jadi dapat dikalkulasikan untuk tahun kedua beroperasi adalah sebagai berikut :

$$\text{Biaya O\&M} = \text{Rp. } 358.900.000,00$$

$$\text{Pendapatan} = 0$$

## BAB V

### HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### **5.1 Lokasi Penelitian**

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berlokasi di Cepit, Pendowoharjo, Sewon, Bantul dibangun pada tahun 1994-1995 dan sudah mulai beroperasi sejak bulan Januari 1996. IPAL ini didisain untuk memberikan pelayanan 110.000 penduduk (22 % penduduk kota) pada tahun 2002 dan 273.000 penduduk (53 % penduduk kota ) pada tahun 2012 dengan rata-rata menghasilkan air limbah 15.500 m<sup>3</sup>/ hari.

Pembangunan IPAL ini dilaksanakan dengan memanfaatkan pipa-pipa saluran limbah yang telah ada sejak tahun 1936, dan merupakan pula salah satu upaya untuk mendukung Program Kali Bersih (Prokasih), yang oleh D.I Yogyakarta telah ditetapkan bagi ketiga sungai yaitu Code, Gajahwong, dan Winongo, ini adalah tindak lanjut Program Jangka Menengah (PJM) Pengembangan Perkotaan Yogyakarta (1993/1994 - 1997/1998), yang telah disusun sebelumnya dengan bantuan teknik Pemerintah Swiss untuk mengarahkan dan memenuhi kebutuhan dasar dan kebutuhan nyata. Program-program kebanyakan adalah bersifat perbaikan terhadap kekurangan atau kelemahan prasarana dan tanggapan terhadap pengembangan sebelumnya di daerah-daerah perkotaan.



Gambar 5.1 Daerah Pelayanan dan Zona Air Limbah di Perkotaan Yogyakarta



## 5.2 Hasil Analisis

### 5.2.1 Analisis Anggaran Biaya

Tabel 5.1 : Pembiayaan pembangunan IPAL

No.	Keterangan	Sumber pembiayaan	Jumlah ( x Rp 1 juta)
1.	Pembangunan instalasi	Hibah pemerintah Jepang	59,00
2.	Pengadaan tanah, pagar, air bersih, listrik dan lain-lain	APBD Tingkat I	1.370,00
3.	Pembangunan Pipa induk	APBN	6.190,00
4.	Perluasan jaringan baru sepanjang 3.097 m	INPRES dan BPPDP	1.236,00
		Total	67.796,00

Sumber : DPU, Unit IPAL, Investasi pada tahun 1994-1996

1 US\$ : Rp 2.300

Tabel 5.2 : Lahan dan struktur bangunan di IPAL Sewon

Uraian	Satuan	Volume	Tahun Instalasi	Nilai Aktual (Rp juta)	Nilai Pengganti (Rp juta)
1. Lahan	Ha	6.7	1994	6.080,00	6.080,00
2. Struktur bangunan					
3. Pipa induk	M	10.092	1994	9.042,00	10.433,00
4. Saluran terbuka ke bedog	M	500	1994	260,00	300,00
5. Siphon	Unit	5	1994	234,00	270,00
6. Manhole	Unit	31	1994	121,00	140,00
7. Bangunan intake dan pipa angkat	Unit	1	1994	650,00	750,00
8. Ruang pompa	Unit	1	1994	325,00	375,00
9. Grit chamber	Unit	1	1994	325,00	375,00
10. Bak pembagi	Unit	1	1994	130,00	150,00
11. Kolam aerasi fakutatif	Unit	4	1994	18.720,00	21.600,00
12. Kolam maturasi	Unit	2	1994	7.020,00	8.100,00
13. Tempat pengering lumpur	Unit	25	1994	2.600,00	3.000,00
14. Bangunan operasi	Ls	1	1994	780,00	900,00
15. Bangunan generator	Ls	1	1994	325,00	375,00
16. Bangunan garasi	Ls	1	1997	260,00	300,00
17. Jalan	Ls	1	1994	1.204,00	1.390,00
18. Pagar	Ls	1	1994	169,00	195,00
Total bangunan				41.905,00	48.353,00

Sumber: DPU Propinsi, 1998, 1 US\$ : Rp 8.000,00

Tabel 5.3 : Peralatan di IPAL Sewon

Uraian	Satuan	Volume	Tahun Instalasi	Nilai Aktual (Rp. juta)	Nilai Pengganti (Rp. juta)
<b>Peralatan</b>					
1. Pintu inlet	Unit	1	1995	269,00	336,00
2. <i>Screw</i> pompa	Unit	3	1995	5.043,00	6.043,00
3. <i>Gearred trolley chain hoist</i>	Unit	1	1995	403,00	504,00
4. Pintu inlet <i>grit chamber</i>	Unit	2	1995	538,00	672,00
5. Pompa pasir dalam <i>grit chamber</i>	Unit	2	1995	134,00	168,00
6. <i>Coarse screen</i> dalam <i>grit chamber</i>	Unit	2	1995	269,00	336,00
7. Gerbang <i>outlet grit chamber</i>	Unit	2	1995	538,00	672,00
8. Pemisah siklon	Unit	2	1995	403,00	504,00
9. <i>Electric trolley screen hoist</i>	Unit	2	1995	538,00	672,00
10. Pintu distribusi	Unit	2	1995	538,00	672,00
11. Pintu FAL	Unit	20	1995	5.379,00	6.724,00
12. Aerotor untuk FAL	Unit	4	1995	2.152,00	2.690,00
13. Pintu kolam maturasi	Unit	10	1995	2.690,00	3.362,00
14. Pompa air servis	Unit	2	1995	134,00	168,00
15. <i>Electric trolley chain hoist</i> pada FAL	Unit	1	1995	2.690,00	3.362,00
16. Unit pengisap lumpur	Unit	1	1995	807,00	1.009,00
17. Unit pembuang lumpur	Unit	1	1995	1.210,00	1.513,00
18. Kompresor dengan genset	Unit	1	1995	1.345,00	1.681,00
19. Generator diesel cadangan	Unit	1	1995	1.681,00	2.101,00
20. <i>Dump truck</i>	Unit	2	1996	144,00	240,00
21. Vakum truck	Unit	2	1996	120,00	200,00
22. Pick up truck	Unit	1	1997	80,00	100,00
23. Panther	Unit	1	1996	48,00	120,00
24. Sepeda motor	Unit	3	1996	21,00	36,00
25. Tempat pipa dan aksesoris	Ls	1	1995	6.052,00	7.565,00
26. Peralatan listrik	Ls	1	1995	13.448,00	16.810,00
27. Peralatan laboratorium	Ls	1	1995	403,00	504,00
28. Perlengkapan kantor	Ls	1	1995	134,00	168,00
29. Peralatan	Ls	1	1995	202,00	252,00
<b>Total Peralatan</b>				47.413,00	59.445,00

Sumber : DPU Propinsi DIY, 1998, 1 US \$ : Rp 8.000,00

Tabel 5.4 : Ringkasan aset di IPAL

Uraian	Nilai aktual		Nilai penggantian	
	Rp. Juta	%	Rp. Juta	%
1. Lahan	6.080,00	6.4	6.080,00	5.3
2. Bangunan sipil	41.905,00	43.9	48.353,00	42.5
3. Peralatan	47.413,00	49.7	59.445,00	52.2
<b>Total</b>	95.816,00	100	113.878,00	100

Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan pembangunan pipa induk sepanjang 5000 m merupakan hibah dari pemerintah Jepang, yang

nilainya diperkirakan sebesar Rp. 59,00 miliar (1994-1996), terdiri dari detail *engineering*, konstruksi dan supervisi. Pembiayaan kelengkapan-kelengkapan lainnya disediakan dari dana APBN, APBD Tingkat I, Inpres murni dan BPPDP (Bantuan Pembangunan Prasarana Dasar Pemukiman). Disamping itu juga IPAL di Sewon ini memiliki aset-aset yang dikelola oleh Seksi Teknik Penyehatan Lingkungan, Sub Dinas Cipta Karya DPU Propinsi DIY, seperti yang terlihat pada tabel diatas.

### 5.2.2 Analisis kependudukan

Dari analisis kependudukan pada bab IV, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.5 : Jumlah penduduk dari tahun 2002 – 2012

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
1.	2002	476.786
2.	2003	478.693
3.	2004	480.609
4.	2005	482.530
5.	2006	484.461
6.	2007	486.399
7.	2008	488.344
8.	2009	490.297
9.	2010	492.259
10.	2011	494.288
11.	2012	496.205

Dari perencanaan diharapkan pada tahun 2002 mampu melayani 22 % dari jumlah penduduk dan tahun 2012 melayani 53 % dari jumlah penduduk, sehingga

pada tahun 2002 IPAL mampu melayani 104.893 jiwa penduduk dan pada tahun 2012 sebesar 262.989 jiwa penduduk.

Hasil perhitungan ini tidak jauh berbeda dari hasil hitungan atau prediksi dari IPAL itu sendiri yaitu pada tahun 2002 mampu melayani sebanyak 110.000 jiwa penduduk, dan tahun 2012 sebesar 273.000 jiwa penduduk.

### **5.2.3 Analisis biaya operasional dan pemeliharaan**

Keuangan untuk operasi dan pemeliharaan sistem air limbah terpusat dan sanitasi berasal dari anggaran pemerintah daerah, dan dana untuk IPAL di Sewon berasal dari anggaran pemerintah provinsi selama lima tahun. Setelah operasi, semua biaya operasi dan pemeliharaan akan ditanggung pemerintah Kodya, Bantul dan Sleman. Disini IPAL hanya beroperasi sebagai pusat pembiayaan saja. Tidak ada hubungan antara pemasukan dari sistem pengolahan limbah terpusat pengeluaran untuk operasional dan pemeliharaan di IPAL.

Pembiayaan operasional dan pemeliharaan IPAL sampai saat ini masih ditangani atau didanai dari APBD Tingkat I, melalui Cipta Karya Tingkat I Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Realisasi biaya operasional dan pemeliharaan Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah dalam kurun waktu 1995/1996-1998/1999 secara rinci dapat dilihat di tabel 5.6. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada awal operasi IPAL tahun 1995/1996, anggaran biaya operasional dan pemeliharaan dianggarkan Rp. 100,00 juta (hanya untuk selama tiga bulan), realisasi mencapai Rp. 358,90 juta, sedangkan pada tahun 1997/1998

dan 1998/1999 jumlahnya relatif sama masing-masing tahun 1997/1998 Rp. 251,34 juta dan tahun 1998/1999 sebesar Rp. 250,00 juta.

Tabel 5.6 : Realisasi biaya O & M IPAL

No	Jenis biaya	95/96 (juta)	96/97 (juta)	97/98 (juta)	98/99 (juta)
1	Gaji/upah	6,44	33,05	38,47	30,96
2	Bahan	24,60	26,86	4,07	1,50
3	Konstruksi/fisik	3,44	12,89	3,27	0,50
4	Perjalanan dinas	7,00	-	14,43	13,25
5	Lain-lain	58,52	286,11	191,10	203,79
	TOTAL	100	358,90	251,34	250,00

Sumber : IPAL, Kota Yogyakarta, 1998

Dari jenis biaya operasional dan pemeliharaan tersebut sebagian besar terdiri dari biaya lain-lain yaitu sebesar Rp. 203,79 juta. Dari jumlah tersebut yang paling besar adalah untuk biaya listrik dan pengadaan bahan kimia/laboratorium, masing-masing Rp. 107,5 juta dan Rp. 20,00 juta.

Berdasarkan nilai aktual aset untuk IPAL (sipil dan peralatan) sebesar Rp. 41,905 miliar untuk bangunan sipil dan Rp. 47,413 miliar untuk peralatan. Untuk biaya operasi dan pemeliharaan yang layak adalah 0,5 % per tahun untuk aset sipil dan 2,0 % untuk peralatan. Dari perhitungan diatas maka biaya operasional dan pemeliharaan aset sipil Rp. 209,525 juta, untuk peralatan adalah Rp. 948,246 juta, sehingga total biaya operasional dan pemeliharaan adalah Rp. 1.157,785 juta. Ini menunjukkan bahwa biaya operasional dan pemeliharaan yang dialokasikan pada tahun 1998/1999 sebesar Rp. 250,00 juta dinilai masih jauh dari semestinya, untuk itu pada tahun-tahun berikutnya biaya operasional dan pemeliharaan ini diharapkan mengalami kenaikan sebesar 20 %, sehingga dapat memenuhi kelayakan seperti yang telah diterangkan di atas. Dengan demikian

anggaran biaya operasional dan pemeliharaan dari tahun 1998/1999 sampai dengan tahun 2011/2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.7 : Anggaran biaya O & M IPAL tahun 1998/1999 – 2011/2012

No.	Tahun	Biaya Operasional dan Pemeliharaan
1.	1998/1999	Rp. 250.000.000,00
2.	1999/2000	Rp. 300.000.000,00
3.	2000/2001	Rp. 360.000.000,00
4.	2001/2002	Rp. 432.000.000,00
5.	2002/2003	Rp. 518.400.000,00
6.	2003/2004	Rp. 622.080.000,00
7.	2004/2005	Rp. 746.460.000,00
8.	2005/2006	Rp. 895.795.200,00
9.	2006/2007	Rp. 1.074.954.240,00
10.	2007/2008	Rp. 1.289.945.088,00
11.	2008/2009	Rp. 1.547.934.106,00
12.	2009/2010	Rp. 1.857.520.927,00
13.	2010/2011	Rp. 2.229.025.112,00
14.	2011/2012	Rp. 2.674.830.134,00

#### 5.2.4 Analisis pendapatan

IPAL di Sewon Bantul sampai saat ini tidak memiliki pendapatan sendiri, karena mereka tidak menarik retribusi dari pelanggan ataupun menjual pupuk yang dihasilkan, kecuali retribusi air limbah yang dipungut oleh DKP (Dinas Kebersihan dan Pertamanan) Kotamadya Yogyakarta, yaitu Seksi Penanggulangan Air Kotor.

Instansi inilah yang bertanggung jawab dalam pengelolaan air limbah di Kotamadya Yogyakarta, sesuai dengan yang diatur dalam PERDA nomor 09 tahun 1991. Pada tahun 2000/01, direncanakan biaya pengelolaan IPAL akan diserahkan kepada Tingkat II Kotamadya Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan

Kabupaten Bantul. Oleh karena itu diperlukan adanya rencana untuk menarik retribusi air limbah bagi pelanggan atau yang akan menggunakan jasa pelayanan tersebut. Adapun tarif retribusi yang ada sesuai dengan PERDA nomor 09 tahun 1991 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.8 : Tarif retribusi *assainering*

No.	Wajib Retribusi	Pemeliharaan Perbulan Rp.	Biaya Administrasi Formulir Rp.	Biaya Ijin Penyambungan Rp.	Keterangan
	Rumah Tangga				Jml. Penghuni
1.	K1	500,00	500,00	2.000,00	1-5 orang
2.	K2	1.000,00	500,00	2.500,00	6-10 orang
3.	K3	2.000,00	500,00	3.000,00	11-20 orang
4.	K4	4.000,00	500,00	3.500,00	21-50 orang
5.	K5	8.000,00	500,00	4.000,00	>50 orang
	Perusahaan				Modal Lancar
1.	P1	3.000,00	500,00	2.500,00	0 - Rp. 25 juta
2.	P2	6.000,00	500,00	5.000,00	> Rp. 25 juta
3.	P3	12.000,00	500,00	7.500,00	> Rp. 50 juta

Sumber : DKP.1991

Dengan berdasarkan tarif di atas, maka dapatlah dibuat suatu rencana besarnya tarif retribusi per pelanggan (tabel 5.9), dengan menggunakan prinsip *Cost Recovery*, artinya penerimaan retribusi harus dapat menutupi biaya operasional dan pemeliharaan, penyusutan dan amortisasi.

Dari tabel 5.9 dapat diasumsikan bahwa :

- a., jumlah pelanggan diambil dari peningkatan sebelumnya sebesar 1,2 % dari jumlah penduduk
- b., tarif retribusi diambil dari biaya O & M dibagi dengan jumlah pelanggan kemudian dinaikkan secara bertahap yaitu 3 tahun sekali
- c., tarif retribusi di atas untuk satu tahun per pelanggan, sehingga untuk satu bulan per pelanggan tinggal dibagi banyak bulan dalam satu tahun.

Tabel 5.9 : Tarif retribusi terencana dari tahun 2000/2001 – 2011/2012

No.	Tahun	Biaya O & M	Jml. Penduduk	Jml. Pelanggan	Tarif Retribusi
1.	2000	Rp. 300.000.000,00	472.995 jiwa	5.676	Rp. 52.860,00
2.	2001	Rp. 360.000.000,00	474.887 jiwa	5.699	Rp. 92.505,00
3.	2002	Rp. 432.000.000,00	476.786 jiwa	5.721	Rp. 92.505,00
4.	2003	Rp. 518.400.000,00	478.693 jiwa	5.744	Rp. 92.505,00
5.	2004	Rp. 622.080.000,00	480.609 jiwa	5.767	Rp. 161.886,00
6.	2005	Rp. 746.460.000,00	482.530 jiwa	5.790	Rp. 161.886,00
7.	2006	Rp. 895.795.200,00	484.461 jiwa	5.814	Rp. 161.886,00
8.	2007	Rp. 1.074.954.240,00	486.399 jiwa	5.837	Rp. 283.301,00
9.	2008	Rp. 1.289.945.088,00	488.344 jiwa	5.860	Rp. 283.301,00
10.	2009	Rp. 1.547.934.106,00	490.297 jiwa	5.883	Rp. 283.301,00
11.	2010	Rp. 1.857.520.927,00	492.259 jiwa	5.907	Rp. 495.777,00
12.	2011	Rp. 2.229.025.112,00	494.288 jiwa	5.932	Rp. 495.777,00
13.	2012	Rp. 2.674.830.134,00	496.205 jiwa	5.954	Rp. 495.777,00

Berdasarkan hasil analisis di atas diperkirakan IPAL akan memperoleh pendapatan setiap tahunnya sebesar :

Tabel 5.10 : Pendapatan per tahun (2000 sampai dengan 2012)

No.	Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif Retribusi per Bulan	Pendapatan
1.	2000	5.676	Rp. 4.405,00	Rp. 300.033.360,00
2.	2001	5.699	Rp. 7.709,00	Rp. 527.203.092,00
3.	2002	5.721	Rp. 7.709,00	Rp. 529.238.268,00
4.	2003	5.744	Rp. 7.709,00	Rp. 531.365.952,00
5.	2004	5.767	Rp. 13.491,00	Rp. 933.631.164,00
6.	2005	5.790	Rp. 13.491,00	Rp. 937.354.680,00
7.	2006	5.814	Rp. 13.491,00	Rp. 941.240.088,00
8.	2007	5.837	Rp. 23.608,00	Rp. 1.653.598.752,00
9.	2008	5.860	Rp. 23.608,00	Rp. 1.660.114.560,00
10.	2009	5.883	Rp. 23.608,00	Rp. 1.666.630.368,00
11.	2010	5.907	Rp. 41.315,00	Rp. 2.928.572.460,00
12.	2011	5.932	Rp. 41.315,00	Rp. 2.940.966.960,00
13.	2012	5.954	Rp. 41.315,00	Rp. 2.951.874.120,00

Apabila jumlah pelanggan diambil dari banyaknya rumah tangga secara keseluruhan, maka analisis biaya retribusi menjadi sebagai berikut :

Tabel 5.11: Banyaknya rumah tangga dan jumlah penduduk akhir tahun 1998

No.	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Banyaknya rumah tangga
1.	1994	464.946	91.442
2.	1995	469.193	92.857
3.	1996	474.461	94.030
4.	1997	478.752	94.864
5.	1998	483.760	95.908

Sumber : Biro Statistik Kotamadya Yogyakarta, 1998



Dari data di atas terlihat bahwa banyaknya rumah tangga yang ada sebesar 19,70 % dari jumlah penduduk, sehingga dapat diprediksikan tarif retribusi terencana berdasarkan banyaknya rumah tangga untuk tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 sebagai berikut :

Tabel 5.12 : Tarif retribusi terencana dari tahun 2000/2001 – 2011/2012

No.	Tahun	Biaya O & M	Jml. Penduduk	Jml. Pelanggan	Tarif Retribusi
1.	2000	Rp. 300.000.000,00	472.995 jiwa	93.180	Rp. 3.220,00
2.	2001	Rp. 360.000.000,00	474.887 jiwa	93.553	Rp. 5.635,00
3.	2002	Rp. 432.000.000,00	476.786 jiwa	93.927	Rp. 5.635,00
4.	2003	Rp. 518.400.000,00	478.693 jiwa	94.303	Rp. 5.635,00
5.	2004	Rp. 622.080.000,00	480.609 jiwa	94.680	Rp. 9.862,00
6.	2005	Rp. 746.460.000,00	482.530 jiwa	95.058	Rp. 9.862,00
7.	2006	Rp. 895.795.200,00	484.461 jiwa	95.439	Rp. 9.862,00
8.	2007	Rp. 1.074.954.240,00	486.399 jiwa	95.821	Rp. 17.259,00
9.	2008	Rp. 1.289.945.088,00	488.344 jiwa	96.204	Rp. 17.259,00
10.	2009	Rp. 1.547.934.106,00	490.297 jiwa	96.589	Rp. 17.259,00
11.	2010	Rp. 1.857.520.927,00	492.259 jiwa	96.975	Rp. 30.203,00
12.	2011	Rp. 2.229.025.112,00	494.288 jiwa	97.375	Rp. 30.203,00
13.	2012	Rp. 2.674.830.134,00	496.205 jiwa	97.752	Rp. 30.203,00

Pada tabel di atas terlihat bahwa pada tahun 2012 tarif retribusi per pelanggan sebesar Rp. 30.203,00 per tahunnya, dengan asumsi semua limbah yang berasal dari penduduk Kotamadya masuk seluruhnya ke IPAL Bantul, ini berarti limbah yang masuk pada tahun 2012 sebesar 1.292 liter/detik, namun pada perencanaan awal pada tahun 2012 melayani sebesar 15.500 m<sup>3</sup> per hari atau sebesar 179,4 liter/detik. Agar IPAL mampu melayani limbah sebesar terencana di atas maka biaya O&M dinaikkan menjadi sebesar tujuh kali dari O&M awal, sehingga tarif retribusi terencana menjadi :

Tabel 5.13 : Tarif retribusi terencana dari tahun 2000/2001 – 2011/2012

No.	Tahun	Biaya O & M (Rp)	Jml. Penduduk	Jml. Pelanggan	Tarif Retribusi
1.	2000	1.750.000.000,00	472.995 jiwa	93.180	Rp. 18.781,00
2.	2001	3.500.000.000,00	474.887 jiwa	93.553	Rp. 37.412,00
3.	2002	5.250.000.000,00	476.786 jiwa	93.927	Rp. 55.895,00
4.	2003	7.000.000.000,00	478.693 jiwa	94.303	Rp. 74.229,00
5.	2004	8.750.000.000,00	480.609 jiwa	94.680	Rp. 92.417,00
6.	2005	10.500.000.000,00	482.530 jiwa	95.058	Rp. 110.459,00
7.	2006	12.250.000.000,00	484.461 jiwa	95.439	Rp. 128.354,00
8.	2007	14.000.000.000,00	486.399 jiwa	95.821	Rp. 146.106,00
9.	2008	15.750.000.000,00	488.344 jiwa	96.204	Rp. 163.715,00
10.	2009	17.500.000.000,00	490.297 jiwa	96.589	Rp. 181.180,00
11.	2010	19.250.000.000,00	492.259 jiwa	96.975	Rp. 198.505,00
12.	2011	21.000.000.000,00	494.288 jiwa	97.375	Rp. 215.661,00
13.	2012	22.750.000.000,00	496.205 jiwa	97.752	Rp. 232.732,00

Dari tabel di atas agar biaya O&M bisa tertutupi setiap tahunnya, maka tarif retribusi diambil dari biaya O&M dibagi dengan jumlah pelanggan, sehingga tarif retribusi per bulan serta pendapatan setiap tahunnya sebesar :

Tabel 5.14: Pendapatan per tahun (2000 sampai dengan 2012)

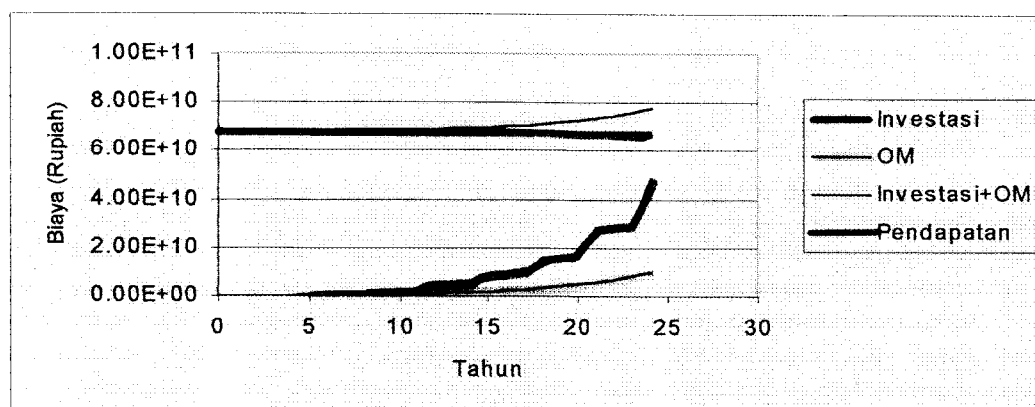
No.	Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif Retribusi per Bulan	Pendapatan
1.	2000	93.180	Rp. 1.565,00	Rp. 1.749.920.400,00
2.	2001	93.553	Rp. 3.118,00	Rp. 3.500.379.048,00
3.	2002	93.927	Rp. 4.658,00	Rp. 5.250.143.592,00
4.	2003	94.303	Rp. 6.186,00	Rp. 7.000.300.296,00
5.	2004	94.680	Rp. 7.702,00	Rp. 8.750.704.320,00
6.	2005	95.058	Rp. 9.205,00	Rp. 10.500.106.600,00
7.	2006	95.439	Rp. 10.697,00	Rp. 12.250.931.800,00
8.	2007	95.821	Rp. 12.176,00	Rp. 14.000.597.900,00
9.	2008	96.204	Rp. 13.643,00	Rp. 15.813.164.700,00
10.	2009	96.589	Rp. 15.099,00	Rp. 17.500.767.700,00
11.	2010	96.975	Rp. 16.543,00	Rp. 19.251.089.100,00
12.	2011	97.375	Rp. 17.972,00	Rp. 21.000.282.000,00
13.	2012	97.752	Rp. 19.397,00	Rp. 22.753.146.500,00

Dari analisis di atas didapat pada tahun 2012 pendapatan IPAL sebesar Rp. 2.951.874.120,00 dan total keseluruhan dari pendapatan mulai tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 sebesar Rp. 18.501.553.800,00 ini merupakan hasil

pendapatan dari Kotamadya Yogyakarta saja. Bila berdasarkan banyaknya rumah tangga secara keseluruhan pendapatan IPAL pada tahun 2012 sebesar Rp. 2.952.501.408,00 dan total keseluruhan dari pendapatan mulai tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 sebesar Rp. 18.512.884.500,00. Total pendapatan IPAL dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 sebesar Rp. 55.538.653.500,00. Pendapatan dengan meningkatkan biaya O&M, pada tahun 2012 sebesar Rp. 22.753.146.500,00 dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2012 sebesar Rp. 159.321.153.400,00. Total pendapatan sebesar Rp. 477.963.460.000,00.

