

PERPUSTAKAAN	
HARIAN/REVISI	
TGL. TERIMA :	12-7-2001/9/08
NO. JUDUL :	
NO. INV. :	509/11/175
NO. INDUK :	512000 3241001

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERBEDAAN
SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH
TERHADAP
BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (O&M)**

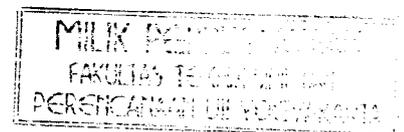
STUDI KASUS
PROYEK PEMBANGUNAN DUA SEKTOR
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
DI KOTAMADYA SURAKARTA



TA
028-165
MEN
7
00

Disusun oleh :

1. Nama : **WAN YUSUARINI MONITA**
No. Mhs. : 93 310 012
NIRM : 930051013114120012
2. Nama : **LIVIA MARLITA**
No. Mhs. : 94 310 101
NIRM : 940051013114120100



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PERBEDAAN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH TERHADAP BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (O&M)

STUDI KASUS
PROYEK PEMBANGUNAN DUA SEKTOR
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
DI KOTAMADYA SURAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Drajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

1. Nama : Wan Yusuarini Monita
No. Mhs : 93 310 012
NIRM : 930051013114120012
2. Nama : Livia Marlita
No. Mhs : 94 310 101
NIRM : 940051013114120100

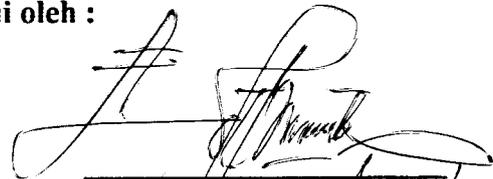
Diperiksa dan disetujui oleh :

DR. IR. Edy Purwanto, Ces, DEA

Dosen Pembimbing I

DR. IR. H. Drajat Suhardjo, SU

Dosen Pembimbing II



Tanggal: 09 April 2007



09 April '2007
Tanggal :

KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum Wr.Wb.

Segala Puji dan Syukur kehadirat Allah SWT, atas segala Rahmat, Taufik dan Hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dengan Judul **PENGARUH PERBEDAAN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH TERHADAP BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAA (O&M)** dapat penulis selesaikan dengan baik, yang diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil.

Dasar pemikiran dan pengambilan keputusan penulis dalam menentukan pilihan materi Studi kasus ini adalah untuk melihat sampai sejauh mana dua buah sistem pengolahan air limbah Kota Madya Surakarta akan mempengaruhi biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) yang nantinya biaya O&M tersebut dan biaya Investasi proyek akan menentukan tarif retribusi yang akan ditetapkan pada pelanggan (masyarakat).

Dengan selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang Tulus dan Ikhlas kepada yang terhormat:

1. Bapak IR. Widodo, MSCE. PhD. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGHANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
INTISARI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	4
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Limbah Cair Rumah Tangga	7
2.2 Sistem Pengolahan Air Limbah	7
2.3 Biaya Operasional dan Pemeliharaan	10
2.4 Pendapatan	11
2.5 <i>Benefit Cost Ratio</i>	11
2.6 Titik Impas	11
2.7 Pengendalian Mutu	11

BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Sistem Pengolahan	15
3.2 Operasi	17
3.3 Pemeliharaan	18
3.4 Biaya Operasional dan Pemeliharaan	20
3.5 Jumlah Penduduk	23
3.6 Biaya Investasi	25
3.7 Pendapatan	26
3.8 <i>Benefit Cost Ratio</i>	27
3.9 Titik Impas	28
3.10 Pengendalian Mutu	32
BAB IV ANALISIS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH	
MOJOSONGO	33
4.1 Analisis Daerah Sektor Utara	33
4.1.1 Analisis Luas Daerah dan Topografi	33
4.1.2 Analisis Penduduk	35
4.2 Sisitem Jaringan IPAL Mojosongo	36
4.2.1 Sektor Penangkapan	37
4.2.2 Sektor Pengolahan	48
4.3 Instalasi Pengolahan Air Limbah IPAL Mojosongo	48

BAB V ANALISIS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SEMANGGI

.....	54
5.1 Analisis Daerah Sektor Selatan	54
5.1.1 Analisis Luas Daerah dan Topografi	54
5.1.2 Analisis Penduduk	54
5.2 Sistem Jaringan IPAL Semanggi	55
5.2.1 Sektor Penangkapan	55
5.2.2 Sektor Pengolahan	58
5.3 Disain Bangunan IPAL Semanggi	59

BAB VI ANALISIS BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (OM)