### 5.3 Titik Impas (*Break Even Point*)

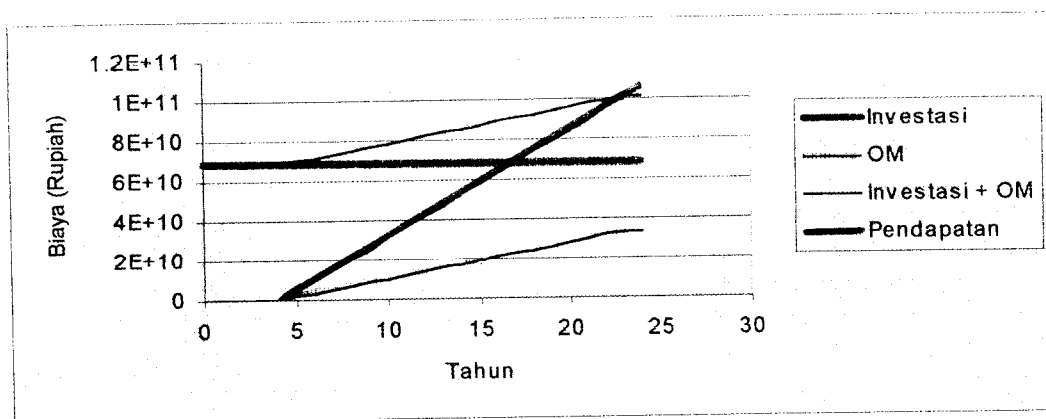
Dengan melihat hasil analisis di atas jelaslah bahwa semakin bertambahnya biaya operasional dan pemeliharaan, maka seharusnya semakin bertambah pula pendapatan yang diperoleh. Ternyata pendapatan yang diperoleh lebih besar dari biaya operasional dan pemeliharaan, sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya bahwa untuk mencapai titik impas pendapatan harus sebanding dengan pengeluaran, sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah :



Gambar 5.2 Grafik Titik Impas dari Pendapatan dan Investasi + OM

Dari grafik 5.2 di bawah terlihat bahwa nilai pendapatan selalu berada di bawah nilai biaya total, sedangkan titik impas tidak terjadi terjadi sampai 25 tahun mendatang, sehingga untuk mencapai titik impas atau pendapatan dapat membiayai OM dan investasi, perlu ditingkatkan pendapatan IPAL tersebut.

Dengan meningkatkan biaya OM maka grafiknya sebagai berikut :



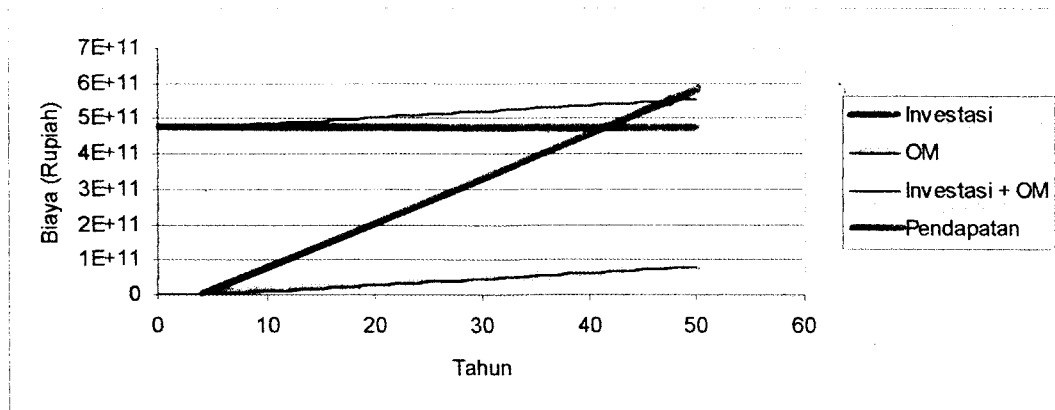
Gambar 5.3 Grafik Titik Impas dari Pendapatan dan Investasi + OM

Pada grafik di atas terlihat bahwa sejak diberlakukannya tarif retribusi IPAL selalu mengalami keuntungan, karena dari gambar tersebut nilai pendapatan selalu berada di atas nilai OM, dan titik impas terjadi pada tahun ke-24 IPAL tersebut beroperasi. Apabila diprediksikan IPAL tersebut mampu melunasi investasi + OM selama 50 tahun dengan menaikkan investasi sebanyak tujuh kali dari investasi awal, maka pendapatan dan tarif retribusi menjadi ;

Tabel 5.15 : Pendapatan dari awal operasi sampai 50 tahun

No.	Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif Retribusi	Pendapatan
1.	1996	14.223	Rp. 36.188,00	Rp. 57.187.940,00
2.	1997	26.415	Rp. 67.932,00	Rp. 61.630.000,00
3.	1998	35.265	Rp. 35.448,00	Rp. 70.320.000,00
4.	1999	37.975	Rp. 32.916,00	Rp. 73.310.000,00
5.	2000	93.180	Rp. 135.443,00	Rp. 12.621.000.000,00
6.	2001	93.553	Rp. 269.811,00	Rp. 25.242.000.000,00
7.	2002	93.927	Rp. 403.107,00	Rp. 37.863.000.000,00
8.	2002	94.303	Rp. 535.334,00	Rp. 50.484.000.000,00
9.	2003	94.680	Rp. 666.504,00	Rp. 63.105.000.000,00
10.	2004	95.058	Rp. 796.625,00	Rp. 75.726.000.000,00
11.	2005	95.439	Rp. 925.687,00	Rp. 88.347.000.000,00
12.	2006	95.821	Rp. 1.053.711,00	Rp. 100.970.000.000,00
13.	2007	96.204	Rp. 1.180.706,00	Rp. 113.590.000.000,00
14.	2008	96.589	Rp. 1.306.666,00	Rp. 126.210.000.000,00
15.	2009	96.975	Rp. 1.431.612,00	Rp. 138.830.000.000,00
16.	2010	97.375	Rp. 1.555.344,00	Rp. 151.450.000.000,00
17.	2011	97.752	Rp. 1.678.458,00	Rp. 164.070.000.000,00
18.	2012	98.143	Rp. 1.800.369,00	Rp. 176.690.000.000,00
19.	2013	98.536	Rp. 1.921.274,00	Rp. 189.310.000.000,00
20.	2014	98.930	Rp. 2.041.197,00	Rp. 201.940.000.000,00
21.	2015	99.326	Rp. 2.160.125,00	Rp. 214.560.000.000,00
22.	2016	99.723	Rp. 2.278.086,00	Rp. 227.180.000.000,00
23.	2017	100.122	Rp. 2.395.064,00	Rp. 239.800.000.000,00
24.	2018	100.522	Rp. 2.511.088,00	Rp. 252.420.000.000,00
25.	2019	100.925	Rp. 2.626.115,00	Rp. 265.040.000.000,00
26.	2020	101.328	Rp. 2.740.226,00	Rp. 277.660.000.000,00
27.	2021	101.734	Rp. 2.853.349,00	Rp. 290.280.000.000,00
28.	2022	102.141	Rp. 2.965.544,00	Rp. 302.900.000.000,00
29.	2023	102.549	Rp. 3.076.818,00	Rp. 315.520.000.000,00
30.	2024	102.959	Rp. 3.187.148,00	Rp. 328.150.000.000,00
31.	2025	103.371	Rp. 3.296.540,00	Rp. 340.770.000.000,00
32.	2026	103.785	Rp. 3.404.997,00	Rp. 353.390.000.000,00
33.	2027	104.200	Rp. 3.512.559,00	Rp. 366.010.000.000,00
34.	2028	104.617	Rp. 3.619.198,00	Rp. 378.630.000.000,00
35.	2029	105.035	Rp. 3.724.955,00	Rp. 391.250.000.000,00
36.	2030	105.455	Rp. 3.829.801,00	Rp. 403.870.000.000,00
37.	2031	105.455	Rp. 3.949.479,00	Rp. 416.490.000.000,00
38.	2032	105.877	Rp. 4.052.948,00	Rp. 429.110.000.000,00
39.	2033	106.300	Rp. 4.155.531,00	Rp. 441.730.000.000,00
40.	2034	106.726	Rp. 4.257.231,00	Rp. 454.360.000.000,00
41.	2035	107.153	Rp. 4.358.055,00	Rp. 466.980.000.000,00
42.	2036	107.581	Rp. 4.458.009,00	Rp. 479.600.000.000,00
43.	2037	108.012	Rp. 4.557.097,00	Rp. 492.220.000.000,00
44.	2038	108.444	Rp. 4.655.324,00	Rp. 504.840.000.000,00
45.	2039	108.877	Rp. 4.752.696,00	Rp. 517.460.000.000,00
46.	2040	109.313	Rp. 4.849.219,00	Rp. 530.080.000.000,00
47.	2041	109.750	Rp. 4.944.897,00	Rp. 542.700.000.000,00
48.	2042	110.189	Rp. 5.039.736,00	Rp. 555.320.000.000,00
49.	2043	110.630	Rp. 5.133.740,00	Rp. 567.940.000.000,00
50.	2044	111.072	Rp. 5.227.397,00	Rp. 580.620.000.000,00

sehingga dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Gambar 5.4 Grafik Titik Impas dari Pendapatan dan Investasi + OM

Dari grafik di atas terlihat bahwa sebelum mencapai tahun ke-50 IPAL tersebut telah mencapai titik impas. Dengan menggunakan rumus (3.11), maka dapat diketahui pada tahun ke-berapa IPAL tersebut mencapai titik impas dan mencapai keuntungan.

$$BCR = \frac{n(R)}{C_f(1+r)^n + n(C_{op} + C_{pe})} \text{ dengan,}$$

$C_f$  = investasi yang telah dinaikkan sebesar tujuh kali dari investasi awal

$R$  = pendapatan

$C_{op} + C_{pe}$  = biaya OM yang telah dijumlahkan dengan investasi

$r$  = tingkat bunga sebesar 1 %

$$BCR = \frac{48 \times 55532000000}{47457200000(1 + 0,01)^{48} + 48(55157200000)}$$

$$BCR = 1$$

Dengan beberapa iterasi ternyata didapat pada tahun ke-48 yaitu tahun 2042 IPAL tersebut mencapai titik impas dengan tarif retribusi sebesar Rp. 5.039.736,00 per tahun atau Rp. 419.978,00 per bulan.

Dari hasil analisis pendapatan, diketahui rata-rata pendapatan per rumah tangga per bulan dari 30 % berpendapatan terbawah adalah Rp. 250.000,00 sampai dengan Rp. 400.000,00. Diasumsikan pola pengeluaran untuk air limbah 1 % dari pendapatan, maka *affordability* (kemampuan membayar) pelanggan adalah Rp. 2.500,00 sampai dengan Rp. 4.000,00. Dari perhitungan di atas dengan berdasarkan banyaknya rumah tangga secara keseluruhan maupun dengan meningkatkan biaya O&M tujuh kali dari O&M awal dan meningkatkan investasi sebanyak tujuh kali, maka dapat disimpulkan bahwa masyarakat masih mampu untuk membayar tarif retribusi air limbah yang diusulkan, apabila hal ini tidak mungkin terlaksana maka diadakanlah subsidi silang, maksudnya pada sektor industri, pariwisata, dan perhotelan (bila Yogyakarta dijadikan kota industri dan pariwisata) serta perusahaan-perusahaan, tarif retribusinya ditarik lebih mahal daripada tarif retribusi untuk rumah tangga.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### **6.1 Kesimpulan**

Pada masa sekarang Instalasi Pengolahan Air Limbah yang ada di Pendowoharjo Sewon Bantul ini belum bisa dijadikan sebagai instalasi yang *benefit* (menghasilkan keuntungan), karena kondisi ekonomi Indonesia sedang mengalami krisis dan belum adanya minat masyarakat untuk menjadi pelanggan. Untuk itu IPAL Sewon Bantul telah mempersiapkan kemungkinan dijadikannya sebagai instalasi yang menghasilkan keuntungan dengan mengadakan pembenahan, diantaranya sektor keorganisasian. Nantinya yang mengelola IPAL adalah 2 Kabupaten yaitu Sleman dan Bantul serta Kotamadya Yogyakarta sendiri.

#### **6.1.1 Kemampuan IPAL**

Dari hasil analisis di depan telah didapat bahwa kemampuan IPAL yang diharapkan dari perencanaan, mampu melayani 53 % dari jumlah penduduk pada tahun 2012 yaitu sebesar 262.989 jiwa. Sebagai dasar perancangan IPAL, kapasitas IPAL pada tahun 2012 adalah 15.500 m<sup>3</sup> atau 179,4 liter/detik. Sedangkan air limbah yang dibuang sebesar 1.292 liter/detik, dengan asumsi tiap jiwa menghasilkan limbah 225 liter/hari. Jika semua limbah yang dihasilkan



tersebut masuk ke IPAL , dengan kapasitas 179,4 liter/detik IPAL hanya mampu melayani Y 14 % dari jumlah air limbah yang dihasilkan penduduk pada tahun 2012 . Sedangkan sisa yang tidak terolah yaitu sebesar 39 % dimungkinkan akan dibuang ke saluran lokal, ke sungai atau ke tempat lain Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2012, IPAL hanya mampu melayani Y 14 % dari jumlah air limbah penduduk atau hanya mampu melayani sekitar 68.900 jiwa..

### **6.1.2 Biaya operasional dan pemeliharaan**

Pada tahun 2012 besarnya biaya operasional dan pemeliharaan dari hasil analisis adalah Rp. 2.674.830.134,00 dengan kenaikan sebesar Y 1000 % dari tahun 1998 yang hanya sebesar Rp 250.000.000,00. Besarnya biaya operasional dan pemeliharaan per pelanggan adalah Rp.37.438,00 per bulan dan biaya operasional dan pemeliharaan per rumah tangga adalah Rp. 2.280,00 per bulan. Sedangkan tarif retribusi per pelanggan adalah Rp. 41.315,00 per bulan dan Rp.2.520,00 per bulan per rumah tangga. Sedangkan bila IPAL tersebut kapasitasnya dikembangkan menjadi 1292 l/detik pada tahun 2012, IPAL akan mampu melayani 97.752 rumah tangga, dengan biaya operasional dan pemeliharaan per rumah tangga sebesar Rp. 19.394,00 per bulan, untuk tarif retribusinya sebesar Rp. 19.397,00 per bulan. Akan tetapi bila tarif retribusi tersebut sebagian dibebankan pada pelanggan non rumah tangga, tarif pada rumah tangga akan semakin kecil, misalnya 50 % dari tarif retribusi dibebankan pada non rumah tangga, tarif pada rumah tangga akan menjadi Rp. 9.699,00. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua biaya operasional dan pemeliharaan IPAL dapat

tertutupi dengan besarnya tarif retribusi tersebut dan tarif retribusi tersebut dapat semakin kecil kalau sebagian dibebankan pada pelanggan non rumah tangga.

## **6.2 Saran**

Untuk menjadikannya sebagai instalasi yang menghasilkan keuntungan ada baiknya IPAL meningkatkan pelayanan terhadap masyarakat dengan memberikan kesadaran kepada masyarakat akan pentingnya membuang limbah ke instalasi yang ada. Apabila semua masyarakat sadar, ini akan membantu pengembangan kota Yogyakarta sebagai kota tujuan pariwisata yang teratur dan bersih.

### **6.2.1 Kemampuan IPAL**

Dengan kemampuan IPAL yang hanya dapat melayani 14 % dari limbah yang dihasilkan penduduk, pada tahun 2012 pemerintah diharapkan menyiapkan pengembangan IPAL agar mampu melayani semua air limbah yang dihasilkan penduduk dengan menaikkan kapasitas IPAL yang hanya 179,4 liter/detik menjadi 1292 liter/detk dengan cara menambah kapasitas IPAL yang ada atau dengan membangun IPAL yang lain.

### **6.2.2 Biaya operasional dan pemeliharaan**

Walaupun biaya operasional sudah tertutupi dengan tarif retribusi, tapi biaya operasional harus ditekan seminimum mungkin, sehingga tidak membebani masyarakat tanpa mengorbankan kapasitas dan umur IPAL. Dengan mengalokasikan anggaran biaya operasional dan pemeliharaan serealistis mungkin untuk memaksimalkan umur pakai aset, memelihara aset dan fasilitas yang ada di

IPAL, serta memperbaiki atau meningkatkan kondisi kerja staf, yang semua ini secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi besarnya biaya operasional dan pemeliharaan IPAL.

### **6.2.3 Pemulihan biaya operasional dan pemeliharaan**

Pemulihan biaya operasional dan pemeliharaan IPAL selain dari tarip retribusi pelanggan domestik, potensi dari retribusi non domestik seperti hotel-hotel, restoran dan tempat hiburan sangat besar jumlahnya karena Yogyakarta adalah sebuah kota pariwisata dimana setiap tahun terus berkembang baik dari segi fasilitasnya maupun jumlah pengunjungnya. Dengan penerapan tarip retribusi yang lebih tinggi, dimana di Yogyakarta digunakan perbandingan 1 : 9 untuk tarip domestik dan non domestik, sehingga tarip non domestik akan memberi pemasukan yang sangat besar bagi pemerintah dan ini juga dapat untuk mensubsidi silang terhadap pelanggan domestik yang nantinya tarip domestik bisa lebih ditekan lagi. Kecuali dari retribusi, pupuk yang dihasilkan dari hasil sampingan IPAL dapat dijual ke masyarakat, sehingga memberi tambahan pendapatan, disamping itu juga dapat menutupi biaya operasional dan pemeliharaan. Bila tanpa memperhitungkan investasi awal (hibah), maka tarif retribusi  $\pm 13\%$  dibandingkan dengan memperhitungkan tingkat investasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1995, *Laporan Tentang Proyek Pembangunan Instalasi Pengolahan Limbah Kota Yogyakarta*, Dinas Pekerjaan Umum Yogyakarta.
- Buffa S, Elwood & K. Sarin, Rakesh, 1996, *Manajemen Operasi dan Produksi Modern*, Jakarta.
- Grant L, Eugene, et. al, 1976, *Principles of Engineering Economy*, The Ronald Press Company, New York.
- Gowe, R, 1990, *Manajemen Akuntansi*, PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Lockyer, Keith, et. al, 1990, *Manajemen Produksi dan Operasi*, PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Lock, D & Nigel. F, 1989, *Manajemen Umum*, PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Suharjo. D, 1988, "Pembuangan Limbah Cair pada Mintakat Irigasi dalam Kaitannya dengan Perluasan Kotamadya Yogyakarta dan Sanitasi Lingkungan di Dalamnya" *Tesis S-2 Ilmu Lingkungan UGM*, Yogyakarta
- Suratmo F.G, 1995, *Analisa Mengenai Dampak Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Suharto. I, 1995, *Manajemen Proyek*, Erlangga Jakarta
- Yamit Z, 1996, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Ekonisia Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Yogyakarta Urban Infrastructure Management Support, 1998, *Inventarisasi dan Evaluasi Kinerja Aset-Aset Prasarana di Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta*, Electrowatt Engineering Ltd, Yogyakarta.

# LAMPIRAN



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Jl. Kalitirang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

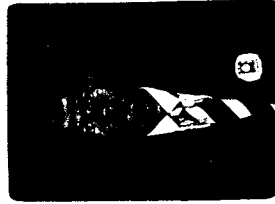
**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	AGUS MUSLIM	93 310 238		MANKON
2.	ANTONI HADI IMRON	93 310 350		MANKON

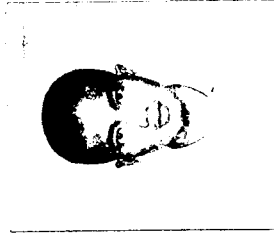
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (OP).....  
PADA PROYEK INTALASI UNIT PENGOLAHAN LIMBAH.....

Dosen Pembimbing I : IR.ENDANG TANTRAWATI,MT  
Dosen Pembimbing II : IR.H.DRAJAD SUHARJO,SU

1



2



13 MARET 1999

Yogyakarta,

An. Dekan,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

IR.H.TADJUDDIN EM ARIS, ME



**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta**

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi

JUDUL TUGAS AKHIR : .....

.....

.....

Dosen Pembimbing I :

Dosen Pembimbing II :

1

2

Yogyakarta,  
Dekan,

3 x 4

3 x 4



PEMERINTAH KOTAMADYA DAERAH TINGKAT II  
YOGYAKARTA

BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH

Komplek Balaikotamadya Jalan Kenari No. 56 Yogyakarta Telp. 515865/515866 Psw. 04

SURAT KETERANGAN / IZIN

Nomor : 070/ 587

- Dasar** : Surat izin/Rekomendasi dari Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor : 070/ 2311 ..... Tgl. 23 Juni 1999
- Mengingat** : Keputusan Walikotamadya Kepala Daerah Tingkat II Yogyakarta Nomor 072/KD/1986 tanggal 6 Mei 1986 tentang : Petunjuk Pelaksanaan Keputusan Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta, Nomor 33/KPTS/1986 tentang : Tatalaksana Pemberian izin bagi setiap Instansi Pemerintah maupun Non Pemerintah yang melakukan Pendataan/Penelitian.
- Diizinkan kepada** : Nama : Agus Muslim , Nik. 03 310 238. dkk (2 Orang)  
Pekerjaan : Mhs. FTSP UII  
Alamat : Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta  
Penanggung Jawab : Ir. Endang Tentrawati, MT.  
Keperluan : Permohonan data untuk melongkapi tugas dengan judul : ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (OM) PADA PROYEK INSALASI UNIT PENGOLAHAN LIMBAH
- Lokasi / Responden** : Kodya Yk
- Waktu** : Mulai pada tanggal 24-6-1999 s/d 25-9-1999
- Lampiran** : Proposal
- Dengan Ketentuan** : 1. Wajib memberi laporan hasil penelitiannya kepada Walikotamadya Kepala Daerah Tingkat II Yogyakarta (Cq. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kodya Dati II Yogyakarta).  
2. Wajib menjaga tata tertib dan mentaati ketentuan-ketentuan yang berlaku setempat.  
3. Izin ini tidak disalah gunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan Pemerintah dan hanya dipergunakan untuk keperluan ilmiah.  
4. Surat izin ini sewaktu-waktu dapat dibatalkan apabila tidak dipenuhinya ketentuan-ketentuan tersebut diatas.

Kemudian diharap para Pejabat Pemerintah setempat dapat memberi bantuan seperlunya.

Dikeluarkan di : Yogyakarta.

Pada tanggal : 8 -7-1999

Tanda tangan  
Pemegang izin

Agus Muslim

An. Walikotamadya Kepala Daerah  
Ketua Bappeda

Ka. Bidang Pendataan & Laporan

Dra. Suk Suharyanti

Nip. 26024658



Tembusan kepada Yth. :

1. Walikotamadya Kepala Daerah Tk. II Yogyakarta.
2. Ketua Bappeda Propinsi DIY.
3. Kepala Kantor Sospol Kodya Dati II Yogyakarta.
4. Ka. DKP Kodya Yk.
5. Ka. Kantor Statistik Yk.
6. Pimpinan KUMS Yk.
7. Arsip.





PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH

Kepatihan Danurejan Telepon : 4583, 3591  
YOGYAKARTA

SURAT KETERANGAN / IZIN

Nomor : 070 / 23 / 11

Men

Mca

Membaca Surat : Dekan FTSP UII Yogyakarta, no.71/DI-A2/JTS/V/1999 tanggal  
Mengingat : 22-6-1999 hal : permohonan data.  
1. Keputusan Menteri Dalam Negeri Nomor 9 tahun 1983 tentang Pedoman Pendataan Sumber dan Potensi Daerah.  
2. Keputusan Menteri Dalam Negeri Nomor 61 tahun 1983 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pelaksanaan Penelitian dan Pengembangan di Lingkungan Departemen Dalam Negeri.  
3. Keputusan Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 33/KPTS/1986 tentang : Tata laksana Pemberian Izin bagi setiap Instansi Pemerintah maupun non Pemerintah yang melakukan Pendataan / Penelitian.

Diizinkan kepada :

Diizi  
Nam  
Judul

Nama : Agus Muslim. NIM.93 310 238. dkk (2 orang).  
Alamat Instansi : Jl. Kaliurang Km.14,4 Yogyakarta.  
Judul : ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (OM) PADA PROYEK INSTALASI UNIT PENGOLAHAN LIMBAH.

Loka  
Waktu  
Deng

Lokasi : Dati II Bantul.  
Waktunya : Mulai pada tanggal : 24-6-1999 s/d 26-9-1999

Dengan ketentuan :

1. Terlebih dahulu menemui/melaporkan diri Kepada Pejabat Pemerintah setempat (Bupati/Walikota/madya Kepala Daerah) untuk mendapat petunjuk seperlunya.
2. Wajib menjaga tata tertib dan mentaati ketentuan-ketentuan yang berlaku setempat.
3. Wajib memberi laporan hasil penelitiannya kepada Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta (c/q Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta).
4. Izin ini tidak disalahgunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan Pemerintah dan hanya diperlukan untuk keperluan ilmiah.
5. Surat Izin ini dapat diajukan lagi untuk mendapat perpanjangan bila diperlukan.
6. Surat Izin ini dapat dibatalkan sewaktu-waktu apabila tidak dipenuhi ketentuan-ketentuan tersebut di atas.

Kemudian diharap para Pejabat Pemerintah setempat dapat memberi bantuan seperlunya.

Kemud

Dikeluarkan di : Yogyakarta  
Pada tanggal : 23-6-1999

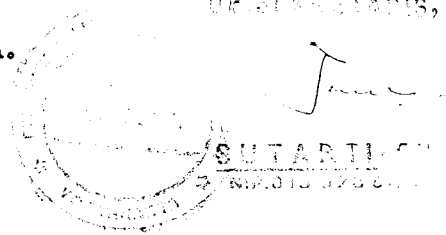
An GUBERNUR  
KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
KETUA/WAKIL KETUA BAPPEDA PROPINSI DIY.

TEMBUSAN kepada Yth. :

1. Bapak Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta: (sebagai laporan)
2. Ka. Dit. Sospol Propinsi DIY.
3. Bupati KDH Tk. II Bantul, cq. BAPPEDA.
4. Ka. Dinas PU Propinsi DIY.
5. Walikota/madya Yk c/q Bappeda.
6. Dekan FTSP. - UII Yogyakarta.
7. Pertinggal.

Tembu  
1. Bp  
2. Mu  
3. Ka  
4. Kd  
5. Kd  
6. Kd  
7. Kd  
8. Y  
9. P

Uk. SEKRETARIS,





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 71/DI-A2/JTS/V/1999 Yogyakarta, 22 Juni 1999

Lamp. :

H a l : Permohonan Data

Kepada Yth. : DINAS BAPPEDA  
DAERAH TINGKAT I PROPINSI DIY.  
DI-  
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum wr. wb.

Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, yang bernama :

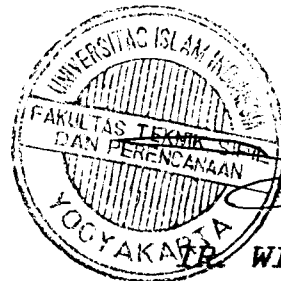
- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Agus Muslim       | Nomor Mhs. : 93 310 238 |
| 2. Antoni Hadi Imron | Nomor Mhs. : 93 310 350 |

Berkenaan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan data/informasi yang mendukung untuk penyusunan tugas akhir, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/Ibu sudilah kiranya dapat memberikan bantuan yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

**ANALISIS BIAYA OPRASIONAL DAN PEMELIHARAAN (om) PADA PROYEK INSTALASI UNIT PENGOLAHAN LIMBAH.**

Demikian permohonan kami, atas perkenan serta bantuannya dan bimbingannya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.



Dekan

*[Signature]*  
WIDODO, MSCE, PHD.

Tembusan Kepada Yth. :

1. Mahasiswa ybs.
2. Arsip.



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 90/D.I./TS/IV /1999 Yogyakarta, 24 Juni 1999

Lamp. : -

H a l : Permohonan data

Kepada Yth. : KEPALA DINAS PEKERJAAN UMUM  
PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
DI YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum wr. wb.

Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, yang bernama :

1. Agus Muslim

Nomor Mhs. : 93 310 238

2. Antoni Hadi Imron

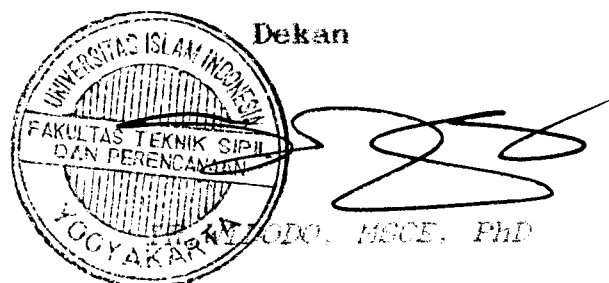
Nomor Mhs. : 93 310 350

Berkenaan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan data/informasi yang mendukung untuk penyusunan tugas akhir, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/Ibu Pimpinan sudilah kiranya dapat memberikan bantuan data yang diperlukan, untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

**ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (OM) PADA PROYEK  
INSTALASI UNIT PENGOLAHAN LIMBAH.**

Demikian surat permohonan kami, atas perkenan serta bantuan dan bimbingannya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.



Tembusan Kepada Yth. :

1. Proyek Pemb. Instalasi Pengolahan Limbah Yk
2. Mahasiswa
3. Arsip

Tabel 2.1.1. : PERKEMBANGAN PENDUDUK KOTAMADYA DATI  
II YOGYAKARTA KEADAAN AKHIR TAHUN 1997

Bulan	Laki-laki	Perempuan	Jumlah
(1)	(2)	(3)	(4)
1. Januari	244.789	230.200	474.989
2. Pebruari	245.059	230.470	475.529
3. Maret	245.323	230.692	476.015
4. April	245.588	230.925	476.513
5. Mei	245.831	231.115	476.946
6. Juni	245.867	231.206	477.073
7. Juli	245.697	230.737	476.434
8. Agustus	245.950	230.966	476.916
9. September	246.245	231.217	477.462
10. Oktober	246.489	231.418	477.907
11. November	246.720	231.597	478.317
12. Desember	246.971	231.781	478.752
Tahun 1996	244.484	229.977	474.461
Tahun 1995	241.586	227.607	469.193
Tahun 1994	239.319	225.627	464.946

Tabel 2.1.6.: PENDUDUK WARGA NEGARA ASING MENURUT KEWARGA-  
NEGARAAN PER KECAMATAN DI KOTAMADYA DATI II  
YOGYAKARTA KEADAAN PERTENGAHAN TAHUN 1997

Kecamatan	Cina	India	Jepang	Malaysi	Arab	Beland	Lainnya	Jumlah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1. Mantrijeron	10	-	-	-	-	-	-	10
2. Kraton	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Mergangsan	5	2	-	-	-	-	-	7
4. Umbulharjo	36	-	-	-	-	-	-	37
5. Kotagede	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Gondokusuman	111	-	1	-	-	-	-	120
7. Danurejan	30	3	-	-	-	-	-	33
8. Pakualaman	57	-	-	-	-	-	-	57
9. Gondomanan	329	-	-	-	-	2	-	331
10. Ngampilan	44	-	-	-	-	-	-	44
11. Wirobrajan	24	-	-	-	-	-	-	24
12. Gedongtengen	161	76	-	-	-	-	-	237
13. Jetis	152	-	-	-	-	-	-	152
14. Tegalrejo	43	-	-	-	-	-	4	47
<b>Jumlah</b>	<b>1.002</b>	<b>81</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>1.099</b>
Tahun 1996	1.134	137	1	1	-	11	8	1.292
Tahun 1995	1.479	81	2	1	-	12	3	1.578
Tahun 1994	2.350	93	-	1	16	13	13	2.486

12.1.7. : BANYAKNYA RUMAH TANGGA DAN PENDUDUK MENURUT KEWARGANEGARAAN DAN  
JENIS KELAMIN DI KOTAMADYA DATI II YOGYAKARTA KEADAAN PERTENGAHAN TAHUN 1997

Kecamatan	Banyaknya Rumah Tangga		Banyaknya Penduduk						Jumlah Penduduk		
	WNI	WNA	WNI			WNA			Lk	Pr	Jml
			Lk	Pr	Jumlah	Lk	Pr	Jumlah			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Mantrijeron	7.579	1	18.839	18.675	37.514	3	7	10	18.842	18.682	37.524
Kraton	7.185	-	15.576	15.035	30.611	-	-	-	15.576	15.035	30.611
Mergangsan	6.992	2	20.715	18.551	39.266	3	4	7	20.718	18.555	39.273
Umbulharjo	12.330	8	30.774	28.685	59.459	19	18	37	30.793	28.703	59.496
Kotagede	5.094	-	12.845	12.726	25.571	-	-	-	12.845	12.726	25.571
Gondokusuman	11.469	17	37.322	33.616	70.938	60	60	120	37.382	33.676	71.058
Danurejan	6.585	12	15.627	13.698	29.325	9	24	33	15.636	13.722	29.358
Pakualaman	2.837	14	6.969	7.256	14.225	16	41	57	6.985	7.297	14.282
Gondomanan	4.200	110	10.747	9.398	20.145	151	180	331	10.898	9.578	20.476
Ngampilan	4.845	20	11.210	11.192	22.402	2	42	44	11.212	11.234	22.446
Wirobrajan	6.235	2	14.290	14.170	28.460	8	16	24	14.298	14.186	28.484
Gedongtengen	5.326	124	12.673	12.800	25.473	167	70	237	12.840	12.870	25.710
Jetis	6.613	51	19.418	17.116	36.534	69	83	152	19.487	17.199	36.686
Tegalrejo	6.878	19	18.330	17.721	36.051	25	22	47	18.355	17.743	36.098
<b>Jumlah</b>	<b>94.168</b>	<b>380</b>	<b>245.335</b>	<b>230.639</b>	<b>475.974</b>	<b>532</b>	<b>567</b>	<b>1.099</b>	<b>245.867</b>	<b>231.206</b>	<b>477.073</b>
Tahun 1996	92.916	488	242.099	227.694	469.793	733	809	1.542	242.832	228.503	471.335
Tahun 1995	91.741	541	239.310	225.425	464.735	761	817	1.578	240.071	226.242	466.313
Tahun 1994	92.376	748	236.431	222.883	459.314	1.231	1.255	2.486	237.662	224.138	461.800

12.1.8. : BANYAKNYA RUMAH TANGGA DAN PENDUDUK MENURUT KEWARGANEGARAAN DAN  
JENIS KELAMIN DI KOTAMADYA DATI II YOGYAKARTA KEADAAN AKHIR TAHUN 1997

Kecamatan	Banyaknya Rumah Tangga		Banyaknya Penduduk						Jumlah Penduduk		
	WNI	WNA	WNI			WNA			Lk	Pr	Jml
			Lk	Pr	Jumlah	Lk	Pr	Jumlah			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Mantrijeron	7.602	1	18.953	18.790	37.743	3	4	7	18.956	18.794	37.750
Kraton	7.193	-	15.663	15.114	30.777	-	-	-	15.663	15.114	30.777
Mergangsan	7.039	3	20.866	18.687	39.553	3	5	8	20.869	18.692	39.561
Umbulharjo	12.511	8	31.139	28.951	60.090	19	18	37	31.158	28.969	60.127
Kotagede	5.172	-	13.010	12.889	25.899	-	-	-	13.010	12.889	25.899
Gondokusuman	11.288	13	36.979	33.005	69.984	44	41	85	37.023	33.046	70.069
Danurejan	6.582	12	15.674	13.774	29.448	9	24	33	15.683	13.798	29.481
Pakualaman	2.833	14	6.976	7.274	14.250	16	41	57	6.992	7.315	14.307
Gondomanan	4.169	109	10.702	9.378	20.080	149	179	328	10.851	9.557	20.408
Ngampilan	4.869	20	11.264	11.226	22.490	2	41	43	11.266	11.267	22.533
Wirobrajan	6.304	2	14.470	14.294	28.764	8	16	24	14.478	14.310	28.788
Gedongtengen	5.343	107	12.721	12.800	25.521	167	70	237	12.888	12.870	25.758
Jetis	6.592	53	19.502	17.208	36.710	77	84	161	19.579	17.292	36.871
Tegalrejo	7.006	19	18.530	17.846	36.376	25	22	47	18.555	17.868	36.423
<b>Jumlah</b>	<b>94.503</b>	<b>361</b>	<b>246.449</b>	<b>231.236</b>	<b>477.685</b>	<b>522</b>	<b>545</b>	<b>1067</b>	<b>246.971</b>	<b>231.781</b>	<b>478.752</b>
Tahun 1996	93.575	455	243.901	229.268	473.169	583	709	1.292	244.484	229.977	474.461
Tahun 1995	92.334	523	240.823	226.788	467.611	763	819	1.582	241.586	227.607	469.193
Tahun 1994	90.864	578	238.542	224.819	463.361	777	808	1.585	239.319	225.627	464.946

12.1.9. : BANYAKNYA KELAHIRAN DAN PENDUDUK DATANG MENURUT KECAMATAN DI  
KOTAMADYA DATI II YOGYAKARTA PADA AKHIR TAHUN 1997

Kecamatan	Kelahiran			Datang			Jumlah		
	Lk	Pr	Jumlah	Lk	Pr	Jumlah	Lk	Pr	Jumlah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1. Mantrijeron	218	212	430	319	358	677	537	570	1.107
2. Kraton	191	163	354	252	270	522	443	433	876
3. Mergangsan	206	184	390	494	453	947	700	637	1.337
4. Umbulharjo	357	300	657	749	632	1.381	1.106	932	2.038
5. Kotagede	167	142	309	308	274	582	475	416	891
6. Gondokusuman	192	94	286	2.452	1.688	4.140	2.644	1.782	4.426
7. Danurejan	152	160	312	272	280	552	424	440	864
8. Pakualaman	50	54	104	111	119	230	161	173	334
9. Gondomanan	112	87	199	88	83	171	200	170	370
10. Ngampilan	128	119	247	280	205	485	408	324	732
1. Wirobrajan	192	172	364	413	318	731	605	490	1.095
2. Gedongtengen	160	128	288	204	189	393	364	317	681
3. Jetis	201	185	386	371	333	704	572	518	1.090
14. Tegalrejo	211	175	386	510	421	931	721	596	1.317
<b>Jumlah</b>	<b>2.537</b>	<b>2.175</b>	<b>4.712</b>	<b>6.823</b>	<b>5.623</b>	<b>12.446</b>	<b>9.360</b>	<b>7.798</b>	<b>17.158</b>
Tahun 1996	2.781	2.512	5.293	6.638	5.817	12.455	9.419	8.329	17.748
Tahun 1995	2.937	2.609	5.546	6.285	5.842	12.127	9.222	8.451	17.673
Tahun 1994	2.865	2.611	5.476	6.425	5.821	12.246	9.290	8.432	17.722

PERKEMBANGAN PENDUDUK SETIAP BULAN DIRINCI MENU  
KELAMIN TAHUN 1998

Bulan	Laki-laki		Perempuan		Jumlah
	(1)	(2)	(3)	(4)	
1. Januari		247.155	231.817	478.972	
2. Pebruari		247.267	231.955	479.222	
3. Maret		247.487	232.487	479.974	
4. April		247.742	232.364	480.106	
5. Mei		247.976	232.532	480.508	
6. Juni		248.222	231.732	479.954	
7. Juli		248.513	233.045	481.558	
8. Agustus		248.785	233.284	482.069	
9. September		249.024	233.420	482.444	
10. Oktober		249.171	233.569	482.740	
11. Nopember		249.508	233.869	483.377	
12. Desember		249.696	234.064	483.760	
Tahun 1997		246.971	231.781	478.752	
Tahun 1996		244.484	229.977	474.461	

*Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998*

**KEPADATAN DAN SEX RATIO PENDUDUK MENURUT KECAMATAN  
AKHIR TAHUN 1998**

Kecamatan (1)	Luas (Km <sup>2</sup> ) (2)	Jumlah Penduduk			Kepadatan Penduduk (6)	Sex Ratio (7)
		Laki-laki (3)	Perempuan (4)	Jumlah (5)		
1. Mantrijeron	2,61	19.091	18.904	37.995	14.557	100,99
2. Kraton	1,40	15.791	15.254	31.045	22.175	103,52
3. Mergansan	2,31	21.090	18.864	39.954	17.296	111,80
4. Umbulharjo	8,12	31.843	29.574	61.417	7.564	107,67
5. Kotagede	3,07	13.262	13.177	26.439	8.612	100,65
6. Gondokusuman	3,99	37.370	33.173	70.543	17.680	112,65
7. Danurejan	1,10	15.874	13.953	29.827	27.115	113,77
8. Pakualaman	0,63	7.044	7.377	14.421	22.890	95,49
9. Gondomanan	1,12	10.814	9.546	20.360	18.179	113,28
10. Ngampilan	0,82	11.327	11.348	22.675	27.652	99,81
11. Wirobrajan	1,76	14.632	14.385	29.017	16.487	101,72
12. Gedongtengen	0,96	12.977	12.951	25.928	27.008	100,20
13. Jetis	1,70	19.735	17.407	37.142	21.848	113,37
14. Tegalrejo	2,91	18.846	18.151	36.997	12.714	103,83
<b>Jumlah</b>	<b>32,50</b>	<b>249.696</b>	<b>234.064</b>	<b>483.760</b>	<b>14.885</b>	<b>106,68</b>
Tahun 1997	32,50	246.971	231.781	478.752	14.731	106,55
Tahun 1996	32,50	244.484	229.977	474.461	14.599	106,31

*Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998*

**BANYAKNYA RUMAHTANGGA DAN PENDUDUK MENURUT  
KEWARGANEGARAAN DAN JENIS KELAMIN KEADAAN AKHIR  
TAHUN 1998**

Kecamatan (1)	Banyaknya Rumahtangga		Banyaknya Penduduk						Jumlah Penduduk		
	WNI (2)	WNA (3)	WNI			WNA			Lk (8)	Pr (9)	Jml (10)
			Lk (4)	Pr (5)	WNA (6)	WNA (7)					
1. Mantrijeron	7.622	-	19.089	18.900	2	4	19.091	18.904	37.995		
2. Kraton	7.216	-	15.791	15.254	-	-	15.791	15.254	31.045		
3. Mergansan	7.149	3	21.085	18.858	5	6	21.090	18.864	39.954		
4. Umbulharjo	12.863	8	31.824	29.557	19	17	31.843	29.574	61.417		
5. Kotagede	5.301	-	13.262	13.177	-	-	13.262	13.177	26.439		
6. Gondokusuman	11.387	13	37.332	33.137	38	36	37.370	33.173	70.543		
7. Danurejan	6.617	12	15.866	13.929	8	24	15.874	13.953	29.827		
8. Pakualaman	2.618	14	7.028	7.338	16	39	7.044	7.377	14.421		
9. Gondomanan	4.170	75	10.666	9.368	148	178	10.814	9.546	20.360		
10. Ngampilan	4.896	20	11.326	11.307	1	41	11.327	11.348	22.675		
11. Wirobrajan	6.385	2	14.624	14.369	8	16	14.632	14.385	29.017		
12. Gedongtengen	5.214	237	12.801	12.874	176	77	12.977	12.951	25.928		
13. Jetis	6.620	53	19.658	17.323	77	84	19.735	17.407	37.142		
14. Tegalrejo	7.195	18	18.821	18.129	25	22	18.846	18.151	36.997		
<b>Jumlah</b>	<b>95.453</b>	<b>455</b>	<b>249.173</b>	<b>233.520</b>	<b>523</b>	<b>544</b>	<b>249.696</b>	<b>234.064</b>	<b>483.760</b>		
Tahun 1997	94.503	361	246.449	231.236	522	545	246.971	231.781	478.752		
Tahun 1996	93.575	455	243.901	229.268	563	709	244.484	229.977	474.461		

*Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998*



Tabel 13.1.1. PRODUKSI AIR MINUM MENURUT SUMBER AIR YANG  
DIPAKAI TAHUN 1993 - 1996 (M<sup>3</sup>)

Tahun (1)	Sumber Air			Jumlah Produksi (5)
	Sungai (2)	Mata Air (3)	Lainnya (4)	
1996	859.813	2.813.771	12.523.629	16.197.213
1995	1.391.314	2.417.341	11.588.051	15.396.706
1994	964.302	3.869.345	1.127.647	5.961.294
1993	886.770	2.361.372	10.675.848	13.923.990

Tabel 13.1.2.: BANYAKNYA AIR MINUM YANG DISALURKAN  
MENURUT BULAN OPERASI DI KOTAMADYA  
DATI II YOGYAKARTA TAHUN 1993 - 1996 (M<sup>3</sup>)

Bulan	1993	1994	1995	1996
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1. Januari	1.115.299	1.387.022	1.075.191	1.251.153
2. Pebruari	1.010.137	1.382.040	1.039.991	1.227.715
3. Maret	1.062.351	1.325.535	1.177.044	1.321.576
4. April	1.066.434	1.219.890	1.130.224	1.272.243
5. Mei	1.176.224	1.132.512	1.169.663	1.304.569
6. Juni	1.129.226	1.273.906	1.129.153	1.231.654
7. Juli	1.169.258	1.318.216	1.171.237	1.240.313
8. Agustus	1.213.362	1.271.948	1.181.119	1.242.929
9. September	1.228.302	1.059.629	1.132.290	1.126.872
10. Oktober	1.231.125	1.118.570	1.172.915	1.158.186
11. November	1.179.330	1.029.762	1.135.480	1.146.149
12. Desember	1.343.942	1.001.020	1.280.211	1.268.189
<b>Jumlah</b>	<b>13.924.990</b>	<b>14.520.050</b>	<b>13.794.518</b>	<b>14.791.548</b>

Sumber Data : PDAM TIRTAMARTA Kotamadya Dati II Yogyakarta

Tabel 13.1.3.: BANYAKNYA PELANGGAN DAN JUMLAH AIR YANG  
DISALURKAN DI KOTAMADYA DATI II YOGYAKARTA  
PADA AKHIR TAHUN 1991 - 1996

Tahun	Jumlah Pelanggan (RT)	Air Yang disalurkan (M <sup>3</sup> )
(1)	(2)	(3)
1996	29.297	14.791.548
1995	27.890	13.794.518
1994	26.457	14.700.050
1993	24.541	13.923.990
1992	22.260	8.589.576
1991	18.896	7.653.242

Sumber Data : PDAM TIRTAMARTA Kotamadya Dati II Yogyakarta

Jenis dan Kualifikasi Rekanan	1998	1999
(1)	(2)	(3)
<b>1. PEMBORONGAN</b>		
DRG.P1. Murni	42	38
C2.GEL	120	366
C2	10	12
C1	49	191
B	40	179
A	18	107
<b>2. KONSULTASI</b>		
C	15	14
B	12	10
A	9	12
<b>3. PENGADAAN BARANG/JASA</b>		
DRG.B1. Murni	112	113
C2.GEL	377	600
C2	72	111
C1	105	238
B	51	98
A	10	25

Sumber Data : Bagian Penyusunan Program Kodya Dati II Yogyakarta  
 Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998

Tahun	Sambungan Rumpang (Volume)	Sambungan Non Rumpang (Volume)	Jumlah	Lateral (m)	Manhole (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1993	15	4	19	6.499	179
1994	9	16	25	5.678	157
1995	47	8	55	7.063	197
1996	793	47	840	5.932	167
1997	1.760	10	1.770	4.060	116

Sumber Data : DKP Kodya Yogyakarta

Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998

INVENTARISASI DAN PENYEDIAAN  
 PENGLONTOR TAHUN 1993 - 1997

Bab 8

**LISTRIK DAN AIR MINUM**

Tahun (1)	Sistim Saluran Induk		Sistim Pengglontor	
	Pipa Induk (m) (2)	Manhole (Unit) (3)	Pengglontor (m) (4)	Pipa Pintu Pengglontor (Unit) (5)
1993	-	4	1.525	30
1994	968	16	457	8
1995	18.020	8	-	-
1996	-	47	-	-
1997	1.000	10	-	-

Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998

Sumber Data : DKP Kodya Yogyakarta

ENERGI TERJUAL MENURUT GOLONGAN / KELOMPOK PELANGGAN  
 PLN TAHUN 1996 - 1998 (KWH)

Tahun (1)	Golongan Pelanggan				Jumlah (6)
	Rumah Tangga (2)	Industri (3)	Sosial (4)	Usaha (5)	
1996	143.501.074	30.433.699	46.116.341	91.064.536	311.115.650
1997	157.605.975	28.024.278	51.053.289	106.667.983	343.351.525
1998	168.010.373	23.292.533	51.404.316	103.888.918	346.586.140

Sumber Data : PT. PLN Distribusi Jawa Tengah Cabang Yogyakarta  
 Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998

PRODUKSI AIR MINUM MENURUT SUMBER AIR YANG DIPAKAI  
 TAHUN 1993 - 1998 (M<sup>3</sup>)

Tahun (1)	Sungai (2)	Mata Air (3)	Lainnya (4)	Jumlah Produksi (5)
1998	1.249.408	3.704.194	13.381.374	18.334.976
1997	798.832	4.864.094	12.117.920	17.780.846
1996	859.813	2.813.771	12.523.629	16.197.213
1995	1.391.314	2.417.341	11.588.051	15.396.706
1994	964.302	3.869.345	11.127.647	15.961.294
1993	886.770	2.361.372	10.675.848	13.923.990

Sumber Data : PDAM TIRTAMARTA Kodya Yogyakarta  
 Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998

PELANGGAN TAHUN 1995 - 1998

Bab 9

PERDAGANGAN DAN JASA

Bulan	1995	1996	1997	1998
	(2)	(3)	(4)	(5)
1. Januari	1.075.191	1.251.153	949.115	1.320.965
2. Pebruari	1.039.991	1.227.715	914.560	1.177.632
3. Maret	1.177.044	1.321.576	853.955	1.364.700
4. April	1.130.224	1.272.243	961.150	1.311.284
5. Mei	1.169.663	1.304.569	925.306	1.376.342
6. Juni	1.129.153	1.231.654	926.983	1.285.759
7. Juli	1.171.237	1.240.313	960.741	1.296.644
8. Agustus	1.181.119	1.242.929	929.524	1.320.280
9. September	1.132.290	1.126.872	942.689	1.264.859
10. Oktober	1.172.915	1.158.186	953.641	1.361.252
11. Nopember	1.135.480	1.146.149	986.818	1.281.459
12. Desember	1.280.211	1.268.189	929.717	1.405.448
Jumlah	13.794.518	14.791.548	11.234.199	15.766.624
Jumlah Pelanggan (Rumah Tangga)	27.890	29.297	31.727	32.028

Kotamadya Yogyakarta Dalam Angka Tahun 1998

Sumber Data : PDAM TIRTAMARTA Kodya Yogyakarta

PENDAPATAN TAHUNAN/RETRIBUSI ( Dalam Juta Rupiah)

Item	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Total Sumbangan Rumah Tangga</b>	12,560	14,060	16,862	19,064	22,467	25,249	30,374	35,890	41,166	45,491	51,797	53,884	55,971	58,058	60,145	62,232	63,182	64,152	65,112	66,073	67,033	68,057	69,081	70,105	71,129	72,153
Kodya	0	0	0	0	0	0	861	1,722	2,583	3,444	4,305	5,166	6,028	6,889	7,750	8,611	9,472	10,333	11,194	12,055	12,916	13,777	14,638	15,499	16,360	17,221
Siaman	0	0	0	0	0	0	1,231	2,461	3,692	4,923	6,154	7,384	8,615	9,846	11,077	12,308	13,539	14,770	15,999	17,229	18,459	19,689	20,919	22,149	23,379	24,609
Bantul	0	0	0	0	0	0	32,666	40,063	47,461	54,858	62,255	69,754	77,252	84,750	92,248	99,746	107,244	114,742	122,240	129,738	137,236	144,734	152,232	159,730	167,228	174,726
UAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Sumbangan Non-Rumah Tangga</b>	572	572	572	572	572	572	1,098	2,029	2,961	3,893	4,824	5,756	6,688	7,620	8,552	9,484	10,416	11,348	12,280	13,212	14,144	15,076	16,008	16,940	17,872	
Kodya	0	0	0	0	0	0	54	108	161	215	269	323	377	431	485	539	593	647	701	755	809	863	917	971	1,025	
Siaman	0	0	0	0	0	0	77	154	231	308	385	463	540	617	694	771	848	925	1,002	1,079	1,156	1,233	1,310	1,387	1,464	
Bantul	0	0	0	0	0	0	1,820	2,291	2,753	3,215	3,678	4,141	4,604	5,067	5,530	5,993	6,456	6,919	7,382	7,845	8,308	8,771	9,234	9,697	10,160	
UAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Produksi Air Limbah (Vorgheer)</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Produksi Air Umbah Tahunan (Juta m<sup>3</sup>/tahun)</b>	2.3	2.5	3.1	3.6	4.2	4.7	5.7	6.7	7.8	8.8	9.8	10.2	10.6	11.0	11.4	11.8	12.0	12.2	12.3	12.5	12.7	12.9	13.1	13.3	13.5	13.7
Kodya	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.8	3.4	4.0	4.5	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6
Siaman	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.3	4.0	4.6	5.2	5.7
Bantul	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.3	4.0	4.6	5.2	5.7
UAY	2.28	2.51	3.06	3.61	4.16	4.71	6.13	7.56	8.96	10.36	11.80	12.07	13.53	14.40	15.27	16.14	17.04	17.96	18.87	19.78	20.69	21.57	22.84	23.91	24.99	26.06
<b>Tarif Retribusi Sumbangan Rumah Tangga (Rps/sumbangan/bulan)</b>	500	500	750	750	750	750	1,500	1,500	2,250	2,250	2,250	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
Kodya	500	459	631	579	531	531	821	1,129	1,006	950	1,318	1,209	1,109	1,226	1,400	1,286	1,400	1,286	1,768	1,622	1,486	2,032	1,893	1,727	2,377	2,180
Kodya (harga konstan)	500	500	750	750	750	750	1,500	1,500	2,250	2,250	2,250	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
Siaman	500	500	750	750	750	750	1,500	1,500	2,250	2,250	2,250	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
Bantul	500	500	750	750	750	750	1,500	1,500	2,250	2,250	2,250	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
<b>Tarif Retribusi Samb. Non Rumah Tangga</b>	105	129	229	265	301	301	734	965	966	1,691	1,886	1,966	3,096	3,322	3,159	5,239	5,320	5,320	6,101	8,223	8,344	12,737	12,932	13,126	19,361	20,272
Kodya	0	0	0	0	0	0	14	25	35	64	74	91	159	178	186	299	341	375	601	630	649	901	923	893	1,264	1,245
Siaman	0	0	0	0	0	0	30	61	91	183	228	263	450	502	554	909	963	1,056	1,695	1,805	1,915	3,430	3,998	4,558	7,877	9,517
Bantul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pendapatan Kotor</b>	105	129	229	265	301	301	778	981	1,123	1,936	2,190	2,320	3,997	3,893	4,065	6,367	6,364	6,752	10,367	10,857	10,908	17,127	17,853	18,378	28,951	30,034
<b>Pendapatan Tak Terpagih (% dari total)</b>	90%	50%	40%	30%	20%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>Pendapatan Tak Terpagih (Juta rupiah/thn)</b>	63	64	92	80	60	78	96	112	164	219	219	116	194	203	318	328	338	338	520	553	545	864	863	929	1,448	1,502
<b>Biaya Penghasilan (% x total)</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>Biaya Penghasilan (Juta rupiah/thn)</b>	2,099	3,223	6,879	9,284	12,048	12,048	35,011	42,911	50,321	87,225	98,572	110,207	173,966	184,443	183,108	302,914	311,772	320,988	493,873	562,217	568,142	918,142	918,142	918,142	1,378,174	1,428,044
<b>Pendapatan Bersih</b>	40	61	131	176	229	229	665	813	960	1,857	1,873	2,094	3,336	3,504	3,669	5,746	5,924	6,003	9,364	9,618	9,618	15,437	16,113	16,769	26,129	27,100
<b>Kenaikan Pendapatan (Nilai berlaku thn ysk)</b>	16	53	125	173	204	204	604	747	867	1,578	1,786	2,000	3,262	3,547	3,613	5,778	5,953	6,032	9,211	9,490	9,490	15,253	15,969	16,501	25,833	26,790
<b>Kenaikan Pendapatan (Nilai Konstan, 1995)</b>	16	70	96	122	392	445	465	792	822	845	1,253	1,268	1,157	1,080	1,596	1,493	1,493	2,128	1,999	1,875	2,718	2,598	2,478	3,560	3,596	

## BIAYA OPERASI DAN PEMELIHARAAN (Dalam juta rupiah)

Nama	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
IPAL (harga konstan, 1995)	382	424	487	508	642	610	723	888	977	1.069	1.198	1.274	1.346	1.346	1.424	1.498	1.527	1.581	1.684	1.727	1.800	1.818	1.887	1.978	2.059	2.140	
IPAL (harga berlaku thn ybs)	382	443	560	728	908	1.028	1.268	1.568	1.847	2.267	2.837	3.286	3.794	4.368	5.010	5.460	6.278	7.187	8.117	9.257	10.178	11.587	13.108	14.841	16.827		
Jaringan Pipa																											
Biaya Pegawai																											
Jumlah Pegawai	55	55	55	55	55	115	174	253	292	352	423	494	565	636	707	807	907	1.008	1.108	1.208	1.342	1.478	1.614	1.751	1.887		
Biaya Pegawai (nilai berlaku tahun ybs)	100	109	118	129	141	317	525	767	1.049	1.375	1.801	2.293	2.859	3.508	4.251	5.298	6.479	7.840	9.364	11.185	13.342	16.257	19.351	22.870	26.865		
Pertambahan Biaya Pegawai (nilai berlaku thn ybs)	(0)	0	0	0	0	164	358	596	850	1.159	1.565	2.058	2.379	3.203	3.918	4.928	6.063	7.409	8.924	10.852	12.964	15.648	18.987	22.147	26.077		
Pertambahan Biaya Pegawai (nilai konstan 1995)	(0)	0	0	0	0	107	213	320	427	533	641	789	917	1.045	1.172	1.332	1.533	1.712	1.962	2.072	2.317	2.562	2.806	3.051	3.296		
Energi																											
Biaya total (harga berlaku thn ybs)	41	45	49	53	58	151	164	179	195	213	308	336	366	399	435	508	661	720	785	865	1.108	1.273	1.387	1.512	1.646		
Pertambahan biaya (harga berlaku thn ybs)	0	(0)	(0)	(0)	(0)	67	94	104	113	123	211	230	251	274	298	437	498	543	591	645	908	1.022	1.114	1.215	1.324		
Pertambahan biaya (harga konstan, 1995)	0	(0)	(0)	(0)	(0)	57	57	57	57	57	86	99	99	99	99	125	125	125	125	125	125	167	167	167	167	167	
Bahan Kimia																											
Biaya total (harga berlaku thn ybs)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pertambahan biaya (harga berlaku thn ybs)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pertambahan biaya (harga konstan, 1995)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pemeliharaan																											
Biaya total (harga berlaku thn ybs)	26	52	78	107	138	287	430	598	757	943	1.087	1.213	1.348	1.495	1.654	1.929	2.108	2.306	2.614	2.985	3.419	3.791	4.196	4.639	5.122		
Pertambahan biaya (harga berlaku thn ybs)	24	47	73	102	132	247	387	539	705	967	1.026	1.145	1.273	1.416	1.568	1.834	2.035	2.254	2.492	2.752	3.274	3.653	4.024	4.431	4.917		
Pertambahan biaya (harga konstan, 1995)	22	40	57	72	101	161	231	295	354	408	433	444	453	462	469	504	513	521	528	538	564	584	595	604	613	622	
Administrasi Kantor																											
Biaya total (harga berlaku thn ybs)	132	173	221	275	338	478	639	826	1.041	1.299	1.507	1.755	2.034	2.350	2.707	3.116	3.576	4.095	4.678	5.332	6.113	6.991	7.977	9.084	10.320		
Pertambahan biaya (harga berlaku thn ybs)	29	64	105	132	162	275	418	585	770	1.003	1.195	1.415	1.664	1.947	2.267	2.636	3.054	3.525	4.057	4.655	5.375	6.186	7.100	8.128	9.284		
Pertambahan biaya (harga konstan, 1995)	27	54	81	108	138	179	249	320	391	462	505	548	592	635	678	724	769	815	860	905	959	1.013	1.066	1.120	1.174		
Pengalokasian lain-lain																											
Biaya total (harga berlaku thn ybs)	1	2	4	5	7	20	24	29	30	36	63	100	105	110	172	178	183	282	289	296	357	478	483	503	784	813	
Pertambahan biaya (harga berlaku thn ybs)	1	2	4	5	7	16	22	27	27	27	44	60	67	102	106	168	173	278	283	289	357	478	483	503	784	804	
Pertambahan biaya (harga konstan, 1995)	0	2	3	4	4	12	13	15	15	15	23	25	26	36	35	50	48	64	60	60	82	78	74	107	102		
Biaya O & M Total (nilai berlaku thn ybs)	951	842	1.080	1.307	1.586	2.192	3.011	3.950	5.006	6.283	7.804	9.883	12.229	14.230	16.607	19.312	22.459	25.906	29.789	34.862	40.381	46.563	53.830	61.701			
Pertambahan biaya (harga berlaku thn ybs)	133	287	464	649	949	1.190	1.919	2.790	3.741	4.848	6.082	7.303	8.678	10.233	12.054	14.235	16.726	19.641	22.835	26.441	31.232	36.403	42.247	49.104	56.550		
Pertambahan biaya (harga konstan, 1995)	122	241	358	474	773	1.144	1.510	1.877	2.232	2.561	2.850	3.084	3.338	3.607	3.908	4.213	4.539	4.841	5.143	5.373	5.909	6.345	6.766	7.148			



## PEMELIHARAAN ASSAINERING

KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
 NOMOR : 24/KPTS/1992

dan

PERATURAN DAERAH KOTAMADYA DAERAH TINGKAT II  
 YOGYAKARTA  
 NOMOR : 9 TAHUN 1991

tentang

### TARIF RETRIBUSI ASSAINERING

NO.	WAJIB RETRIBUSI	PEMELIHARAAN PERBULAN	BIAYA ADMINISTRASI FORMULIR	BIAYA LAIN PENYAM BUNGAN	KETE-RANGAN
1.	RUMAH TANGGA	K 1 Rp. 500,00	Rp. 500,00	Rp. 2.000,00	1 - 5 orang
		K 2 Rp. 1.000,00	Rp. 500,00	Rp. 2.500,00	6 - 10 orang
		K 3 Rp. 2.000,00	Rp. 500,00	Rp. 3.000,00	11 - 20 orang
		K 4 Rp. 4.000,00	Rp. 500,00	Rp. 3.500,00	21 - 50 orang
		K 5 Rp. 8.000,00	Rp. 500,00	Rp. 4.000,00	lebih dari 50 orang
2.	PERUSAHAAN	P 1 Rp. 3.000,00	Rp. 500,00	Rp. 2.500,00	0 s/d 25.000.000
		P 2 Rp. 6.000,00	Rp. 500,00	Rp. 5.000,00	lebih dari 25.000.000
		P 3 Rp. 12.000,00	Rp. 500,00	Rp. 7.500,00	lebih dari 50.000.000

Ditetapkan di : Yogyakarta  
 Pada tanggal : 10 Januari 1992

Yogyakarta, 30 Mei 1991

Dewan Perwakilan Rakyat Daerah  
 Kotamadya Daerah Tingkat II  
 Yogyakarta

Penjabat Gubernur  
 Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta

Sekretaris Dewan

ttc.

ttc.

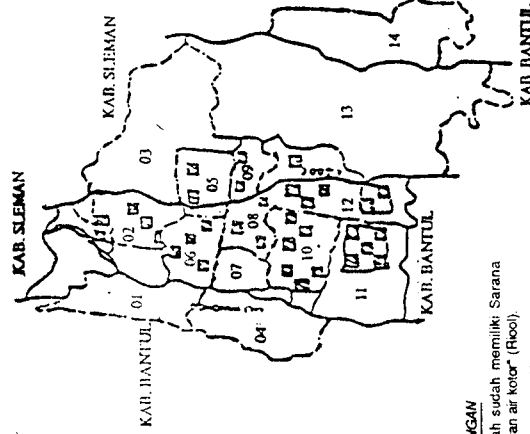
PAKU ALAM

Drs. SUNARYO  
 NIP. 490.016.942

## CAKUPAN SARANA

SISTIM AIR LIMBAH KOTAMADYA  
 DAERAH TK. II YOGYAKARTA

SKALA 1 : 40.000



### KETERANGAN

- \* Daerah sudah memiliki Sarana "Saluran air kotor" (Rooft).
- 01 - 14 Nomor Urut Kecamatan
- Batas daerah yang dilayani "Saluran air kotor" (Rooft)

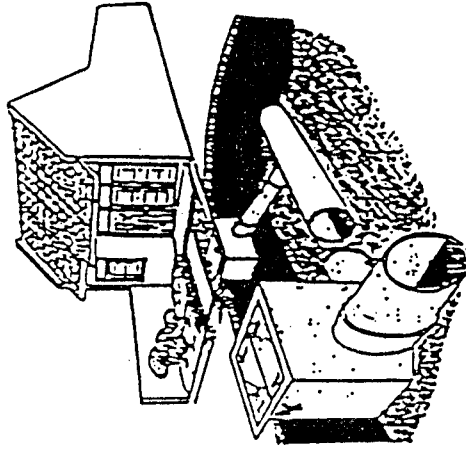
- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 01. KEC. TEGALREJO     | 08. KEC. GONDOMANAN |
| 02. KEC. JETIS         | 09. KEC. PAKUALAMAN |
| 03. KEC. GONDOKUSUMAN  | 10. KEC. KRATON     |
| 04. KEC. GEDONGTENGGEN | 11. KEC. MANTRIJEON |
| 05. KEC. DANUREJAN     | 12. KEC. MERGANGSAN |
| 06. KEC. WIROBRAJAN    | 13. KEC. UMBULHARJO |
| 07. KEC. NGAMPILAN     | 14. KEC. KOTAGEDE   |



PEMERINTAH KOTAMADYA DAERAH  
 TINGKAT II  
 YOGYAKARTA

DINAS KEBERSIHAN DAN PERTAMANAN  
 Jl. Bima Sakti No. 1 Telp. 515876 Yogyakarta 55221

SEKSI PENANGGULANGAN AIR KOTOR



MANFAATKANLAH  
 SALURAN AIR KOTOR  
 YANG SUDAH TERSEDIA DI WILAYAH ANDA

REPUBLIK INDONESIA,  
DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM  
DIREKTORAT JENDRAL  
CITA KARYA

LAPORAN  
TENTANG  
PROYEK PEMBANGUNAN  
INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH KOTA YOG

PETUNJUK OPERASI

OKTOBER 1995

TOA C

## DAFTAR ISI

	Halaman
1. Pendahuluan .....	1
2. Standar Rancangan .....	2
3. Spesifikasi Peralatan .....	7
4. Metode Operasi .....	9
5. Rekaman Operasi Harian .....	24
6. Pengendalian Kualitas Air .....	31
7. Gambar-Gambar Terlampir .....	59

## 1. PENDAHULUAN

Instalasi pengolahan limbah kota yang dijelaskan dalam buku petunjuk ini diperuntukan bagi kota Yogyakarta dan sebagian daerah Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. Proyek ini akan diselesaikan pada tahun 2002 berdasarkan *Master Plan* yang dibuat oleh Proyek Pembangunan Kota Yogyakarta (*Yogyakarta Urban Development Project / YUDP*).

Instalasi pengolahan limbah kota ini akan mengolah kotoran-kotoran yang mencemari sungai dan air tanah yang mengalir kota Yogyakarta, bertujuan untuk mencegah bibit penyakit yang ditimbulkan oleh kotoran-kotoran yang mencemari air permukaan tersebut.

Instalasi pengolahan ini berupa sistem laguna aerasi fakultatif yang dibangun pada lahan seluas 6.7 ha. di Dusun Diro dan Cepit, Desa Pendoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul.

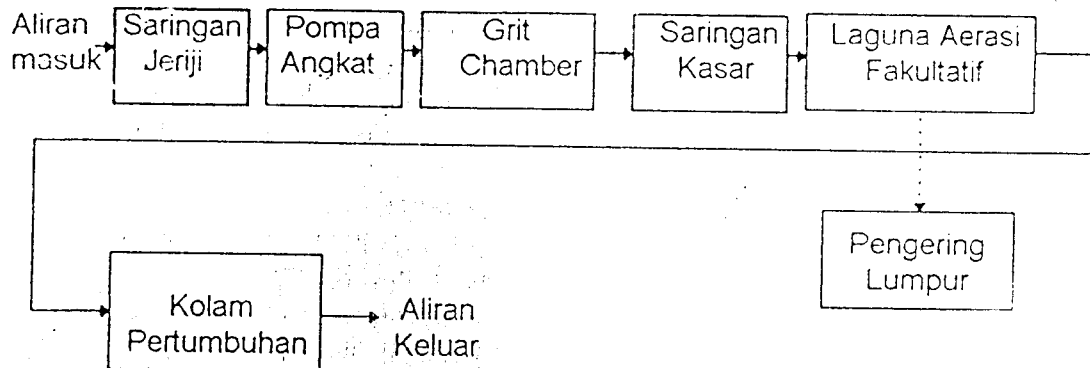
Limbah kota yang telah diolah/dimurnikan dalam instalasi pengolahan, akan dikeluarkan ke dalam Bedog melalui sebuah pipa beton dan kanal/saluran terbuka. Bedog termasuk dalam Pengendalian Saluran Limbah Golongan II yang dinyatakan dalam Keputusan Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup dan BOD<sub>5</sub> keluaran berada dibawah harga 50 mg/l.

Dengan menggunakan aerasi fakultatif, instalasi pengolahan limbah kota ini sangat sederhana, pengendalian operasi yang mudah, dan kebutuhan energi yang minimal. Oleh karena itu perlu sekali memahami instalasi pengolahan limbah kota ini agar operasi dan perawatannya lebih efektif melalui bantuan buku petunjuk operasi dan perawatan ini.

## 2. STANDARD RANCANGAN

- 1) Kuantitas limbah kota/kualitas air
  - (i) kuantitas limbah kota rata-rata : 15.500 m<sup>3</sup>/hari (179 l/detik)
  - (ii) kuantitas maksimum per jam : 1.282 m<sup>3</sup>/jam (356 l/detik)
  - (iii) Beban BOD : 5.103 kg/hari (46 g/orang/hari)
  - (iv) BOD Aliran masuk : 332 mg/l
  - (v) BOD Aliran keluar : 30 - 40 mg/l

### 2) Diagram Alir Proses Pengolahan



Limbah kota (kotoran) dipompakan ke dalam Grit Chamber dengan menggunakan Pompa Angkat. Sebelum pompa angkat tersebut dipasang saringan jeriji untuk melindungi pompa dari kerusakan akibat benda-benda besar/sampah. Pompa angkat tersebut adalah jenis Uilir (*Screw*) pompa tersebut mengisap limbah secara sinambung tanpa tersumbat oleh kotoran-kotoran yang terbawa aliran limbah. Pada instalasi pengolahan ini dipasang 3 buah pompa, dimana 1 buah pompa sebagai cadangan. Pompa jenis *Screw* dapat dikendalikan secara otomatis berdasarkan kuantitas limbah yang mengalir, 1 atau 2 buah pompa dapat beroperasi bergantung pada kuantitas limbah masuk.

Dengan pompa angkat, limbah kotor dituangkan ke dalam Grit Chamber, dimana kotoran-kotoran kasar dan berat seperti tanah dan pasir akan mengendap. Keluaran dari Grit Chamber dialirkan ke Saringan Kasar untuk menangkap kotoran-kotoran seperti kantong plastik, ranting-ranting kayu, dan kotoran ringan lainnya. Tanah, pasir, dan kotoran lainnya akan mengendap dan terkumpul di dasar Grit Chamber, kotoran-kotoran tersebut kemudian dikeluarkan dengan menggunakan Pompa Celup (*Submersible Pump*) dan akan dipisahkan menjadi limbah cair dan padatan dengan menggunakan Siklon Pemisah (*Cyclone Separator*). Padatan tersebut ditampung dalam *Hopper* yang berada dibawah siklon dan dibuang secara berkala, sedangkan limbah cair dikembalikan ke dalam *Grit Chamber*. Limbah kotor yang telah diolah secara fisik tersebut diumpukan melalui tangki distribusi ke laguna aerasi fakultatif. Laguna aerasi fakultatif dibagi dalam 2 jalur, dan tiap jalur terdiri dari 2 kolam yang dirangkai secara seri. Di dalam laguna aerasi fakultatif, kotoran-kotoran organik yang terkandung dalam limbah kotor akan diuraikan dan

dihilangkan secara biokimiawi dengan bantuan bakteri aerobik dan anaerobik. Pada permukaan laguna aerasi fakultatif, Aerator mekanis dipasang untuk memasok oksigen, kemudian kotoran organik diuraikan oleh bakteri aerobik, dan secara bersamaan pada bagian dasar/bawah laguna yang tidak mengandung oksigen terjadi penguraian kotoran organik oleh bakteri anaerobik. Setelah penghilangan kotoran organik di laguna aerasi, limbah olahan tersebut dialirkan ke kolam pertumbuhan. Seperti halnya laguna aerasi fakultatif, kolam pertumbuhan juga terdiri dari 2 sistem yang dirangkai secara paralel. Setelah penghilangan kotoran organik dan bakteri *Collon Bacilli*, limbah olahan selanjutnya dialirkan ke dalam Bedog melalui pipa beton dan saluran terbuka.

Lumpur yang mengendap di dasar laguna aerasi fakultatif, diuraikan oleh bakteri anaerobik, dan lumpur tersebut harus dikuras/dihisap setiap 1-2 tahun sekali. Secara vakum, dengan menggunakan Ejektor udara bertekanan, lumpur yang terkumpul di dasar kolam dihisap dan kemudian ditampung dalam bak-bak pengeringan. Pada bak-bak pengeringan, lumpur dikeringkan secara alamiah, selanjutnya lumpur kering tersebut dimusnahkan di tempat pengolahan limbah padat yang berada di luar lahan pengolahan limbah kota ini.

### 3) Proses Penghilangan Kotoran Organik

Laju/kecepatan reaksi penghilangan kotoran organik yang terjadi di dalam laguna aerasi fakultatif yang dirangkai secara seri dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_n/C_o = 1 / [1 + (k_{pt} \times t)/n]^n$$

dimana,

- C<sub>n</sub> = BOD aliran keluar (mg/l)
- C<sub>o</sub> = BOD aliran masuk (mg/l)
- k<sub>pt</sub> = Kecepatan reaksi awal dari pencampuran parsial pada temperatur air T °C (1/hari)
- t = Jumlah hari reaksi di dalam laguna (hari)
- n = Jumlah kolam yang dirangkai secara seri

Pada temperatur air 35 °C, Kpt dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_{35} = K_{35} \times (1,085)^{T-35}, K_{35} = 1,2/\text{hari} *$$

\*) Marais, GVR : Dinamic Behavior of Oxydation Pond, 1970.

Bila temperatur air 25 °C,  $K_{25} = 0,531/\text{hari}$ , maka BOD keluaran dihitung sebagai berikut :

- (i) Bila 30 % dari kotoran organik yang terkandung dalam limbah kotor dinilangkan melalui sedimentasi dan penguraian anorganik, maka kotoran organik terlarut sisa adalah  $332 \text{ mg/l} \times 0,7 = 232,5 \text{ mg/l}$ .
- (ii) Kedalaman efektif laguna aerasi fakultatif 4 meter dan kapasitas efektif sebesar  $85.284 \text{ m}^3$ , sehingga waktu tinggalnya adalah  $85.284 : 15.500 = 5,5 \text{ hari}$
- (iii) Jumlah kolam yang dirancang secara seri,  $n=2$

Sehingga BOD keluaran dari laguna aerasi fakultatif sebagai berikut :

$$C_2/232,5 = 1 / [1 + (0,531 \times 5,5)/2]^2$$

$$C_2 = 232,5 : [1 + (0,531 \times 5,5)/2]^2 = 15 \text{ mg/l}$$

#### 4) Penghilangan Bakteri Collon Bacilli

Laju/kecepatan penghilangan bakteri Collon Bacilli di dalam kolam pertumbuhan yang dirangkai secara seri dihitung dengan rumus :

$$N_e = N_i / [(1 + K_{bt}t_1)(1 + K_{bt}t_2)...(1 + K_{bt}t_n)]$$

dimana,

- $N_e$  = Jumlah bakteri Collon Bacilli dalam 100 ml aliran keluar
- $N_i$  = Jumlah bakteri Collom Bacilli dalam 100 ml aliran masuk
- $K_{bt}$  = Faktor temperatur air T °C (1/hari)
- $t_n$  = waktu tinggal pada kolam ke-n (hari)

Pada temperatur 20 °C,  $K_{bt}$  dihitung sebagai berikut :

$$K_{bt} = K_{20} \times 1,19^{T-20}, K_{20} = 2,6/\text{hari} *$$

\*) Duncan Mara, Sewage Treatment In Hot Climates

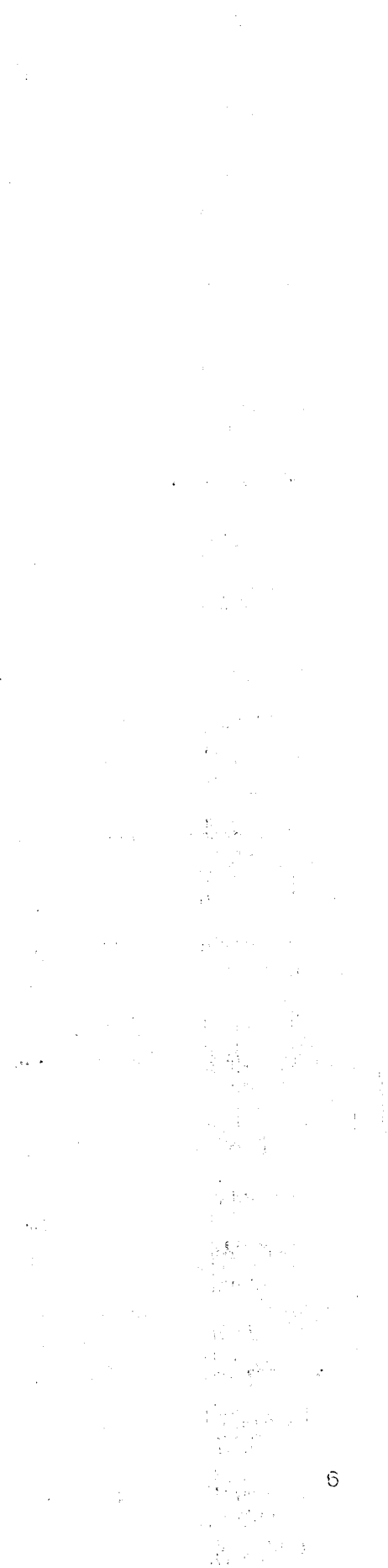
Bila temperatur air 25 °C,  $K_{25} = 6,20/\text{hari}$

Pada sistem aliran, 2 buah laguna aerasi fakultatif dengan waktu tinggal 2,75 hari, dan 1 buah kolam pertumbuhan dengan waktu tinggal 1,03 hari yang dirangkai secara seri. Dengan menganggap bakteri Collon Bacilli pada aliran masuk  $N_i = 10^8/100$  ml, maka jumlah Collon Bacilli dialiran keluar dihitung sebagai berikut :

$$N_e = 10^8 / [(1 + 6,2 \times 2,75)(1 + 6,2 \times 2,75)(1 + 6,2 \times 1,03)] = 4,2 \times 10^4 / 100 \text{ ml.}$$



## Gambar Tata Letak Instalasi Pengolahan Limbah Kota



### 3. SPESIFIKASI ALAT

No. Pokok Alat	Nama Alat	Spesifikasi Alat	Jumlah	Lokasi Pemasangan Keterangan
MP-1	Gerbang Masuk	Gerbang beroperasi secara manual φ 1350 X H 3785	1	Lubang Got No. 2
MP-3 A-C	Pompa Angkat	Pompa Saring φ 1000 X 10,7 m <sup>3</sup> /min X 4,3 m X 15 kW	3	
MP-4	Rantai Kerekan Roda Gigi	Operasi manual 3 ton X H 5500	1	Untuk Pompa Angkat
MP-5 AB	Gerbang Masuk Grit Chamber	Gerbang beroperasi secara manual φ 800 X H 2550	2	Grit Chamber
MP-6 AB	Pompa Pasir	Pompa Celup φ 100 X 1 m <sup>3</sup> /min X 15 m X 5,5 kW	2	Grit Chamber
MP-7 AB	Saringan Kasar	W 2000 X 40 mm (Ukuran Mesh)	2	Grit Chamber
MP-8 AB	Gerbang Keluar Grit Chamber	Operasi manual φ 800 X H 2550	2	Grit Chamber
MP-9 AB	Siklon Pemisah	φ 100 X 1 m <sup>3</sup> /min	2	
MP-10 AB	Rantai Kerekan Listrik	0,5 ton X H 7000 X 0,4/0,8 kW	2	Untuk Pompa Pasir
MP-11 AB	Gerbang Distribusi	Gerbang beroperasi secara manual φ 800 X H 3650	2	Chamber Distribusi
MP-12 A-F	Gerbang Masuk Laguna No. 1-1/1-2	Gerbang beroperasi secara manual φ 800 X H 3650 (Jenis Tekanan Balik)	6	Lubang Got No. 5-10
MP-12 G-L	Gerbang keluar Laguna No. 1-1/1-2	Gerbang beroperasi secara manual φ 800 X H 3650	6	Lubang Got No. 11-16
MP-12 M-R	Gerbang Masuk Laguna No. 2-1/2-2	Gerbang beroperasi secara manual φ 800 X H 3650	6	Lubang Got No. 11-16
MP-12 S	Gerbang Pintas	Gerbang beroperasi secara manual φ 800 X H 3650	6	Lubang Got No. 5

No. Pokok Alat	Nama Alat	Spesifikasi Alat	Jumlah	Lokasi Pemasangan Keterangan
MP-12 T	Gerbang Pintas	Gerbang beroperasi se- cara manual φ 800 X H 3650	1	Lubang Got No. 10
MP-13 A-D	Aerator	Turbin Jenis Terapung φ 2000 X 48 rpm X 30 kW	4	Laguna Aerasi Fakultatif
MP-14 A-D	Gerbang Keluar Laguna 2-1/2-2	Gerbang beroperasi se- cara manual φ 800 X H 3650	4	Lubang Got No. 17-20
MP-14 E-H	Gerbang Masuk Kolam	Gerbang beroperasi se- cara manual φ 800 X H 3650	4	Lubang Got No. 17-20
MP-14 I-L	Gerbang Keluar Kolam	Gerbang beroperasi se- cara manual φ 800 X H 3650	2	Kolam Pertumbuhan
MP-15 AB	Pompa Air Layanan	Sentrifugal, Self Priming φ 80 X 0,5 m <sup>3</sup> /min X 11 kW	2	Kolam Pertumbuhan
MP-16	Rantai Kerekan Listrik	5 ton X 5 m X 0,75/3 kW	1	Untuk Unit Pembuangan Lumpur
MP-17	Kapal Utama Unit Pembuangan Lumpur	W 2300 x L 6000 X H 1000 Mesin	1	Untuk Unit Pembuangan Lumpur
MP-18	Unit Pembuangan Lumpur	20 m <sup>3</sup> /hr 80 % kandungan air	1	
MP-19	Kompresor Udara	Penggerak Generator Diesel 18,5 m <sup>3</sup> /min X 7 kg/cm <sup>2</sup> G X 190 PS	1	Pembuangan Lumpur

## **4. Operasi**

### **1). Pendahuluan**

Sebelum mengoperasikan instalasi, insinyur kepala yang bertanggung jawab penuh terhadap instalasi harus mengatur dan menginstruksikan pengerjaan-pengerjaan yang benar pada tiap-tiap personel yang bertugas terhadap pengoperasian instalasi.

(I) Instalasi telah dirancang untuk mengolah limbah kota pada tahun 2002.

Oleh sebab itu pengambilan laju aliran limbah, kualitas aliran keluar dan masuk, tinjauan secara ekonomi, umur dari tiap-tiap peralatan dan lain sebagainya, sudah diperhitungkan. Sehingga insinyur kepala harus memutuskan kondisi operasi sebenarnya setiap saat.

(ii) Insinyur kepala harus memantau kegiatan pengoperasian sehari-hari dan menunjukkan hal-hal sebagai berikut kepada operator pada pertemuan harian sebelum beroperasi.

i) Detail pengoperasian

ii) Pencatatan data operasi.

iii) Tindakan yang diperlukan untuk menjaga kebersihan lokasi instalasi.

iv) Batasan/ukuran keamanan.

### **2) Operasi**

(1) Saringan jeriji sebelum pompa angkat.

1. Kotoran-kotoran seperti tas-tas plastik dan bahan-bahan terapung lain dalam aliran masuk dipisahkan oleh saringan kasar.
2. Kotoran-kotoran tertentu dipisahkan secara manual dengan penggaruk aluminium dari ayakan jeriji.
3. Membuang kotoran-kotoran tersebut minimal sehari sekali.

(2) Pompa angkat

(i) Persiapan untuk operasi / hal-hal yang harus diperhatikan

1. Periksa keadaan tenaga listrik untuk panel operasi (M-pump-1 control panel dalam keadaan menyala. Panel operasi terletak didalam ruangan mesin pompa angkat. Lampu hijau akan menyala jika tenaga listrik

ketinggian permukaan air mencapai L ( $\Delta + 56,80$ ), pompa secara otomatis berhenti.

Bila pompa dioperasikan dengan otomatis-2 maka pompa secara otomatis akan beroperasi pada ketinggian air antara H dan L.

- (a). Ketika aliran limbah sesuai dengan kondisi rancangan, dua buah pompa angkat akan dioperasikan, sementara pompa sisanya sebagai cadangan. Oleh sebab itu pompa hendaknya dioperasikan dengan otomatis-1 dan pada keadaan lain dioperasikan dengan otomatis-2.

Catatan: :

Pengalihan operasi untuk masing-masing pompa ke "auto-1", "auto-2", "manual", "stop" dapat dipilih.

Pengoperasian dari masing-masing pompa dapat dipilih dengan mempertimbangkan kondisi aliran masuk.

Pompa yang dipilih akan secara otomatis beroperasi pada kondisi permukaan air yang tertentu pada stasiun pompa.

- (b). Pengoperasian pompa minyak untuk pompa yang dipilih hendaknya menyesuaikan dengan prosedur yang sama dengan paragraf sebelumnya.
- (c). Periksa bahwa pompa-pompa sedang memompakan limbah sesuai dengan jenis operasi yang dipilih.
- (d). Keluaran dari pompa jenis baling-bang (screw) terkontrol secara otomatis menurut laju aliran masuk limbah. Oleh sebab itu, operator tidak perlu memberi perhatian khusus terhadap kontrol aliran.

## 2. Operasi Manual

- (a) Pengubahan operasi pompa dimana operator cenderung untuk mengoperasikan, hendaknya diletakkan pada keadaan manual dan kemudian pompa tersebut dioperasikan.
- (b) Ketika pengubahan operasi pada posisi "stop", maka pompa akan berhenti.

## 3. Periode pengoperasian harian pompa angkat.

Penghitung operasi (counter) telah dipasang pada panel. Penghitung menunjukkan 0 sampai 9999 kali. Satu hitungan berarti operasi selama satu menit pada pompa.

Sebagai contoh, setelah satu hari berlalu, penghitung menunjukkan hitungan 1.200. Ini berarti dalam satu hari pompa beroperasi selama 1.200 menit (20 jam).

sudah tersedia. Jika lampu penunjuk tenaga listrik tidak menyala, maka hidupkan NFB untuk penyediaan tenaga listrik.

2. Periksa ketersediaan tenaga listrik untuk masing-masing pompa. Jika tenaga listrik tersedia, maka lampu hijau penunjuk akan menyala. Jika lampu operasi tidak menyala, maka hidupkan NFB untuk masing-masing pompa yang terletak di dalam panel.
3. Masing-masing pompa angkat dilengkapi dengan sebuah pompa pelumas. Periksa keadaan tangki pelumas, apakah sudah terisi oleh pelumas dengan jumlah yang ditentukan.
4. Periksa ketersediaan tenaga listrik untuk masing-masing pompa pelumas. Tenaga listrik sudah tersedia, jika lampu hijau penunjuk menyala, maka hidupkan NFB untuk masing-masing pompa yang terletak di dalam panel.

(ii) Pengoperasian

Tombol operasi untuk pompa angkat, otomatis dan manual, telah tersedia.

1. Operasi Otomatis:

Dua jenis operasi telah disediakan. Tergantung dari ketinggian air pada stasiun pompa.

Detail operasi adalah sebagai berikut:

### PENGOPERASIAN KETINGGIAN AIR

#### **Operasi Otomatis 1**

Ketika ketinggian permukaan air pada stasiun pompa mencapai ketinggian  $M$  ( $\Delta + 57,22$ ), pompa akan secara otomatis beroperasi, dan jika ketinggian permukaan air pada stasiun pompa mencapai ketinggian  $L$  ( $\Delta + 56,80$ ), maka pompa akan berhenti otomatis. Bila pompa dioperasikan dengan otomatis-1 maka secara otomatis akan beroperasi dan berhenti pada permukaan air antara  $M$  dan  $L$  pada stasiun pompa.

#### **Operasi Otomatis 2**

Ketika permukaan air pada stasiun pompa mencapai ketinggian  $H$  ( $\Delta + 57,22$ ), pompa secara otomatis akan beroperasi, dan ketika

#### 4. Penentuan aliran limbah masuk harian.

T1 : hitungan pompa selama satu hari pada operasi auto-1.

T2 : hitungan pompa selama satu hari pada operasi auto-2.

$$Q = 10,7 \text{ m}^3/\text{menit} (T1 + T2) \text{ m}^3/\text{menit}$$

Sebagai contoh:

$$T1 = 1000 \text{ hitungan}$$

$$T2 = 200 \text{ hitungan}$$

$$Q = 10,7 \times (1000 + 200) = 12.840 \text{ m}^3/\text{menit}.$$

#### (3) Grit Chamber - Pompa Pasir (MP-6AB) dan Rantai Kerekan Listrik (MP-10AB)

- (i) Persiapan untuk operasi/hal-hal yang perlu diperhatikan
1. Seperti cara kerja yang ditunjukkan pada nomor sebelumnya, nyalakan tenaga listrik untuk pompa dan rantai kerekan.
  2. Jalankan pompa melalui pompa-M-panel pengendali-1 yang diinstalasi dalam ruang mesin pompa angkat.
  3. Tenaga listrik untuk rantai kerekan disediakan melalui pompa-M-panel pengendali-1, dan kerekan dioperasikan dengan menekan tombol operasi pada kerekan. Tiga jenis operasi dapat dilakukan, yaitu jalan maju, jalan mundur, dan mengangkat.
- (ii) Memulai Operasi
1. Sebuah pompa pasir (MP-6AB) digantungkan pada masing-masing grit chamber dengan sebuah rantai kerekan listrik (MP-10AB).
  2. Tiap pasangan kerekan (MP-6A/MP-10A dan MP-6B/MP-10B) dioperasikan masing-masing.
  3. Operasikan pompa pasir (MP-6A/MP-6B) dengan menekan tombol operasi pada pompa-M-panel pengendali-1.
  4. Setelah yakin pompa beroperasi, tekan tombol jalan maju dari rantai kerekan (MP-10A atau MP-10B) untuk memulai jalan. Jika rantai kerekan mencapai sisi masukan dari grit chamber, setelah memulai dari sisi masukan chamber, hentikan rantai kerekan, dan tekan tombol jalan mundur untuk menggerakkan rantai kerekan ke belakang. Ulangi operasi pertukaran seperti ini 3 sampai 5 kali.

5. Operasikan pompa pasir (MP-6A atau MP-6B) dan rantai kerekan (MP-10A atau MP-10B) satu atau dua kali sehari.

(iii) Menghentikan Operasi

1. Setelah selesai mengerjakan 4-2)(ii)4. seperti tersebut di atas, hentikan pompa pasir (MP-6A atau MP-10B) dengan menekan tombol untuk menghentikan operasi pada pompa-M-panel pengendali-1.
2. Matikan NFB (yang terletak di dalam pompa-M-panel pengendali-1) untuk rantai kerekan listrik.

(iv) Catatan Khusus

1. Biasanya, 2 buah grit chamber dioperasikan secara paralel.
2. Hilangkan pasir dan kotoran-kotoran lainnya yang mengendap dan terkumpul di dalam grit chamber dengan menggunakan pompa pasir (MP-6AB) dan rantai kerekan listrik (MP-10AB) yang dioperasikan secara manual. Namun, hindari pengoperasian serempak dari kedua alat tersebut.
3. Hentikan rantai kerekan dengan benar dan simpan di tempat yang anti air.

(4) Siklon Pemisah (MP-9AB)

- (i) Siklon pemisah dihubungkan langsung dengan pipa keluaran dari pompa pasir (MP-6AB). Tanah dan pasir yang dikumpulkan pada dasar grit chamber dihisap bersama kotoran oleh pompa pasir dan dipisahkan menjadi padatan dan cairan di dalam siklon pemisah, lalu tanah dan pasir yang sudah terpisah ditimbun pada ruang dasar siklon.
- (ii) Setelah pengoperasian pompa pasir selesai, buka valve pinch manual yang menempel pada dasar ruangan di bagian bawah siklon pemisah, dan keluarkan kotoran ke dalam tanggul.
- (iii) Tanah dan pasir akan tertimbun di dalam tanggul, dan kotoran mengalir turun kembali ke grit chamber secara alamiah.
- (iv) Gali tanah dan pasir yang tertimbun dalam tanggul sekali atau dua kali dalam seminggu, lalu buang ke dalam drying bed (kolam pengeringan).

(5) Grit Chamber/MP-1AB Saringan Kasar

- (i) Kantong plastik dan kotoran mengapung lainnya yang berada dalam tangki masukan (influent tank) dihilangkan dengan menggunakan saringan kasar.
- (ii) Kotoran-kotoran tersebut dihilangkan dari saringan secara manual dengan penggaruk aluminium. Hilangkan kotoran satu atau dua kali dalam sehari.



(6) Laguna Aerasi Fakultatif - Aerator (MP-13A-D)

(i) Persiapan untuk operasi/hal-hal yang perlu diperhatikan

1. Laguna aerasi fakultatif dirangkai dalam dua kolom paralel, dan tiap kolom terdiri dari 2 laguna. Dengan demikian, semuanya terdapat 4 laguna.
2. Tiap laguna dilengkapi dengan aerator jenis terapung, dan semuanya terdapat 4 aerator.
3. Aerator-aerator tersebut beroperasi melalui daerah-M-panel pengendali-1 dan daerah-M-panel pengendali-2.
4. Aerator dalam laguna 1-1 dan 1-2 dioperasikan melalui daerah-M-panel pengendali-1 dan aerator dalam laguna 2-1 dan 2-2 dioperasikan melalui daerah-M-panel pengendali-2.
5. Periksa ketersediaan tenaga listrik untuk daerah-M-panel pengendali-1/ daerah-M-panel pengendali-2. Tenaga listrik tersedia jika lampu penunjuk pada masing-masing panel menyala.
6. Dengan cara yang sama, periksa bahwa lampu biru penunjuk operasi aerator pada daerah-M-panel pengendali-1/ daerah-M-panel pengendali-2 menyala. Jika lampu operasi tidak ada yang menyala, maka hidupkan NFB dari masing-masing aerator.
7. Sebelum operasi, periksa bahwa penggerak/penurun kecepatan aerator diberikan pelumas dengan benar.

(ii) Memulai Operasi

1. Nyalakan tombol tekan operasi aerator pada daerah-M-panel pengendali-1 dan daerah-M-panel pengendali-2, sehingga aerator mulai beroperasi. Pada saat itu, lampu merah penunjuk operasi menyala.
2. Periksa keadaan normal secara visual.

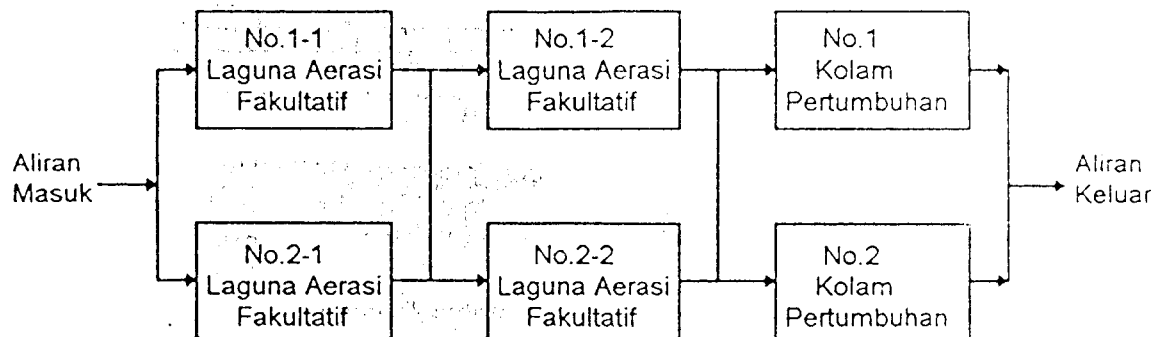
(iii) Menghentikan Operasi

1. Tekan tombol penghentian operasi aerator pada daerah-M-panel pengendali-1 dan daerah-M-panel pengendali-2. Pada saat itu, lampu hijau yang menandakan "berhenti" ("stop") akan menyala.

(iv) Catatan Khusus

1. Pada dasarnya, seluruh aerator harus dioperasikan secara sinambung.
2. Berikut ini disajikan standar operasi aerator untuk setiap laju alir masukan kotoran.

Laju alir masukan dari kotoran (m <sup>3</sup> /hari)	3,875	7,750	11,625	15,500
<u>laju alir masukan dari kotoran (%)</u> laju alir masukan rancangan	25	50	75	100
Jumlah aerator yang beroperasi	2	2	4	4
Aerator yang dioperasikan	No.1-1 No.2-1	No.1-1 No.2-1	No.1-1/1-2 No.2-1/2-2	No.1-1/1-2 No.2-1/2-2



3. Meskipun laju alir masukan dari kotoran lebih kecil dari laju alir rancangan, kotoran harus tetap diumpungkan ke saluran laguna. Jika laju alir masukan dari kotoran 80% lebih kecil dari harga rancangan, maka dapat dioperasikan hanya satu kolom saja (No.1-1/1-2 atau No.2-1/2-2). Pada kasus ini, aerator No.1-1/1-2 atau No.2-1/2-2 harus dioperasikan.

#### (7) Gerbang

##### i) Gerbang jalur MP-1(Lobang utama No.2)

1. Dalam keadaan normal, gerbang masuk harus dalam keadaan terbuka ("open").
2. Tutup ("close") gerbang masuk untuk menghentikan keseluruhan sistem. Pada kasus ini, laju alir masukan melalui lubang utama No.2-No.3-No.24-No.25 dan dikeluarkan tanpa diolah.

##### ii) MP-5AB/MP-8AB, gerbang masuk/keluar dari grit chamber

1. Dalam keadaan normal kedua grit chamber, yang disusun paralel, dioperasikan. Oleh karena itu, MP-5AB dan MP-8AB harus terbuka ("open").
2. Pada saat pemeriksaan/pembersihan grit chamber secara berkala, tutup gerbang masuk (MP-5A atau 5B) dan gerbang keluar (MP-8A atau 8B) dari kolam yang akan diperiksa/dibersihkan.

iii) MP-11AB Gerbang Kolam Distribusi

1. Gerbang distribusi (MP-11AB) menyalurkan aliran keluar menuju No.1 dan No.2 laguna fakultatif. Seperti yang digambarkan dalam alinea sebelumnya, 2 kolom laguna disusun secara paralel dalam sistem ini, tiap kolom terdiri dari 2 laguna. Dalam keadaan normal kotoran dimasukkan ke seluruh laguna.
2. Jika laju alir masukan kotoran 50% lebih kecil dari laju alir masukan rancangan, maka dapat dioperasikan satu kolom saja. Pada kasus ini, tutup gerbang distribusi (MP-11A atau MP-11B) pada sisi laguna yang diistirahatkan.

iv) Gerbang MP-12A-T/MP-14A-J untuk laguna aerasi fakultatif dan kolam pertumbuhan

1. Tata letak gerbang disajikan dalam Gambar.1, "Tata letak gerbang untuk laguna aerasi fakultatif dan kolam pertumbuhan.
2. Kasus-kasus berikut ini mungkin berkenaan dengan laguna aerasi fakultatif dan kolam pertumbuhan :

Kasus-1 : Operasi normal.

Kasus-2 : Pengoperasian 3 laguna aerasi fakultatif dan 2 (normal) kolam pertumbuhan.

(a) : Jika lumpur yang terkumpul di dalam salah satu laguna aerasi fakultatif akan dihilangkan.

(b) : Jika laju alir masukan kotoran lebih kecil dari laju alir masukan rancangan dan pengoperasian dari salah satu laguna aerasi fakultatif dihentikan.

Kasus-3 : Pengoperasian 2 laguna aerasi fakultatif dan 2 (normal) kolam pertumbuhan.

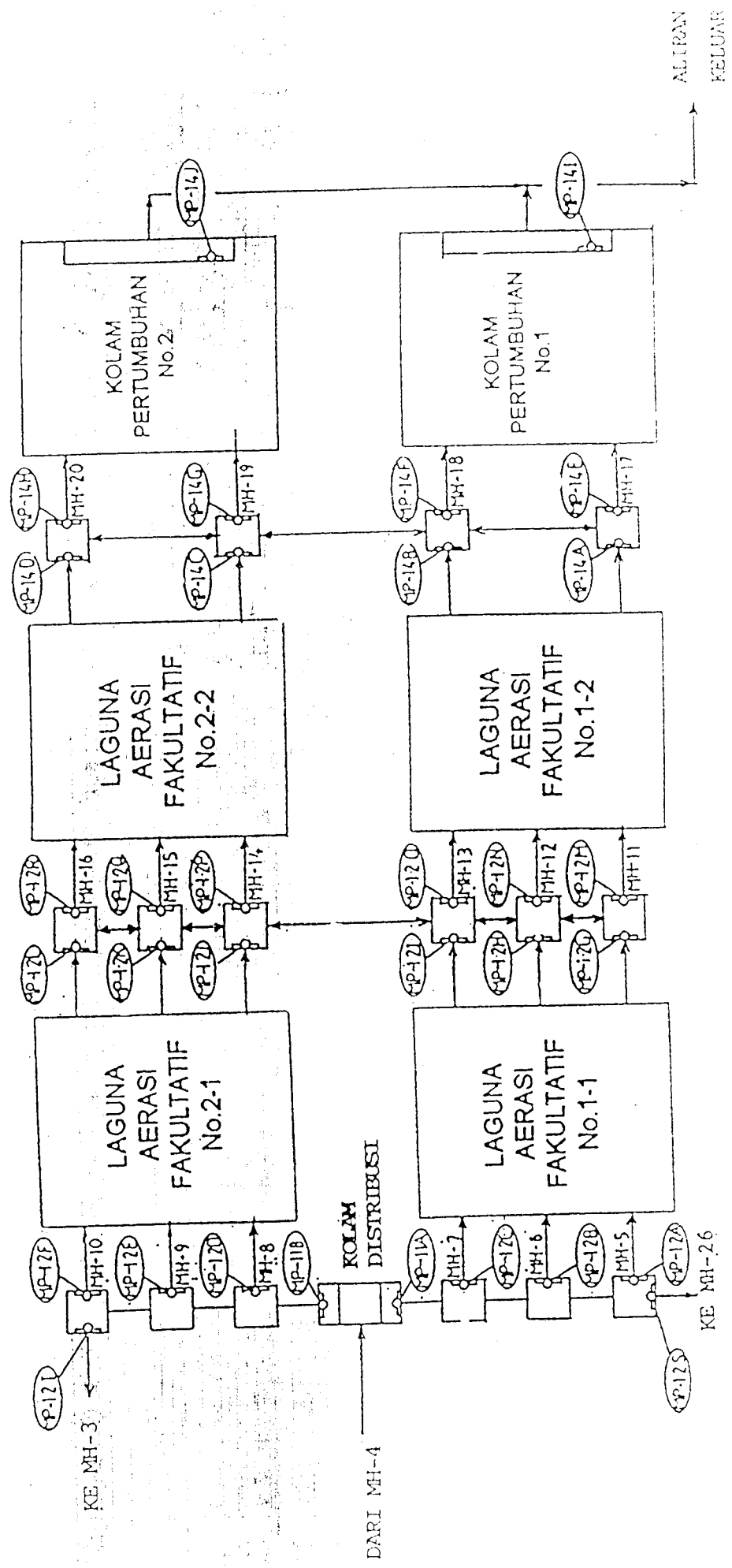
(a) : Jika laju alir masukan kotoran lebih kecil dari laju alir masukan rancangan dan pengoperasian dari dua laguna aerasi fakultatif dihentikan.

Kasus-4 : Pengoperasian satu kolam pertumbuhan saja.

(a) : Jika laju alir masukan kotoran lebih kecil dari laju alir masukan rancangan dan pengoperasian salah satu laguna dihentikan.

(b) : Jika pengoperasian satu kolam pertumbuhan dihentikan untuk membuang lumpur.

Mengacu pada Gambar.2-1, 2-2, dan 2-3 untuk membuka/menutup gerbang pada kasus 1 sampai kasus 4.



Gambar.1 Tata letak Gerbang untuk laguna aerasi fakultatif dan kolam pertumbuhan





(8) Laguna Aerasi Fakultatif - Pembuangan lumpur yang terkumpul

i) Tinjauan Umum

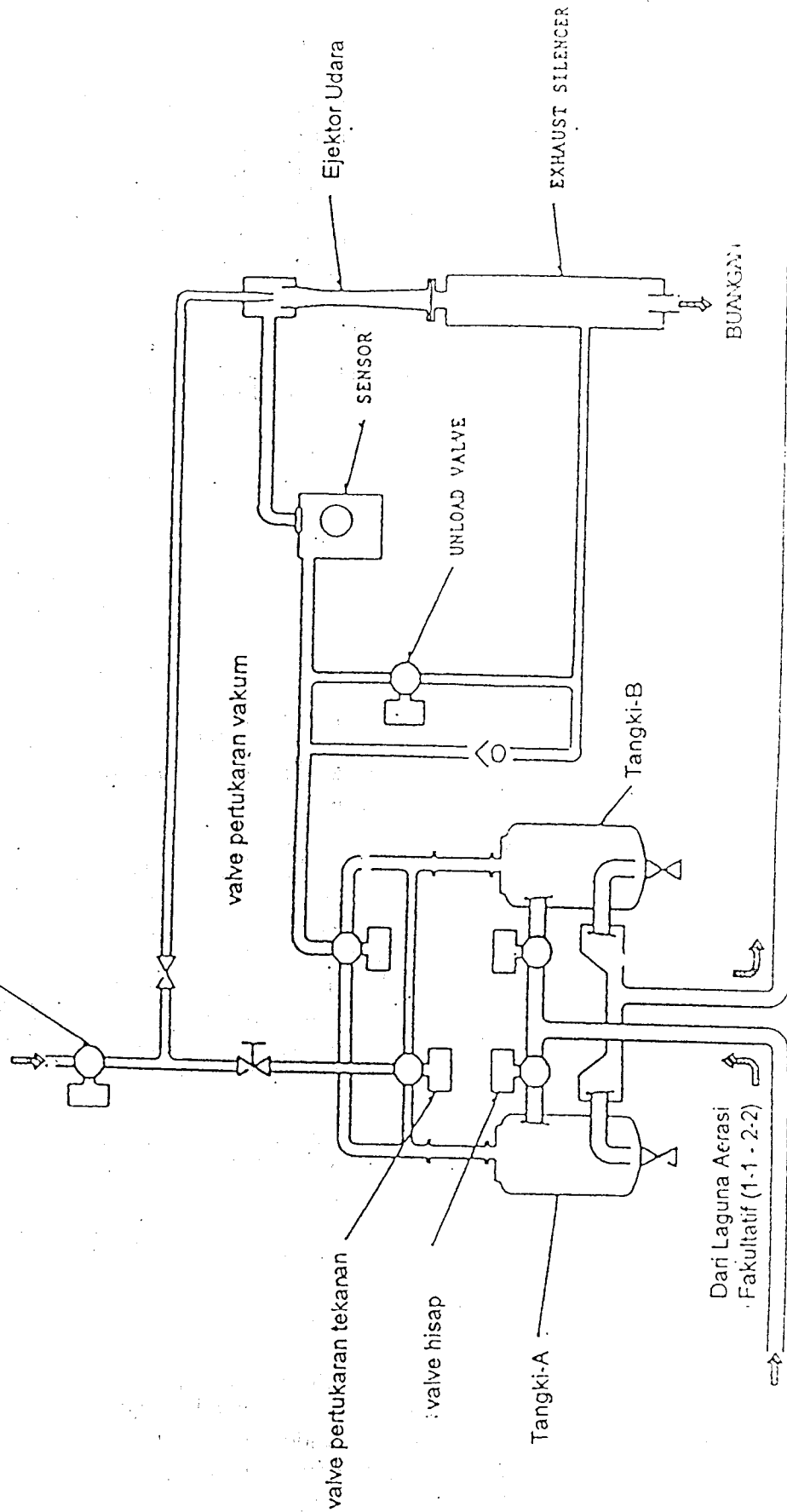
1. Berdasarkan harga rancangan,  $3,300 \text{ m}^3$  (110,000 orang dalam daerah layanan dan menghasilkan lumpur 30 l/orang.tahun :  $110,000 \text{ orang} \times 30 \text{ l/orang.tahun} \times 10^{-3} = 3,300 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ) lumpur per tahun akan terkumpul dalam laguna aerasi fakultatif.
2. Lumpur yang terkumpul dikeluarkan dari laguna aerasi fakultatif sekali setahun.
3. Alat pembuang lumpur terdiri dari sebuah unit penghisap (MP-17) pada sebuah kapal utama, unit pembuangan sinambung (MP-18), dan kompresor udara (MP-19).
4. Unit pembuangan sinambung sebagian besar terdiri dari ejektor vakum dan 2 tangki. Udara mampat dari kompresor udara (MP-19) yang berfungsi sebagai sumber penggerak dari ejektor vakum, sehingga menghasilkan vakum. Pipa vakum dihubungkan ke tangki A dan B. Tangki A dan B dipilih melalui valve pertukaran vakum, dan tangki tersebut akan dikosongkan. Pipa vakum dihubungkan ke unit penghisap yang menempel pada kapal utama, dan lumpur dihisap oleh vakum, dihisap melalui selang penghisap, pipa penghisap dan dimasukkan dalam sebuah tangki. Masing-masing tangki A dan B dilengkapi dengan level switch jenis terapung (floating), dan jika salah satu tangki sudah penuh lumpur, maka tangki yang lainnya akan digunakan melalui pertukaran vakum. Udara mampat diumpankan langsung ke dalam tangki yang penuh lumpur untuk mendorong lumpur tersebut menuju tempat pengeringan lumpur. Pengosongan dan pemampatan diulang dalam tangki A dan B seperti yang dijabarkan di atas, dan lumpur secara sinambung dihisap dari laguna dan dikeluarkan ke tempat pengeringan lumpur. Mengacu pada Gambar.3 "Diagram Alir Unit Pembuangan Lumpur".
5. Lumpur dikumpulkan pada dasar masing-masing laguna aerasi fakultatif (no.1-1, 1-2, 2-1, dan 2-2). Kapal utama harus dioperasikan untuk menghisap lumpur secara keseluruhan.
6. Kapal utama termasuk unit penghisap dipindahkan dari satu laguna ke laguna lainnya dengan menggunakan rantai kerekan listrik (MP-16).

ii) Penghentian Operasi

Untuk perinciannya, mengacu pada, "Mesin penghisap lumpur sinambung/ Manual Operasi," dalam sebuah edisi yang terpisah.

Udara mampat dari kompresor udara

AIR CUT-OFF VALVE



Ke tempat pengeringan lumpur

Gambar.3 Diagram alir dari unit pembuangan lumpur



(9) Tempat Pengeringan Lumpur

- i) Tempat pengeringan lumpur dibagi menjadi 3 bagian, dan keseluruhannya terdiri dari 25 kolam.
- ii) Lumpur yang terkumpul di dalam laguna aerasi fakultatif dibuang ke tempat pengeringan dengan menggunakan unit pembuangan lumpur sekali dalam setahun.
- iii) Tempat pengeringan lumpur diisi kolam demi kolam. Kapasitas efektif dari satu kolam sekitar  $240 \text{ m}^3$ . Jika konsentrasi lumpur 20%, maka kapasitas unit pembuangan lumpur adalah  $20 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Sehingga, satu kolam pengering akan penuh dalam 2 hari. Jika waktu operasi 6 jam per hari.
- iv) Tempat pengeringan lumpur dibagi menjadi 3 bagian. Bagian No.1 terdiri dari 9 kolam, dan bagian No.2/No.3 masing-masing terdiri dari 8 kolam.
- v) Lumpur yang berada pada tempat pengeringan lumpur terbagi menjadi lapisan atas yang jernih dan lumpur kental pada bagian bawah. Batang penutup dipindahkan untuk mengeluarkan lapisan atas yang jernih dari tempat pengeringan. Operasi seperti ini diulangi untuk mengentalkan lumpur hingga cairan tidak dapat dipisahkan lagi. Setelah itu, lumpur dikeringkan dengan panas matahari sampai bisa dikeluarkan dengan penggaruk/sekop. Setelah dikeringkan di terik matahari selama 2-3 bulan, lumpur kering dibawa dengan sebuah lori dan dibuang ke tempat pembuangan lumpur.

(10) Pompa Air Layanan

- i) Instalasi pengolahan limbah mungkin menjadi kotor, yang disebabkan oleh operasi seperti penghilangan pasir dari grit chamber, pembuangan lumpur yang terkumpul dalam laguna aerasi fakultatif, dan pembuangan lumpur dari tempat pengeringan lumpur. Untuk menjaga kebersihan instalasi pengolahan, maka bersihkan instalasi pengolahan dengan menggunakan pompa air layanan setelah masing-masing operasi.
- ii) Pos selang air disediakan pada 8 lokasi dalam instalasi pengolahan limbah untuk menyimpan angle valve, selang air (40 A x 15 m x 2 pcs), dan pipa semprot dalam sebuah kotak.
- iii) Sebelum pengoperasian pompa air layanan, persiapkan selang air untuk daerah yang akan dibersihkan, dan kemudian operasikan pompa tersebut. Pompa air layanan ini dapat dioperasikan dengan mengoperasikan tombol tekan yang dinyalakan pada kontrol pengendali 1-sub M.

## **5. Pencatatan Operasi Harian.**

Untuk menjaga agar semua alat terpasang berfungsi dengan baik dan kinerja instalasi juga baik, maka sangat penting untuk mengambil data kondisi operasi setiap hari.

Sehingga tiap ada gangguan pada instalasi dapat dengan cepat dan mudah diketahui dan tindakan yang diperlukan bisa dilakukan dengan cepat.

Tabel operasi harian bisa dicatat dengan format sebagai berikut:





**TABEL OPERASI HARIAN UNTUK MESIN-MESIN MANUAL**

Tanggal:

No.	Nama Alat	Kegiatan yang dilakukan	
1	SARINGAN MASUK POMPA ANGGAT		
2	AYAKAN KELUAR GRIT CHAMBER		
3	CYCLONE PEMISAH		
4	<b>GERBANG-GERBANG</b> (1) GERBANG MASUKAN-A PADA MH-2 (2) GERBANG MASUKAN-A PADA GRIT CHAMBER-A (3) GERBANG MASUKAN-B PADA GRIT CHAMBER-B (4) GERBANG KELUARAN-A PADA GRIT CHAMBER-A (5) GERBANG KELUARAN-B PADA GRIT CHAMBER-B (6) GERBANG DISTRIBUSI-A PADA LAGUNA 1 (7) GERBANG DISTRIBUSI-B PADA LAGUNA 2 (8) GERBANG MASUKAN-A PADA LAGUNA 1-1 (9) GERBANG MASUKAN-B PADA LAGUNA 1-1 (10) GERBANG MASUKAN-C LAGUNA 1-1 (11) GERBANG MASUKAN-A LAGUNA 2-1	BUKA BUKA BUKA BUKA BUKA BUKA BUKA BUKA BUKA BUKA BUKA	TUTUP TUTUP TUTUP TUTUP TUTUP TUTUP TUTUP TUTUP TUTUP TUTUP

**TABEL OPERASI HARIAN UNTUK MESIN-MESIN MANUAL**

Tanggal:

No.	Nama Alat	Kegiatan yang dilakukan	
(12)	GERBANG MASUKAN-B LAGUNA 2-1	BUKA	TUTUP
(13)	GERBANG MASUKAN-C LAGUNA 2-1	BUKA	TUTUP
(14)	GERBANG KELUARAN-A LAGUNA 1-1	BUKA	TUTUP
(15)	GERBANG KELUARAN-B LAGUNA 1-1	BUKA	TUTUP
(16)	GERBANG KELUARAN-C LAGUNA 1-1	BUKA	TUTUP
(17)	GERBANG KELUARAN-A LAGUNA 2-1	BUKA	TUTUP
(18)	GERBANG KELUARAN-B LAGUNA 2-1	BUKA	TUTUP
(19)	GERBANG KELUARAN-C LAGUNA 2-1	BUKA	TUTUP
(20)	GERBANG MASUKAN-A LAGUNA 1-2	BUKA	TUTUP
(21)	GERBANG MASUKAN-B LAGUNA 1-2	BUKA	TUTUP
(22)	GERBANG MASUKAN-C LAGUNA 1-2	BUKA	TUTUP
(23)	GERBANG MASUKAN-A LAGUNA 2-2	BUKA	TUTUP
(24)	GERBANG MASUKAN-B LAGUNA 2-2	BUKA	TUTUP
(25)	GERBANG MASUKAN-C LAGUNA 2-2	BUKA	TUTUP
(26)	GERBANG KELUARAN-A LAGUNA 1-2	BUKA	TUTUP
(27)	GERBANG KELUARAN-B LAGUNA 1-2	BUKA	TUTUP
(28)	GERBANG KELUARAN-A LAGUNA 2-2	BUKA	TUTUP
(29)	GERBANG KELUARAN-B LAGUNA 2-2	BUKA	TUTUP
(30)	GERBANG MASUKAN-A KOLAM 1	BUKA	TUTUP
(31)	GERBANG MASUKAN-B KOLAM 1	BUKA	TUTUP
(32)	GERBANG MASUKAN-A KOLAM 2	BUKA	TUTUP
(33)	GERBANG MASUKAN-B KOLAM 2	BUKA	TUTUP
(34)	GERBANG KELUARAN KOLAM 1	BUKA	TUTUP
(35)	GERBANG KELUARAN KOLAM 2	BUKA	TUTUP
(36)	GERBANG PINTAS (BYPASS) PADA MH-5	BUKA	TUTUP

TABEL OPERASI HARIAN UNTUK MESIN-MESIN MANUAL

Tanggal:

No.	Nama Alat	Kegiatan yang dilakukan	
(37)	GERBANG PINTAS (BYPASS) PADA MH-10 Catatan Khusus:	BUKA	TUTUP
5	STASIUN SELANG No. 1 - No. 8		
CATATAN KHUSUS			

## 6. PENGENDALIAN KUALITAS AIR

### 1) Tinjauan Umum

Pada kondisi normal, sangatlah penting tidak hanya memeriksa kondisi mesin-mesin, akan tetapi juga selalu memeriksa kualitas air, apakah berada pada rentang harga yang telah ditentukan, hal ini untuk melihat apakah instalasi pengolahan limbah kotoran kota ini berfungsi/beroperasi sebagaimana mestinya.

### 2) Pokok-pokok Analisis

Pokok Analisis	Metode Analisis	Frekuensi Analisis
pH	pH meter portabel	Setiap hari
BOD5	lihat Metode Analisis BOD5	Setiap hari
CODcr	lihat Metode Analisis CODcr	Setiap hari
Collon Bacilli	lihat Metode Analisis Collon Bacilli	Setiap hari

### 3) Tempat Pengambilan Sampel

Limbah kotor : Pada aliran masuk Pompa Angkat  
Limbah olahan : Pada keluaran Kolam Pertumbuhan

### 4) Metode Analisis

#### i) BOD (*Biological Oxygen Demand* / Kebutuhan Oksigen Biologi)

BOD adalah Oksigen terlarut yang dikonsumsi oleh karena adanya proses respirasi/pernapasan mikroorganisma aerobik yang hidup didalam air. Pengujian ini dilakukan sesegera mungkin setelah pengambilan sampel.

#### (1) Reagent

##### (a) Larutan Buffer (Larutan A)

Larutkan 21,75 g Potassium phosphat (basis 2), 8,5 g Potassium phosphat (basis 1), 44,6 g Sodium phosphat (basis 2/2 hidrat) dan 1,7 g Ammonium Khlorida dalam air untuk untuk membuat 1 liter larutan dengan pH 7,2.

##### (b) Larutan Magnesium Sulphat (Larutan B)

Larutkan 22,5 g Magnesium Sulphate (7 hidrat) dalam air untuk membuat 1 liter larutan.

##### (c) Larutan Kalsium Khlorida (Larutan C)

Larutkan 27,5 g Kalsium Khlorida (anhidrous) dalam air untuk membuat 1 liter larutan.



- (d) Larutan Ferri Klorida (Larutan D)  
Larutkan 0,25 g Ferri Klorida (hidrat) dalam air untuk membuat 1 liter larutan.
- (e) Asam Klorida (1 + 1)
- (f) Larutan Sodium Hidroksida (4 w/v %)  
Larutkan 4 g Sodium hidroksida dalam air untuk membuat 1 liter larutan.
- (g) Larutan Sodin Sulfit (N/40)  
Larutkan 1,6 g Sodin sulfat anhidrous di dalam air untuk membuat 1 liter larutan. Larutan ini tidak stabil, sehingga harus disiapkan setiap kali sebelum digunakan.
- (h) Potassium Iodida
- (i) Larutan Pengencer/Diluent (Air)  
Atur temperatur air pada harga 20 °C, kemudian aerasi untuk menjenuhkan oksigen terlarut. Pindahkan air tersebut ke dalam botol/tabung gelas, dan tambahkan beberapa mililiter berturut-turut larutan A, B, C, dan D dalam 1 liter air. Larutan ini biasa digunakan sebagai pengencer/diluent (pH larutan ini 7,2, dan jika pH-nya tidak 7,2, tambahkan basa atau asam agar pH menjadi 7,2). Larutan pengencer tersebut dimasukkan dalam botol/tabung inkubator dan harus dijaga selama 5 hari dalam sebuah termostat bersama-sama dengan air uji yang telah diencerkan. Setelah 5 hari, ukur oksigen terlarut dalam larutan pengencer tersebut. Biasanya perbedaan antara harga titrasi yang diperoleh dengan menggunakan larutan sodim sulfat N/40 terhadap larutan pengencer setelah 5 hari dan larutan pengencer sebelum dimasukkan di dalam termostat, harus lebih kecil dari 0,2 ml untuk setiap 200 ml larutan pengencer. Bila perbedaan harga tersebut melebihi 0,2 ml, tidak harus dikurangi dengan harga titrasi air uji yang telah diencerkan, karena bila air uji diencerkan berlebih, laju reaksi biokimia berubah sebanding dengan banyaknya pengenceran air uji tersebut.
- (j) Larutan Pengencer untuk Pembibitan Jasad renik <sup>(26)</sup>  
Dalam kasus pembibitan bakteri <sup>(27)</sup>, disesuaikan dengan jumlah yang disetarakan <sup>(31)</sup> dengan 1 liter larutan pengencer yaitu : 5-10 ml untuk cairan supernatant dari air selokan yang diendapkan dan telah dikondisikan selama 24-36 jam pada temperatur kamar, 10-50 ml untuk air sungai <sup>(29)</sup> dan 20-30 ml untuk ekstrak tanah <sup>(30)</sup>. Larutan pengencer untuk pembibitan bakteri harus disiapkan pada saat akan digunakan.

Catatan :

- (<sup>26</sup>) Bila Jasad renik (aerobic bacillus, mikroorganisma) tidak cukup banyak terdapat dalam air uji, maka harus menggunakan larutan pengencer yang mengandung jasad renik. Larutan ini disebut larutan pengencer untuk pembibitan jasad renik.
- (<sup>27</sup>) Limbah rumah tangga seringkali digunakan sebagai bahan untuk pembibitan jasad renik. Setelah mengkondisikan limbah tersebut pada temperatur 20 °C (temperatur kamar) selama 24-36 jam, cairan supernatannya dapat digunakan. Penggunaan limbah tersebut secara langsung tidak diperkenankan karena masih banyak mengandung nutrisi bagi jasad renik (yang dapat mengoksidasi ion amonium dan ion nitrat) atau tidak memiliki kesetimbangan reaksi biokimia yang memadai. Bila larutan pengencer berupa larutan bibit bakteri, maka perlu dilakukan koreksi. Dalam kasus, dimana harga kebutuhan oksigen terlarut dari larutan pengencer bibit bakteri setelah 5 hari yang diperoleh dari harga pengukuran oksigen terlarut dari larutan bibit bakteri sebelum disimpan dalam termostat dan oksigen terlarut dari larutan bibit bakteri setelah 5 hari tidak perlu dilakukan koreksi. Bila bahan bibit terlalu encer, reaksi biokimia yang normal tidak akan berlangsung. Dalam hal ini operasi berikut ini harus dilakukan. Bahan bibit bakteri harus diencerkan secara tepat dengan larutan pengencer dan beberapa larutan pengencer bibit bakteri yang telah diencerkan harus disiapkan. Ukur oksigen terlarut (B1) sebelum menyimpannya dalam termostat. Setelah menjaganya dalam termostat selama 5 hari ukur kembali oksigen terlarut (B2). Pilihlah harga pengukuran yang berada dalam rentang 40-70 % dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :
- $$(B1 - B2) / B1 \times 100$$
- Untuk harga koreksi yang menggunakan larutan bibit bakteri harus dihitung dengan pernyataan  $(B1 - B2) \times f$ .
- (<sup>28</sup>) Untuk air uji yang tidak menunjukkan harga BOD yang normal bila air selokan digunakan sebagai bahan pembibitan, maka bahan pembibitan lainnya seperti ekstrak tanah atau larutan kultur mikroorganisma yang cocok untuk air uji tersebut perlu disiapkan dalam laboratorium untuk ditambahkan ke air uji tersebut.
- (<sup>29</sup>) Bila air untuk pembibitan diambil dari aliran hilir dimana air limbah dikeluarkan, diharapkan akan diperoleh hasil yang baik. Walaupun, bila air limbah mengandung beberapa material yang secara umum dianggap berbahaya; sungai, danau atau rawa dimana limbah dikeluarkan seringkali mengandung mikroorganisma khusus yang dapat memurnikan air limbah. Oleh karena itu tidak selalu cocok untuk pengujian air limbah menggunakan air saluran umum.

- (<sup>30</sup>) Ambil kira-kira 200 g tanah (tempat tumbuh hidup) tambahkan 2 liter air dan aduk dengan baik. Kemudian ambil cairan supernatant-nya untuk dipakai.
- (<sup>31</sup>) Kuantitas bahan bibit harus disesuaikan sehingga BOD dari bahan bibit di dalam larutan pengencer bibit lebih dari 0,6 ppm.

(2) Peralatan

(a) Botol Inkubasi

Botol bermulut sempit bersuikat dengan kapasitas 100-300 ml. Botol tersebut harus direndam dalam campuran asam khromium, kemudian dicuci dengan air dan dikeringkan.

(b) Inkubator atau Penangas Air

Alat ini diatur temperaturnya pada 20 °C, untuk mencegah asimilasi karbon dioksida pada lumut/alga di dalam larutan pengencer, dan terhindar dari sinar matahari.

(3) Perlakuan Awal Sampel

Bila sampel berupa asam atau basa, atau bila sampel mengandung zat-zat pengoksidasi seperti khlorine, atau sampel mengandung oksigen terlarut atau gas-gas terlarut lewat jenuh, perlakuan awal berikut harus dilakukan:

(a) Sampel mengandung asam atau basa

Netralkan sampel dengan asam khlorida (1 + 11) atau sodium hidroksida (4 w/v %) hingga pH mencapai 7. Kemudian siapkan larutan pengencer bibit dengan pH-nya harus stabil.

(b) Sampel mengandung khlorine

Tambahkan 1 g potassium iodida ke dalam 100-1000 ml air uji, titrasi iodine, hilangkan khlorine dengan larutan sodium sulfit (N/40) sampai titik akhir, gunakan starch sebagai indikator. Setelah mengurangi kadar khlorine dengan penambahan titer larutan sodium sulfit (N/40), jumlahnya bisa ditentukan dari pengujian yang disebutkan di atas, untuk air uji operasi pengenceran biasa dilakukan dengan menggunakan larutan pengencer bibit.

(c) Sampel mengandung oksigen dan gas-gas terlarut lewat jenuh

Bila temperatur standar 20 °C (jumlah oksigen terlarut jenuh 8,84 ppm), air sampel dari air olahan, sungai, danau atau rawa selama musim dingin seringkali menjadi lewat jenuh oleh oksigen dan gas-gas terlarut. Dan juga air yang diambil dari sungai, danau atau rawa mengandung ganggang hijau yang besar kemungkinan menjadi lewat jenuh oleh oksigen terlarut yang dihasilkan dari proses asimilasi. Bila sampel terbut dijaga dalam botol inkubasi, oksigen akan mudah lolos. Sehingga, perlu mengurangi kadar oksigen dan gas-gas terlarut terlebih dahulu hingga di bawah harga jenuhnya berturut-turut dengan pengadukan, aerasi dsb.

#### (4) Operasi Pengujian

Ambil air uji yang telah mengalami perlakuan awal<sup>(32)</sup> dan siapkan beberapa jenis air uji yang telah diencerkan dengan memvariasikan rasio pengenceran tahap demi tahap dalam rentang BOD yang diharapkan<sup>(33)</sup> <sup>(34)</sup> <sup>(35)</sup>. Penyiapan air uji yang telah diencerkan<sup>(36)</sup> harus dilakukan sesuai dengan metode pengenceran biasa<sup>(37)</sup> atau metode pengenceran langsung<sup>(38)</sup>. Oksigen terlarut dalam air uji yang telah diencerkan diukur dengan metode sodium azide Winkler dijelaskan pada 24.3 sebelum disimpan dalam termostat dan setelah membiarkannya selama 5 hari dalam termostat<sup>(39)</sup>. Hitung BOD 5 hari (ppm) dan kebutuhan oksigen selama 15 menit (ppm) dengan rumus berikut :

(a) Tanpa pembibitan  $BOD (ppm) = (D1 - D2) / P$

(b) Bila menggunakan larutan pengencer bibit

$$BOD (ppm) = [(D1-D2)-(B1-B2)Xf] / P$$

(c) Kebutuhan oksigen seketika (15 menit)

$$IOD (ppm) = (Do - D1) / P$$

dimana,

IOD = Kebutuhan oksigen seketika selama 15 menit (ppm)

D1 = Oksigen terlarut dalam air uji yang telah diencerkan selama menit dari penyiapannya (ppm)

D2 = Oksigen terlarut dalam air uji yang telah diencerkan setelah masa inkubasi (ppm)

Dc = Oksigen terlarut dalam air uji yang telah diencerkan sebelum masa inkubasi (ppm) =  $(Do \times p) + (S \times p)$

Do = Oksigen terlarut dalam larutan pengencer sebelum inkubasi (ppm)

P = Rasio larutan pengencer dalam air uji yang telah diencerka

- p = Rasio air uji asli dalam air uji yang telah diencerkan
- B1 = Oksigen terlarut dalam larutan pengencer bibit sebelum inkubasi pada pengukuran BOD dari bahan pembibitan (ppm)
- B2 = Oksigen terlarut dalam larutan pengencer bibit setelah inkubasi (ppm)
- f = Rasio kandungan (%) dari cairan bibit dalam air uji yang telah diencerkan terhadap kandungan (%) cairan bibit dalam larutan pengencer bibit yang telah diencerkan (x/y)  
 x : rasio kandungan cairan bibit di dalam air uji yang telah diencerkan (%)  
 y : laju pengenceran pada pengukuran BOD dari cairan bibit (%)

#### Catatan

- (<sup>32</sup>) Sewaktu penghilangan zat-zat seperti sulfida, sulfit, dan garam-garam besi yang berkaitan dengan kebutuhan oksigen selama 15 menit harus dibedakan dengan BOD. Kebutuhan oksigen selama 15 menit diukur sebagai berikut; Setelah mengukur oksigen terlarut di dalam air uji dan larutan pengencer berturut-turut, encerkan air uji dengan larutan pengencer dengan rasio tertentu dan biarkan selama 15 menit. Kemudian ukur oksigen terlarut (D1). Hitung oksigen terlarut dalam air uji yang telah diencerkan (Dc) dari harga pengukuran terdahulu untuk oksigen terlarut (ppm) dalam air uji dan larutan pengencer. Kemudian kebutuhan oksigen selama 15 menit harus dihitung menurut (4)(c) dalam pengujian.
- (<sup>33</sup>) Untuk mendapatkan sampel dengan harga BOD yang normal, kebutuhan oksigen dalam air uji yang telah diencer (20 °C, 5 hari) harus berada pada rentang 3,5 - 6 ppm. Bila pengenceran tidak cukup akibatnya oksigen terlarut sisa menjadi lebih kecil dari 1 ppm, atau bila pengenceran berlebih bahwa kebutuhan oksigen terlarut menjadi lebih kecil dari 2 ppm, hasil yang salah mungkin akan diperoleh.
- (<sup>34</sup>) Bila air uji yang telah diencerkan dengan rasio pengenceran yang lebih tinggi, karena masih tersisanya air uji di dalam tabung selinder, maka waktu dan tenaga dapat dihemat.
- (<sup>35</sup>) Bila air uji akan diencerkan lebih dari 100 kali, air uji harus dipindahkan ke labu ukur lainnya dan harus diencerkan dengan tepat. Kemudian dilakukan operasi pengenceran biasa.
- (<sup>36</sup>) Bila beberapa air uji yang telah diencerkan dengan rasio pengenceran yang berbeda-beda pada sampel yang sama disiapkan, pengukuran kebutuhan oksigen selama 15 menit untuk air uji yang telah disiapkan tersebut dapat dilakukan dengan mengabaikan kekurangan zat-zat yang tidak dikandung dalam sampel yang dibutuhkan untuk operasi pengujian, agar menghemat waktu dan tenaga. Dalam hal ini, ukur oksigen terlarut dalam air uji dan larutan pengencer atau

larutan pengencer bibit sendiri, dan hitung D1 untuk setiap air uji yang telah diencerkan. Pindahkan air uji yang telah diencerkan ke dalam botol inkubasi berturut-turut, dan biarkan selama 5 hari dalam termostat. Kemudian ukur oksigen terlarut dalam air yang telah diencerkan dan hitung D2.

(<sup>37</sup>) Metode Pengenceran Biasa

Perlahan-lahan masukkan larutan pengencer ke dalam labu ukur 2 liter dengan menggunakan siphon, kira-kira setengah dari kapasitas labu, hati-hati jangan sampai terbentuk gelembung-gelembung, dan tambahkan air uji, campur dengan baik dan encerkan dengan larutan pengencer atau larutan pengencer bibit untuk membuat 2 liter larutan. Untuk membuat air uji yang diencerkan menjadi homogen, sebaiknya gunakan batang pengaduk dengan ujung berbentuk pipih yang dapat bergerak ke atas dan ke bawah tanpa menimbulkan gelembung. Siapkan 4 botol inkubasi, air uji yang telah diencerkan ke dalamnya dengan menggunakan siphon dan sumbat hingga rapat. Salah satu botol digunakan untuk penentuan oksigen terlarut di dalam air uji yang telah diencerkan sebelum inkubasi (diukur dengan metode sodium azide Winkler). Sedangkan 3 botol lainnya disumbat dengan karet, dan diselimuti dengan air yang dimasukkan ke dalam cangkang, kemudian direndam dalam tangki air. Pindahkan botol yang telah disegel atau tangki air dengan botol-botol tersebut ke inkubator, atur pada 20 °C dan biarkan selama 5 hari. Ketiga sampel tersebut digunakan pada penentuan oksigen terlarut.

(<sup>38</sup>) Metode Pengenceran Langsung

Siapkan 4 botol inkubasi yang memiliki kapasitas yang akurat, dan ke dalam tiap-tiap botol masukkan setengah dari kapasitasnya larutan pengencer atau larutan pengencer bibit. Kemudian air uji, yang volumenya dihitung dari kapasitas botol, ditambahkan sesuai dengan rasio pengenceran. Bagian dari botol yang kosong diisi dengan larutan pengencer atau larutan pengencer bibit. Selama operasi ini, hal yang perlu diperhatikan adalah jaga jangan sampai terbentuk gelembung-gelembung. Setelah disumbat, lakukan operasi yang sama seperti pada alinea sebelumnya.

(<sup>39</sup>) Air uji yang telah diencerkan dengan kebutuhan oksigen terlarut selama 5 hari berada dalam rentang 3,5 - 6 ppm akan diambil dan dipakai untuk perhitungan BOD.

## Keterangan

### 1. Penyiapan Bahan Bibit

Untuk menguji kultur mikroorganisma yang dianggap dapat dipakai untuk air limbah atau tingkat pengaruhnya terhadap aksi biokimia pada air limbah, sebaiknya dilakukan metode berikut;

Pindahkan 5 liter air limbah ke dalam tangki gelas (6 liter), dan atur pH kira-kira 7 dengan larutan sodium hidroksida (4 w/v %) atau dengan asam klorida (1 + 11). Kemudian tambahkan 100-300 ml larutan bibit seperti air selokan atau air sungai yang banyak mengandung mikroorganisma, dan 10-50 ml larutan buffer (larutan A). Setelah ini aduk dengan baik, ambil sampel dan ukur kebutuhan oksigen dengan menggunakan potasium permanganat atau potasium dikromat pada 100 °C. Kemudian aerasi air limbah selama 24-28 jam secara sinambung, ambil lagi sampel dan ukur kebutuhan oksigennya dengan menggunakan potasium permanganat atau potasium dikromat pada 100 °C. Kemudian lakukan aerasi selama 24-28 jam secara sinambung, ambil 3 sampel lagi dan ukur kebutuhan oksigennya dengan menggunakan potasium permanganat atau potasium dikromat pada 100 °C.

Bila ada tanda-tanda perubahan dari pengamatan terhadap harga pengukuran, pertimbangkan bahwa aksi biokimia berlangsung dalam air limbah dan biarkan organisme berkembang dalam air limbah. Jika tak ada tanda-tanda perubahan, mula-mula air limbah diencerkan dengan larutan pengencer, dan setelah penambahan bibit bakteri air selokan, aerasi selama 24-28 jam. Kemudian ukur perubahan kebutuhan oksigen dengan menggunakan potasium dikromat dan adanya zat-zat terapung sebelum dan sesudah operasi dalam cara yang sama seperti yang telah ditentukan sebelumnya. Jika ada perubahan berarti seperti menurunnya kebutuhan oksigen atau meningkatnya zat-zat terapung dari hasil percobaan, berarti bahwa reaksi biokimia aktif didalam sampel. Berdasarkan komposisi dari bahan organik dalam air limbah, prosedur tersebut akan dilanjutkan lebih dari 1 minggu. Dan bila ada perubahan kebutuhan oksigen yang diukur dengan menggunakan potasium dikromat teramati jika jumlah air limbah yang diambil pada saat awal dibuat lebih kecil dari 10 %, maka perlu meningkatkan rasio air limbah terhadap larutan pengencer secara bertahap. Dalam hal ini, larutan disiapkan dengan membiakkan organisma yang terkondisi di dalam air limbah yang berada di dalam tangki akan digunakan untuk pengujian BOD dari air limbah sebagai larutan bibit.

2. Metode pengujian karena adanya zat toksik/racun dalam larutan pengencer atau larutan pengencer bibit, atau metode untuk penentuan operasi pengujian BOD. Pengujian BOD berdasarkan pada reaksi biokimia, sehingga hasilnya sangat dipengaruhi oleh keberadaan zat-zat racun atau zat bibit inert. Air distilat yang digunakan untuk larutan pengencer harus bebas dari ion logam seperti tembaga, timbal, timah, dan seng. Dengan kata lain, beberapa jenis zat-zat bibit tak dapat digunakan sebagai bibit. Sangat disarankan untuk menggunakan metode berikut untuk menguji kesesuaian dari zat-zat bibit atau kesalahan-kesalahan dalam operasi pengujian.

Pindahkan 5-10 ml larutan standar glukosa dan asam glutamat (larutkan 150 mg glukosa dan 150 mg asam glutamat ke dalam air, pindahkan lagi ke dalam gelas ukur 1 liter dan tambahkan air hingga tanda batas) ke dalam botol inkubasi 300 ml (bila kapasitas botol 100 ml, ambil 1/3 dari jumlah yang disebutkan di atas). Lalu isi dengan larutan pengencer dan sumbat hingga rapat. Kemudian biarkan selama 5 hari pada 20 °C dan ukur BOD 5 hari. BOD dari larutan standar ini adalah  $220 \pm 10$  ppm. Bila penyimpangan terhadap harga tersebut sangat besar, berarti kualitas dari larutan pengencer atau aktivitas zat-zat bibit tersebut meragukan. Jika penyimpangan di atas 20 ppm ada lebih besar dari 5 % dari seluruh pengujian, maka metode pengujian perlu diperiksa untuk diadakan perbaikan.

ii) Kebutuhan Oksigen Diukur dengan Potasium dikromat (CODcr)

Metode ini adalah bahwa kebutuhan oksigen dapat ditentukan oleh titrasi kelebihan asam dikromat yang dihasilkan oleh pendidihan larutan yang disiapkan dengan penambahan sejumlah tertentu potasium dikromat dan asam sulfat ke dalam air uji pada kondensor refluks dengan ferri ammonium sulfat.

Dengan metode ini 80-100 % dari bagian terbesar zat-zat organik dapat diuraikan. Meskipun, senyawa alifatik rantai lurus, hidrokarbon aromatik, senyawa nitrogen siklik seperti pyridine hampir tidak dapat diuraikan.

Bila perak sulfat ditambahkan sebagai katalis, laju penguraian untuk alkohol alifatik rantai lurus dan asam-asam, dsb meningkat tajam dan untuk senyawa nitrogen siklik seperti pyridine, metode ini kurang efektif. Juga ion-ion dari klorida, bromida, iodida yang bereaksi dengan perak membentuk endapan dan produk sampingan, sedikit dioksidasi. Bila ion klorida berikatan dapat dibebaskan dengan penambahan merkuri sulfat.

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi dari penghilangan zat-zat anorganik seperti nitrit, garam besi, sulfida dsb termasuk dalam kebutuhan oksigen. Operasi harus dilakukan dengan larutan potasium dikromat N/4 untuk air uji lebih dari 50 ppm, dan dengan larutan potasium dikromat untuk air uji kurang dari 50 ppm.



Untuk air uji dimana kebutuhan oksigen lebih kecil dari 10 ppm, harga pendekatan dapat diperoleh tetapi hasil yang akurat tidak dapat diharapkan.

(1) Reagent

- (a) Air  
Gunakan air distilat
- (b) Larutan Asam Sulfat-Perak Sulfat  
Larutkan 11 g perak sulfat dalam 1 liter larutan asam sulfat. Ini memerlukan 1-2 hari untuk melarut secara sempurna (Hal ini mungkin dapat dilarutkan dengan pemanasan).
- (c) Merkuri Sulfat
- (d) Larutan Potasium Dikhromat (N/40)  
Timbang 1,23 g potasium dikhromat dan larutkan dalam air untuk membuat 1 liter larutan.
- (e) Larutan Garam Besi O-Phenanthrone  
Larutkan 1,48 g O-Phenanthroline (monohidrat) dan 0,70 g Besi Sulfat (7 hidrat) dalam air untuk membuat 100 ml larutan.
- (f) Larutan Potasium Dikhromat N/4  
Terlebih dahulu gerus potasium dikhromat (standar reagent) di dalam lumpang mortar, kemudian kerlingkan selama 3-4 jam pada 100-110 °C dan biarkan mendingin dalam desikator asam sulfat. Timbang dengan akurat 12,6 g  $K_2Cr_2O_7$  100 % dan larutkan dalam air. Pindahkan larutan ke labu ukur 1 liter dan tambahkan air hingga tanda batas.  
1 ml larutan ini sebanding dengan 2 mg oksigen (O).
- (g) Larutan Besi Ammonium Sulfat N/4  
Larutkan 100 g besi ammonium sulfat (6 hidrat) dalam 500 ml air yang telah dipanaskan dan didinginkan, dan tambahkan 20 ml asam sulfat, setelah pendinginan dan tambahkan air untuk membuat 1 liter larutan. Larutan ini harus distandarkan setiap kali, sebelum dipakai.

Standardisasi

Ambil secara akurat 10 ml larutan potasium dikhromat N/4 (untuk standarisasi) dalam labu kerucut dan tambahkan 20 ml asam sulfat dan setelah pendinginan tambahkan 2-3 tetes larutan garam besi o-phenanthroline sebagai indikator. Kemudian titrasi dengan larutan besi ammonium sulfat hingga warna larutan berubah dari hijau kebiruan menjadi coklat kemerahan. Faktor dari larutan ini dapat dihitung dari jumlah mililiter (x) dari larutan besi ammonium sulfat N/4 yang dibutuhkan untuk titrasi.

$$f = x / 10$$

- (h) Larutan Potasium Dikhromat (N/4)  
Ambil 12,3 g potasium dikhromat dan larutkan dalam air untuk membuat 1 liter larutan.

(2) Peralatan

- (a) Kondensor Refluks Liebig  
Tabung dengan panjang 300 mm, dilengkapi dengan sambungan gelas yang dapat dilepas.
- (b) Labu Kerucut  
Memiliki kapasitas 250 ml, dengan sambungan gelas yang dapat dilepas.

(3) Operasi

Ambil sejumlah tertentu (<sup>19</sup>) air uji dalam sebuah labu kerucut yang mengandung 0,4 g merkuri sulfat (<sup>20</sup>) dan tambahkan air untuk membuat 20 ml larutan dan kocok dengan baik. Tambahkan 10 ml potasium dikhromat N/4 (<sup>21</sup>), dan tambahkan dengan hati-hati 30 ml larutan asam sulfat-perak sulfat. Aduk dengan baik, masukkan batu didih ke dalamnya (<sup>22</sup>).

Pasang kondensor refluks Liebig pada labu, dan panaskan (<sup>23</sup>) selama 2 jam (<sup>24</sup>), setelah itu larutan menjadi dingin, cuci permukaan dalam kondensor dengan air kira-kira 10 ml, dan biarkan air cucian mengalir ke dalam labu. Selanjutnya encerkan dengan air untuk membuat 100 ml larutan. Tambahkan 2-3 tetes larutan garam besi O-Phenanthroline sebagai indikator dan titrasi kelebihan asam khromat dengan larutan besi ammonium sulfat hingga warna larutan berubah dari hijau kebiruan menjadi coklat kemerahan (<sup>25</sup>). Selain pengujian ini, pengujian kosong harus dilakukan dengan cara yang sama seperti dijelaskan di atas.

Kebutuhan oksigen diukur dengan potasium dikhromat dihitung dengan rumus berikut :

$$O = (a - b) \times f \times 1000/V \times 2$$

dimana,

- O = Kebutuhan oksigen diukur dengan potasium dikhromat (O) (ppm)
- a = Jumlah larutan besi ammonium sulfat yang dibutuhkan pada uji kosong (ml)
- b = Jumlah larutan besi ammonium sulfat yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

f = Faktor larutan besi ammonium sulfat

V = Jumlah air uji (ml)

Catatan,

(<sup>19</sup>) Ambil air uji untuk membuat larutan potasium dikromat berlebih (N/4), setelah itu dididihkan selama 2 jam, lebih dari setengah dari jumlah semula yang ditambahkan, dan tambahkan air untuk membuat larutan menjadi 20 ml. Bila jumlah sampel air uji divariasikan pada rentang 10-50 ml, jumlah penambahan reagent dan jumlah larutan sebelum titrasi harus divariasikan seperti ditunjukkan pada tabel 7. Sebuah labu kerucut 500 ml harus digunakan bila jumlah keseluruhan air uji melebihi 50 ml.

Tabel 7 Jumlah Penambahan Reagent Bila Jumlah Air Uji Bervariasi

Jumlah Air Uji (ml)	Larutan Potassium Dikhromat (N/4 atau N/40) (ml)	Larutan Asam sulfat dan Perak sulfat (ml)	Merkuri Sulfat (g)	Jumlah Total sebelum titrasi (ml)
10	5	15	0,2	70
20	10	30	0,4	140
30	15	45	0,6	210
40	20	60	0,8	280
50	25	75	1,0	350

Bila jumlah air uji berbeda dengan yang dijabarkan pada tabel 7, diperlukan pengaturan secara proposional. Dalam kasus titrasi dengan N/4 besi ammonium sulfat, sebaiknya digunakan buret mikro.

#### Catatan

- (<sup>20</sup>) Pita penutup dapat digunakan hingga kandungan khlorin 40 mg (2000 ppm). Tetapi bila jumlah ion klorin lebih dari 40 mg perlu ditambahkan merkuri sulfat dengan perbandingan  $\text{HgSO}_4 : \text{Cl} = 10 : 1$ .
- (<sup>21</sup>) Bila kebutuhan oksigen dari air uji kurang dari 50 ppm, larutan potassium bikromat perlu digunakan dan titrasi perlu dilakukan dengan N/40 besi ammonium sulfat.
- (<sup>22</sup>) Dalam hal ini air uji tidak perlu diaduk, dapat dipanaskan secara parsial dari dasar labu, dan dapat didinginkan di tabung kondenser.
- (<sup>23</sup>) Kalau air limbah yang kebutuhan oksigennya mencapai maksimum dalam waktu 2 jam, maka sebaiknya waktu pemanasan dapat dipersingkat sesuai kebutuhan.
- (<sup>24</sup>) Jaket pemanas, piringan pemanas atau kabel tipis dengan asbes sebaiknya digunakan pada proses pemanasan.
- (<sup>25</sup>) Meskipun jumlah penambahan garam besi o-phenanthrolin pada saat titrasi hampir tidak berpengaruh pada penitrasi, tetapi sedapat mungkin dijaga konstan. Pada titrasi ini diperlukan pencampuran dengan pengocokan. Bila pencampuran kurang baik, warna merah kebiruan yang dihasilkan dalam larutan tidak hilang dan ini kadang-kadang memberikan nilai yang berlebihan. Umumnya titik akhir pada saat warna berubah menjadi coklat kemerahan lebih mudah dilihat daripada merah kebiruan. Walaupun warna berubah menjadi coklat kemerahan, kadang-kadang berubah lagi menjadi merah kebiruan. Karena itu titik dimana warna pertama kali berubah menjadi coklat kemerahan dianggap sebagai titik akhir.

#### iii) Zat Tersuspensi

Zat tersuspensi adalah bahan yang dapat dipisahkan dengan filtrasi atau dengan alat pemisah sentrifugal. Ini dapat ditentukan dengan beberapa metode berikut. Bila air uji sulit disaring, gunakan metode pemisah sentrifugal, dan bila air uji mengandung jumlah zat tersuspensi yang besar diluar kebiasaan, gunakan metode cerobong Buchner (*Buchner funnel method*).

Air uji bisa diambil dari air limbah yang melewati ayakan 2 mm-mesh. Batas pengurangan terbesar dari ketentuan adalah sebesar 5 mg.

(1) Metode Filter Sintered Glass

(a) Alat

Filter Sintered Glass

Sebuah Filter Sintered Glass 1G2 jenis crucible atau Filter Sintered Glass 3G2 jenis cerobong Buchner.

(b) Operasi

Siapkan dua buah filter sintered glass dari jenis yang sama dan kira-kira mempunyai berat yang sama, letakkan enam lembar kertas filter ke dalamnya secara berurut dan tuangkan air beberapa saat untuk melekatkannya pada penghisapan. Lalu pindahkan filter ke dalam oven dan keringkan selama dua jam pada suhu 105-110 °C. Dinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga beratnya konstan (bila digunakan kesetimbangan kimia, filter yang ringan dapat digunakan sebagai berat tambahan). Lalu tuangkan air uji dalam jumlah tertentu ke dalam filter yang lebih berat <sup>(10)</sup>, lalu saring melalui penghisapan, dan larutkan zat yang melekat di dinding filter dengan cairan yang melewati filter (filtrat) beberapa kali. Selanjutnya tuangkan filtrat ke dalam filter yang lebih ringan beberapa kali dan saring melalui penghisapan. Keringkan kedua filter dalam oven selama dua jam pada 105-110 °C, dan dinginkan dalam desikator. Timbang tiap filter (bila digunakan kesetimbangan kimia, filter yang ringan dapat digunakan sebagai berat tambahan), diperoleh selisih berat sebelum dan sesudah filtrasi dan hitung jumlah zat tersuspensi dalam ppm menggunakan persamaan,

$$S = (a - b) \times 1000/V$$

dimana, S : Zat tersuspensi (ppm)

a : Selisih berat sebelum dan sesudah filtrasi dari air uji (mg)

b : Selisih berat sebelum dan sesudah filtrasi dari filtrat (mg)  
(Jika digunakan kesetimbangan kimia, b = 0)

V : Volume air uji (ml)

Catatan .

<sup>(10)</sup> Gunakan air uji sedemikian sehingga zat tersuspensi setelah pengeringan lebih dari 5 mg. Umumnya, 20 ml air uji dianggap cukup.

Walaupun, air uji agak sukar disaring, tambahkan 10 ml tiap air yang akan diuji dari 10 ml gelas ukur, sesaat sebelum air uji akan difiltrasi.

Hentikan penambahan air yang diuji jika laju filtrasi menurun hampir berhenti dan jadikan total jumlah air uji yang ditambahkan sebagai jumlah air uji.

#### Keterangan

1. Dalam kasus penentuan hilang bakar (*ignition loss*) dari zat tersuspensi yang mudah menguap, pengujian dapat dilakukan sesuai dengan metode GFP yang dijelaskan pada Keterangan 3, atau setelah pelarutan zat tersuspensi bersama dengan kertas saring dalam wadah atau tempat penguapan sebanyak mungkin, lalu keringkan dan bakar dalam tungku saring (*muffle furnace*).
2. Jika sisa penguapan yang larut kurang dari 5000 ppm, koreksi yang diperoleh pada selisih berat dari filtrat sebelum dan sesudah filtrasi dapat diabaikan. Walaupun, bila kesetimbangan kimia dipakai filter yang ringan dapat digunakan sebagai tambahan berat, sehingga filtrasi dari filtrat bisa dilaksanakan dalam waktu yang sama

Bahkan jika dilakukan pembacaan timbangan langsung, berat yang diperoleh akan bervariasi sesuai dengan sifat higroskopik dari zat dalam air uji dan kondisi lain, jadi disimpulkan koreksi dilakukan dengan mendapatkan nilai uji blangko melalui filter dimana filtrat dilewatkan. Dalam hal pengetesan air yang mengandung banyak lemak, minyak, zat lilin, dan lain-lain, sebagian zat-zat ini dapat ditentukan sebagai zat tersuspensi.

Bila penentuan zat tersuspensi khususnya lemak dan minyak yang diperlukan, tuangkan 10 ml n-hexana beberapa kali dalam filter yang telah dikeringkan dan ditimbang setelah filtrasi dan cuci lemak dan minyaknya. Kemudian keringkan filter dan timbang di timbangan.

#### 3. Metode Glass Fiber Paper (GFP Method)

Letakkan GFP yang sesuai (Whatman GF/B atau sejenisnya) dan diketahui beratnya, yang telah dikeringkan pada suhu 105-110 °C selama 2 jam setelah dicuci, pada sebuah Nutsche atau piringan filter pendukung yang tepat, lalu tuangkan air uji dalam jumlah yang tepat ke dalamnya untuk membuat berat zat tersuspensi setelah pengeringan lebih dari 5 mg dan setelah filtrasi melalui penghisapan, masukkan kembali satu bagian filtrat ke dalam wadah uji yang sebenarnya. Lalu larutkan zat tersuspensi yang melekat pada dinding wadah dan saring di GFP dengan penghisapan kembali. Ulangi langkah ini beberapa kali dan isap air air sebanyak-banyaknya. Kemudian, lepaskan GFP dari filter dan pindahkan pada gelas air dan sejenisnya, Lalu lakukan sesuai seperti yang

dijelaskan di iii) (1) (b) dan mendapatkan ppm dari zat tersuspensi. Sesudah penentuan zat tersuspensi, tentukan sisa pembakaran pada zat tersuspensi, jika diperlukan, berdasar pada pengoperasian yang dijelaskan pada 10.2 (2)

#### iv) Pengujian Bakteri

Pengujian bakteri dilakukan pada sejumlah bakteri yang umum atau coliform. Pengujian ini sebaiknya, dilakukan secepatnya setelah pengambilan sampel. Jika tidak memungkinkan, sampel sebaiknya disimpan di tempat yang gelap pada suhu 1 - 5 °C dalam waktu 9 jam sebelum pengujian.

##### (1) Pengambilan Sampel

###### (a) Alat

###### a. Botol Sampel

Botol kaca bersumbat berukuran 100 ml. Sterilkan dengan uap panas kering, sesuai penjelasan (2) (c) a. atau sterilisasi dengan uap tekanan tinggi seperti penjelasan (2) (c) b. dan tutup bagian atas dengan kertas perak/timah atau kertas sulfat <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>. Jaga botol sampel ini jangan sampai terkontaminasi.

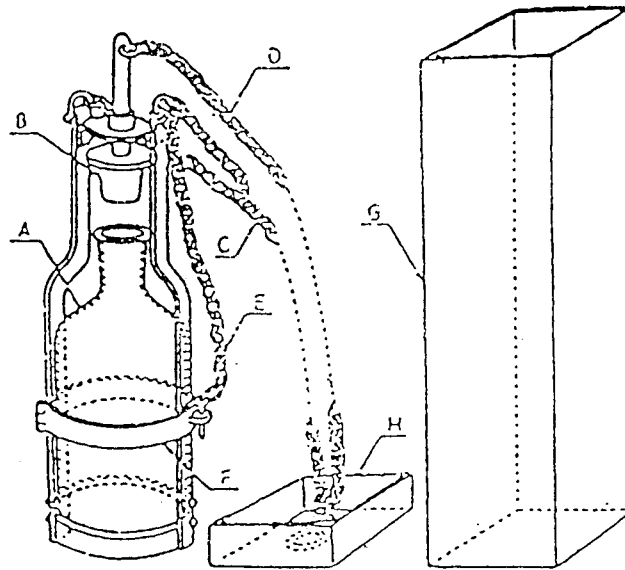
###### b. Pengambil Sampel Air

Jenisnya adalah Heyroth. Sterilkan dengan uap tekanan tinggi seperti penjelasan (2) (c) b. Lalu simpan dalam kotak yang mudah dipindahkan (portabel). Pengambil sampel ditunjukkan dalam gambar

##### Catatan

- (<sup>1</sup>) Dalam kasus dimana pengujian dilakukan segera setelah pengambilan sampel, sebuah tabung uji besar (kira-kira berdiameter 25 mm dan tinggi 230 mm) berpenyumbat katun atau tutup, bisa digunakan sebagai pengganti botol sampel. Dalam hal ini, digunakan sterilisasi panas kering dalam tabung pengetes besar dengan penyumbat katun atau tutup.
- (<sup>2</sup>) Sebagai botol sampel, botol polyetilen untuk pengujian bakteri yang disterilkan dengan udara bisa digunakan.

## Contoh Botol Sample



- A : Botol sampel (100 - 120 ml)
- B : Tutup sampel
- C : Rantai
- D : Rantai pembuka tutup
- E : Rantai pengikat logam
- F : Pelat penyangga botol
- G : Kotak portabel
- H : Tutup kotak

### (b) Pengambilan Sampel

Ambil sampel dari botol sampel yang sudah disterilkan (<sup>3</sup>).

- a. Pengambilan sampel dari permukaan air  
Ambil air dari permukaan sungai atau saluran air langsung ke botol sampel.
- b. Pengambilan sampel dari kedalaman tertentu  
Ambil air dari kedalaman tertentu dengan menggunakan pengambil air sampel jenis Heyroth.
- c. Pengambilan sampel dengan pompa.

Dalam kasus pengambilan sampel dari pompa, ambil sampel dengan botol sampel setelah air dikeluarkan secukupnya dari pipa hisapan pompa.



d. Pengambilan sampel dari air keran.

Mula-mula sterilkan keran dengan sterilisasi api dalam (2) (c) d., lalu buka keran, setelah air dikeluarkan secukupnya masukkan air dalam botol sampel.

#### Catatan

(<sup>3</sup>) Dalam kasus pengambilan sampel yang mengandung zat terokdasi seperti sisa khlorin, masukkan 20-50 mg sodium tiosulfat 5- hidrat (serbuk) ke dalam botol sampel, dan pakai sterilisasi uap tekanan tinggi dalam (2) (c) b.

(2) Jumlah Bakteri Biasa

Bakteri biasa dipelihara pada suhu  $25 \pm 1$  °C untuk  $24 \pm 2$  jam menggunakan kultur media agar-agar standar, diperoleh sejumlah bakteri pada kultur media, dan dinyatakan sebagai sejumlah bakteri biasa dari jumlah bakteri dalam 1 ml sampel.

(a) Reagen dan Kultur Media

a. Air

Air suling dijelaskan dalam (8) (a) 2. Tinjauan Umum, atau air dari penukar ion dijelaskan dalam (8) (b) 2. Tinjauan Umum. Gunakan air ini untuk mempersiapkan reagen dan kultur media yang digunakan dalam tes.

b. Air Pelarut

Gunakan air sumur yang bagus mutunya, air kota (gunakan dengan mengurangi chlorine tersisa) atau larutan fisiologikal sodium klorida [larutan sodium klorida (0.85 W/V%)]. Mula-mula lakukan sterilisasi uap tekanan tinggi dijelaskan dalam (2) (c) b. selama 15 menit

c. Air Pelarut Buffer Fosfat

Larutkan 34 g potasium dihidrogenfosfat dalam 500 ml air, tambahkan, beberapa tetes, pada larutan ini larutan sodium hidroksida (1 N) untuk mengatur pH hingga 7.2 dan tambahkan air bebas karbondioksida seperti dijelaskan dalam (8) (d) 2. Tinjauan Umum, untuk membuat jumlah total 1 liter. Ambil 1.25 ml larutan ini, dan larutkan dengan air sampai volume 1 liter. Mula-mula, lakukan sterilisasi uap tekanan tinggi dijelaskan dalam (2) (c) b. selama 15 menit.

#### d. Kultur Media Agar-Agar Standar.<sup>(4)</sup>

Tambahkan 5 g pepton (gunakan pepton dari hidrolisa pankreas dari kasein), 2.5 ekstrak ragi (serbuk), 1 g glukosa dan 10-15 g agar (serbuk) ke dalam 1 l air, kemudian panaskan sampai larut. Atur pH hingga  $7.0 \pm 0.1$  setelah sterilisasi <sup>(5)</sup>, salurkan ke dalam tabung uji atau gelas kimia, lakukan sterilisasi uap tekanan tinggi di (2) (c) b. selama 15-20 menit, atau sterilisasi uap di (2) (c) c dan simpan di tempat yang dingin dan gelap.

#### Catatan

- (<sup>4</sup>) Serbuk kultur media yang ada di pasaran dapat dipergunakan (mengacu pada Keterangan 1)
- (<sup>5</sup>) Saat kultur media disterilkan, terjadi penurunan pH dalam berbagai kasus. Biasanya, penurunan pH oleh sterilisasi antara 0.1 sampai 0.2, namun dapat mencapai 0.4. Untuk itu pengaturan pH sebelum sterilisasi lebih tinggi dari pH tertentu antara 0.1-0.2. Jika nilai pH setelah sterilisasi tidak dalam rentang nilai tertentu, atur pH lebih lanjut untuk melakukan sterilisasi. Untuk pengaturan pH gunakan larutan sodium hidroksida (0.4 W/V%) atau HCl (1+100) atau sejenisnya.

#### (b) Alat dan Perlengkapan

##### a. Pipet Ukur

1 ml. Bungkus dengan kertas sulfat, letakkan dalam kotak pipet steril, buat petunjuk di atasnya, dan lakukan sterilisasi udara kering dalam (2) (c) a.

##### b. Botol Pelarut

Botol gelas dengan tutup, penyumbat tabung tes dari katun atau gelas Erlenmeyer yang mempunyai kapasitas tidak kurang dari dua kali air jumlah air digunakan. Dalam kasus lain, gunakan sterilisasi udara panas kering pada (2) (c) a. Jika dihasilkan skala 9 ml atau 99 ml, ini sesuai pula pada kasus dimana air pelarut dimasukkan terlebih dahulu.

##### c. Cawan Petri

Terbuat dari kaca dengan diameter kira-kira 90 mm dan tinggi 15 mm. Masukkan ke dalam kotak sterilisasi dengan dibungkus kertas sulfat atau sejenisnya, dan gunakan sterilisasi udara kering seperti pada (2) (c) a. Cawan petri terbuat dari plastik disterilisasi yang ada di pasaran juga bisa digunakan.

d. Gelas Kimia

300-500 ml dan 1-2 liter. Gunakan untuk penyiapan kultur media dan air pelarut. Lakukan mula-mula sterilisasi udara kering dalam (2) (c) a. atau sterilisasi uap tekanan tinggi dijelaskan pada (2) (c) b. dengan penyumbat katun.

e. Kapas

Gunakan sumbat kapas untuk tabung uji dan gelas kimia. Kapas yang berkualitas baik mempunyai serat panjang dan tidak mudah putus.

f. Cultivator (Inkubator)

Alat ini dapat diatur pada temperatur  $36 \pm 1$  °C.

g. Alat Pensteril Udara Kering

Alat ini dapat diatur pada temperatur 160 - 200 °C

h. Alat Pensteril Uap Tekanan Tinggi

Alat ini mampu memanaskan hingga temperatur 121 °C atau lebih dan digunakan pada tekanan dalam bejana sekitar 2 kgf/cm<sup>2</sup> (196 kPa).

i. Alat Pensteril Tekanan Biasa

Alat ini bisa untuk melakukan sterilisasi uap pada 100 °C di bawah tekanan biasa (101 kPa).

Sterilisasi tekanan tinggi pada point h. dapat digunakan di bawah tekanan biasa (101 kPa).

(c) Metode Sterilisasi

a. Sterilisasi Panas Kering

Alat pensteril Udara Kering bisa digunakan dalam sterilisasi udara panas kering dan sterilisasi bisa dilakukan pada 170 °C selama 1 jam. Bila dilengkapi termometer perekam otomatis dan temperatur dalam alat pensteril seragam, ini bisa mencapai 160 °C. Sterilisasi peralatan gelas bisa dilakukan dengan metode ini.

b. Sterilisasi Uap Tekanan Tinggi

Alat pensteril uap tekanan tinggi bisa digunakan untuk sterilisasi uap tekanan tinggi dan jika tidak dijelaskan, sterilisasi bisa dilakukan pada 121 °C selama 30 menit. Sterilisasi kultur media, air pelarut, botol

sampel mengandung sodium tiosulfat, kultur media setelah pemakaian dan sejenisnya bisa dilakukan dengan metode ini.

c. Sterilisasi Uap

Pensteril tekanan biasa dapat dipergunakan untuk sterilisasi uap. Sterilisasi dapat dilakukan sekali sehari pada 100 °C dalam 15-30 menit dibawah tekanan biasa (101 kPa) dan diulangi sampai tiga kali (selama 3 hari). Hal ini disebut sterilisasi sekejap (*intermittent sterilization*). Dalam kasus dimana zat seperti agar-agar kultur media ditambah gula yang mungkin rusak oleh pemanasan dan tidak mungkin mempergunakan sterilisasi uap tekanan tinggi, metode ini digunakan. Selanjutnya, bila pensteril uap tekanan tinggi tidak tersedia, digunakan metode ini.

d. Sterilisasi Api

Sterilisasi pada mulut tabung uji dan gelas kimia yang berisi air pelarut dan kultur media bisa dilakukan dengan metode ini. Segera setelah melepas penyumbat tabung uji atau gelas kimia dan segera sebelum penyumbatan setelah selesai operasi pengolahan, mulut tabung uji dan gelas kimia diletakkan ke api, diputar secara miring dan disterilkan sebentar.

(d) Metode Desinfektan

- a. Sebelum dan sesudah operasi pengujian, cuci hamakan jari tangan dan alat-alat pendukung. Untuk mendesinfeksi jari tangan, gunakan larutan sabun kresol (1V/V%), larutan sabun kation (0,1 - 1 W/V%) atau alkohol untuk desinfeksi [etanol (70V/V%)]. Untuk alat pendukung, semprot dengan larutan sabun kation (1 W/V%), larutan fenol (3 - 5 W/V%) atau sejenisnya, atau bersihkan dengan kain basah dengan larutan ini untuk desinfeksi.
- b. Rendam alat-alat yang telah digunakan seperti pipet, botol sampel, botol pelarut dan sebagainya ke dalam larutan desinfektan seperti larutan sabun kresol (3-5 W/V%) selama sehari, dan kemudian cuci bersih dengan air hingga desinfektan bersih seluruhnya.
- c. Lakukan sterilisasi uap tekanan tinggi seperti dalam (2, (c) b. pada tabung uji, cawan petri dan sebagainya setelah menjalani tes inkubasi bersama kultur media, dan setelah kultur media dibuang, cuci bersih dengan air.

(e) Pelarutan Sampel

- a. Dalam kasus dimana bakteri umum dalam sampel diperkirakan berjumlah 300 atau lebih terdapat dalam 1 ml sampel, campur sampel dengan cara dikocok supaya homogen, lalu ambil 1 ml dengan pipet ukur 1 ml dan tambah pada botol pelarut berisi 9 ml atau 99 ml air pelarut atau air pelarut buffer fosfat dan campur dengan pengocokan.
- b. Lalu, ambil lagi 1 ml, dan siapkan sampel yang dilarutkan dalam beberapa tahap sesuai dengan operasi a. untuk membuat sampel pelarut yang mana bakteri biasa berkoloni antara 30-300 dapat dihasilkan setelah masa inkubasi. Selanjutnya, gunakan pipet steril setiap saat.

(f) Operasi

- a. Ambil 1 ml tiap sampel sesuai dengan (1) atau sampel yang terlarut dijelaskan dalam (e)<sup>(6)</sup> dalam tidak kurang dari dua cawan petri dengan pipet ukur 1 ml.
- b. Panaskan kultur media agar-agar standar dalam water bath untuk melarutkan, dan jaga pada temperatur 40 sampai 50 °C. Tambah kira-kira 15 ml untuk masing-masing cawan petri dibawah kondisi aseptik, dan campur dengan mengocok sebelum mengeras.
- c. Saat campuran kultur media dan sampel disebarkan di semua cawan petri, diperbolehkan dalam posisi horisontal, dan setelah mengeras, letakkan dalam inkubator dengan posisi cawan petri terbalik.
- d. Inkubasikan pada  $36 \pm 1$  °C selama  $24 \pm 2$  h<sup>(7)</sup>.
- e. Hitung jumlah koloni secara umum pada kultur media<sup>(8)</sup> untuk mendapatkan nilai rata-rata dan menyatakan dengan jumlah koloni dalam 1 ml sampel (bakteri/ml). Dalam kasus pada sampel yang dilarutkan, pilih jumlah koloninya 30-300, dan diperoleh jumlah bakter dalam 1 ml sampel.

Catatan

- <sup>(6)</sup> Saat inkubasi sampel terlarut, campur dengan kultur media dalam 20 menit setelah pelarutan.
- <sup>(7)</sup> Jangan menumpuk atau membungkus cawan petri.
- <sup>(8)</sup> Sangat tepat digunakan kaca pembesar dengan pembesaran sekitar 1.5 atau penghitung koloni.

## Keterangan

### 1. Penanganan Kultur Media

#### (1) Penyimpanan reagen untuk digunakan pada penyiapan kultur media

Jangan gunakan reagen yang sudah menyerap uap air atau berubah mutunya sebagai reagen untuk kultur media.

#### (2) Bubuk kultur media di pasaran

Sangat disarankan untuk menggunakan bubuk kultur media yang sama dari pasar untuk membuat mutu kultur media tetap baik. Namun, pilih juga serbuk yang sama kualitasnya dengan kultur media normal, selalu menjaga kebersihan kebersihan selama penyiapan, adanya presipitasi, warna, pH, perkembangan bakteri dan sebagainya, dan jangan gunakan bubuk yang tidak baik mutunya. Lalu tutup rapat, simpan di tempat dingin, gelap dan tidak lembab, dan gunakan dalam enam bulan setelah segel dibuka. Meski dalam masa efektif, jangan gunakan bubuk, yang sudah berubah warna atau mengeras.

#### (3) Pembersihan kultur media

Sesuai aturan, kultur media sebaiknya cukup jernih. Penghilangan zat tersuspensi saat penyiapan kultur media dapat dilakukan dengan filtrasi menggunakan kertas saring, kapas, atau kain katun putih atau dengan penyulingan.

#### (4) Penyimpanan kultur media dan uji sterilisasi

Simpanlah kultur media steril dalam lemari es dan jaga dari penguapan air. Dalam hal penyimpanan dalam suhu kamar, jangan gunakan media yang lewat seminggu atau lebih. Sebelum digunakan, simpan media dalam cultivator selama semalam, dan pastikan tidak tercampur dengan berbagai macam bakteri.

#### (5) Perlakuan kultur media yang telah digunakan

Buanglah kultur media yang telah digunakan setelah pengolahan bakteri, setelah itu lakukan sterilisasi uap tekanan tinggi dalam sebuah wadah.

### (3) Bakteri Kelompok Coliform

Pada pengujian bakteri kelompok coliform, bakteri diolah pada  $36 \pm 1$  °C selama 18 - 20 jam menggunakan kultur media desoksikolat, dan sejumlah koloni terbentuk pada kultur media yang disediakan, dan dinyatakan dalam jumlah 1 ml sampel.

Bakteri kelompok coliform yang dijelaskan disini, adalah bakteri tak berspora warna Gram negatif dan bakteri aerobik atau anaerobik fakultatif yang menguraikan laktosa menjadi asam dan gas.

#### (a) Reagen dan Kultur Media

##### a. Air

Sama seperti (2)(a)a.

##### b. Air Pelarut Buffer Fosfat

Sama seperti (2)(a)c.

##### c. Kultur Media Desoksikolat <sup>(9)</sup>

Tambah 10 g pepton (gunakan pepton dari pankreas hidrolisat dari kasein), 10 g laktosa, 15 sampai 20 g agar (bubuk), 5 g sodium klorida, 2 g ammonium besi (III) sitrat dan 2 g potasium hidrogen fosfat ke dalam 1 l air dan panaskan agar melarut. Setelah larutan disaring, atur pH filtrat sampai  $7,4 \pm 0,1$ . Lalu tambahkan 1 g sodium desoksikolat dan 0,033 g merah netral dan atur lagi pH menjadi  $7,4 \pm 0,1$ . Pindahkan ke dalam gelas kimia atau tabung uji, dan setelah disterilkan pada 100 °C selama 30 menit <sup>(10)</sup>, secepatnya rendam dalam air dingin.

#### Catatan

<sup>(9)</sup> Kultur media dari pasaran bisa digunakan (mengacu pada Keterangan 1).

<sup>(10)</sup> Kultur media desoksikolat akan menjadi buruk mutunya bila dipanaskan terlalu lama.

#### (b) Alat dan Perlengkapan

##### a. Pipet Ukur

1 ml. Sama seperti (2)(b)a.

##### b. Botol Pelarut

Sama seperti (2)(b)b.

##### c. Cawan Petri

Sama seperti (2)(b)c.

d. Gelas Kimia/Labu

Sama seperti (2)(b)d.

e. Cultivator (Inkubator)

Dapat diatur pada suhu  $36 \pm 1^\circ\text{C}$

f. Alat Pensteril Udara Panas

Sama seperti (2)(b)g.

g. Alat Pensteril Uap Tekanan Tinggi

Sama seperti (2)(b)h.

h. Alat Pensteril Tekanan Biasa

Sama seperti (2)(b)i.

(b) Metode Pensterilisasian

a. Sterilisasi Udara Kering

Sama seperti (2)(c)a.

b. Sterilisasi Uap Tekanan Tinggi

Sama seperti (2)(c)b.

c. Sterilisasi Uap

Sama seperti (2)(c)c.

d. Sterilisasi Api

Sama seperti (2)(c)d.

(d) Metode Desinfeksi

Sama seperti (2)(d)



(c) Pelarutan Sampel

- a. Dalam hal dimana bakteri kelompok coliform dalam sampel diperkirakan mengandung 300 atau lebih dalam 1 ml sampel, campur sampel dengan cara mengocok supaya homogen, lalu ambil 1 ml dengan pipet ukur 1 ml dan tambahkan pada botol pelarut yang berisi 9 ml atau 99 ml air pelarut atau air pelarut buffer fosfat dan campur dengan cara mengocok.
- b. Lalu, ambil 1 ml, dan siapkan sampel yang telah dilarutkan dalam beberapa tahap sesuai dengan operasi a. untuk membuat sampel yang mana mengandung bakteri antara 30 sampai 300 setelah diinkubasi. Lebih lanjut, gunakan pipet steril setiap saat.

(f) Operasi

- a. Ambil 1 ml tiap sampel yang diambil sesuai dengan (1) atau sampel yang dilarutkan seperti (e)<sup>(6)</sup> dalam tidak kurang 2 cawan petri masing-masing dengan pipet ukur 1 ml.
- b. Panaskan kultur media desoksikolat dalam water bath agar larut dan simpan pada 48 °C. Tambahkan kira-kira 10 ml untuk masing-masing cawan petri dalam kondisi aseptik, dan campurkan dengan mengocoknya sebelum mengeras.
- c. Saat pencampuran kultur media dan sampel disebarakan di seluruh cawan petri, diperbolehkan dalam posisi horizontal.
- d. Setelah pendinginan, selanjutnya tambahkan 5 - 10 ml kultur media desoksikolat dan biarkan lapisan menjadi mengeras.
- e. Letakkan cawan petri terbalik dalam cultivator, dan inkubasikan pada  $36 \pm 1$  °C selama 18 - 20 jam.
- f. Hitung jumlah umum koloni khas berwarna merah hingga warna merah muda gelap dalam kultur media (bulat atau berbentuk seperti butiran beras)<sup>(11)</sup> untuk menghasilkan nilai rata-rata dan dinyatakan dalam jumlah koloni dalam 1 ml sampel (bakteri/ml). Dalam kasus sampel yang dilarutkan, pilih yang jumlah koloninya 30 - 300, dan dapatkan jumlah bakteri per ml sampel.

Catatan

- <sup>(11)</sup> Mengenai koloni yang meragukan, pindahkan ke dalam tabung fermentasi Dahram kecil yang mengandung kultur media kaldu empedu laktosa warna hijau cerah [Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB) culture media (sama seperti 6.34(1)(c) di 63. Uji Bakteri JIS K0101)] secara sendiri-sendiri dengan platina pengangkat dan inkubasikan pada  $36 \pm 1$  °C selama  $24 \pm 2$  jam. Pertimbangkan tentang gas yang dihasilkan oleh bakteri kelompok coliform positif.

Keterangan

2. Untuk membedakan apakah Kelompok coliform adalah fecal atau tidak, lakukan sesuai dengan 63.4(7) dari 63. Uji Bakteri JIS K0101 dengan menggunakan kultur media EC [sama seperti 63.4(1)(d) dari 63. Uji Bakteri JIS K0101]

Lampiran

Date of Application for  
JIS K 0102 Testing Methods for  
Industrial Wastewater

Standar Industri Jepang ini digunakan mulai 1 April 1982.



## 7. Gambar-gambar Terlampir

### 1) Gambar Dasar

No. Gambar	Judul
YYT-TM-01 1	Flow Diagram (1/2)
YYT-TM-02 0	Drawing Diagram (2/2)
YYT-TM-03 0	Hydraulic Profile
YYT-TM-04 1	General Plot Plan
YYT-TM-05 0	General Layout Plan
YYT-TM-06 0	General Layout Plan
YYT-TM-07 0	Lift Pump and Pump Room (1/2)
YYT-TM-08 1	Lift Pump and Pump Room (2/2)
YYT-TM-09 0	Grit Chamber (1/2)
YYT-TM-10 1	Grit Chamber (2/2)
YYT-TM-11 0	Distribution Chamber
YYT-TM-12 0	Floating Aerator for Facultative Aerated Lagoon
YYT-TM-13 2	Gate Assembly (1/4)
YYT-TM-14 0	Gate Assembly (2/4)
YYT-TM-15 0	Gate Assembly (3/4)
YYT-TM-16 0	Gate Assembly (4/4)
YYT-TM-17 0	Collection Chamber for Maturation Pond
YYT-TM-18 0	Engine Driven Boat
YYT-TM-19 0	Hoist Rail Assembly
YYT-TM-20 0	Sludge Discharge Unit

### 2) Gambar Rencana Pondasi dan Patis/Anchor

No. Gambar	Judul
YYT-TM-F-01 0	Anchor Plan for Installation of Gate (1/3)
YYT-TM-F-02 0	Anchor Plan for Installation of Gate (2/3)
YYT-TM-F-03 0	Anchor Plan for Installation of Gate (3/3)
YYT-TM-F-04 0	Anchor Plan for Lift Pump (1/2)
YYT-TM-F-05 0	Anchor Plan for Lift Pump (2/2)
YYT-TM-F-06 0	Insert Pipe for Grit Chamber & Grit Dike
YYT-TM-F-07 0	Loading Data of Lift Pump & Grit Chamber
YYT-TM-F-08 0	Foundation for Sludge Discharge Unit
YYT-TM-F-09 0	Loading Data of Hoist & Dock Foundation
YYT-TM-F-10 0	Foundation for Service Water Pump

### 3) Gambar Permesinan

No. Gambar	Judul
YYT-TM-M-01 (1/2)	Sludge Discharge Unit -- CD-19EW
YYT-TM-M-01 (2/2)	Sludge Discharge Unit -- Attachment

### 4) Gambar Fabrikasi Struktur Baja

No. Gambar	Judul
YYT-TM-S-01 0	Lift Pump Station -- Detail of MP-4 Gear Trolley Chain Hoist Rail
YYT-TM-S-02 0	Grit Chamber Station -- Detail of MP-10 Electric Trolley Chain Hoist Rail
YYT-TM-S-03 0	Grit Chamber Station -- Detail of MP-10 Cyclone Separator Trestle
YYT-TM-S-04 0	Grit Chamber Station -- Detail of MP-7 Coarse Screen
YYT-TM-S-05 0	Lagoon Station -- Detail of MP-16 Electric Trolley Chain Hoist Rail
YYT-TM-S-06 0	Lagoon Station -- Detail of MP-16 Electric Trolley Chain Hoist Stage
YYT-TM-S-07 0	Lagoon Station -- Detail of MP-13 Floating Aerator
YYT-TM-S-08 0	Lagoon Station -- Detail of Post for Floating Aerator
YYT-TM-S-09 0	Detail of 5 ton & 500 kg Hoist Cover

### 5) Gambar Perpipa

No. Gambar	Judul
YYT-TM-P-01 0	Piping Arrangement
YYT-TM-P-02 0	Piping Detail for Grit Chamber
YYT-TM-P-03 0	Piping Detail for Sludge Discharge Unit
YYT-TM-P-04 0	Piping Detail for Sludge Drying Bed
YYT-TM-P-05 0	Piping Detail Service Water Pump
YYT-TM-P-06 0	Isometric Drawing
YYT-TM-P-07 0	Isometric Drawing
YYT-TM-P-08 0	Isometric Drawing
YYT-TM-P-09 0	Isometric Drawing
YYT-TM-P-10 0	Isometric Drawing
YYT-TM-P-11 0	Support Detail

6) Gambar Elektrikal

No. Gambar		Judul
YY-E-01	0	Single Line Diagram (1/3)
YY-E-02	0	Single Line Diagram (2/3)
YY-E-03	0	Single Line Diagram (2/3)
YY-E-04	0	Sequence Diagram of Starter
YY-E-05	0	Dimensional Outline Drawing of Panels
YY-E-06	0	Drawing of Lighting Fixture & Panel Layout Plan
YY-E-07	0	Wiring Diagram for Powder & Motor
YY-E-08	0	Power - Motor & Lighting Wiring Diagram
YY-E-09	0	Wiring Diagram for Lighting

7) Gambar Rinci Elektrikal

No. Gambar		Judul
YYT-TE-S-01	0	Electrical Equipment Shop Drawing