IPAL MOJOSONGO DAN IPAL SEMANGGI	65
6.1 IPAL Mojosoongo Sektor Utara	65
6.1.1 Biaya Pegawai dan Biaya Administrasi	65
6.1.2 Biaya Operasional IPAL Mojosoongo	67
6.1.3 Biaya Pemeliharaan Jaringan Utara (Mojosoongo).....	69
6.1.4 Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) IPAL Mojosoong	70
6.2 IPAL Semanggi Sektor Selatan	70
6.2.1 Biaya Pegawai dan Biaya Administrasi	70
6.2.2 Biaya Operasional IPAL Semanggi	71
6.2.3 Biaya Pemeliharaan Jaringan Selatan (Semanggi).....	72

2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam, Yogyakarta.
3. Bapak DR.Ir. Edy Purwanto, CES. DEA. Selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Penguji.
4. Bapak Dradjat Suhardjo, SU. Selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Penguji.
5. Bapak Ir. H.Faisol AM, MS. Selaku Dosen Tamu Penguji.
6. Bapak Agus, dan Bapak Arif. Tim PDAM, Surakarta.
7. Bapak Satoto, BPKPN, Surakarta.
8. Bapak Ir. Nokiharto, dan Ir. Fajar. Konsultan Perencana P.T Indra Karya (PERSERO), Surakarta.
9. Ibu Ir. Endang Tentrawati, MT. Atas Segala Bantuannya.
10. Buat Mas Danya, Sary, Rinda, Jun,Topan, Ali kecil, Kus, dan Ronan. Makasih Atas Doa, Bantuan dan Dorongannya.
11. Keluarga Bapak Alm. Nashiri, dan Keluarga Bapak Makful, Atas Segala Bantuan dan Kasih Sayang.
12. Semua Pihak yang telah membantu, dalam penyusunan tugas akhir, yang tidak dapat kami ucapkan satu per satu.

Akhir kata, Semoga Tugas Akhir yang Kami buat agar dapat bermanfaat bagi masyarakat, praktisi, serta mahasiswa.

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb.

Yogyakarta, Desember 2000
PENULIS

PERSEMBAHAN



*Segala Puji dan Syukur Kepada ALLah ,SWT. Atas Segala
Rahmat -NYA
Nabi Muhammad,SAW. Junjunganku*

Papa H.Rizal dan Mama, Untuk Segala Cinta dan Kasih
Sayang yang tidak ternilai.

Opah H. Abu Maas dan Oma Rabbi, Segala Hormat dan
Kasih sayang -KU..

Femi Rizal, & Sabrina Rizal, Adik-adiku tercinta.

Ananda Zahra Cantika Revina, Putri Kecil - KU.

AA' Wisnu Ari Nugroho, Untuk Segala Cinta - Kasih
yang begitu indah untuk -KU.

6.2.4 Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) IPAL Semanggi	73
6.3 Analisis Biaya Investasi	73
6.4 Rekapitulasi IPAL Mojosongo dan IPAL Semanggi	74
6.5 Pendapatan	75
6.6 Titik Impas	76
BAB VII PEMBAHASAN ANALISIS	77
7.1 Analisis Sistem Air Limbah dan Sanitasi	76
7.1.1 Jaringan Sistem Air Limbah Tertutup	78
7.1.2 Sistem Pengolahan Air Limbah	80
7.2. Analisis Biaya Operasi dan Pemeliharaan	82
7.2.1 Hasil Harga Analisis Harga Tetap	83
7.2.2 Hasil Analisis Harga Berlaku	93
7.2.3 Titik impas	103
7.2.4 <i>Benefit Cost Ratio</i>	107
7.3 Pengendalian Mutu	111
BAB VIII ANALISA BIAYA TARIF RETRIBUSI HARGA BERLAKU	
DENGAN BUNGA 2,5% PER TAHUN.....	115-149
BAB IX KESIMPULAN DAN SARAN	150
8.1 kesimpulan	150
8.1.1 Kemampuan IPAL	151
8.1.1 Biaya Operasi dan Pemeliharaan	152

8.1.3 Pengendalian Mutu	153
8.2 Saran	154
8.2.1 Kemampuan IPAL	154
8.2.2 Biaya Operasi dan Pemeliharaan.....	154
8.2.3 Pemulihan Biaya Operasi dan Pemeliharaan	155
DAFTAR PUSTAKA	156
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

1. Sifat Fisik yang Ada di Dalam Air Limbah Rumah Tangga.....	13
2. Sifat Kimia yang Ada di Dalam Air Limbah Rumah Tangga.....	14
3. Komponen Biaya Operasional dan Produksi.....	20
4. Komponen Biaya Pemeliharaan.....	21
5. Waktu Kegagalan.....	22
6. Syarat-Syarat Kualitas (Mutu) Air dari Badan Air.....	32
7. Luas Wilayah, Jumlah Penduduk <i>Sex Ratio</i> dan Tingkat Kepadatan Tiap Kecamatan Kotamadya Surakarta Tahun 1994-1998.....	35
8. Rasio Pertambahan Penduduk.....	35
9. Diameter Pipa yang Digunakan pada Jaringan Pipa.....	42
10. Rumah Pompa yang Ada di Mojosongo.....	44
11. Komponen IPAL Mojosongo dan Periode Pengurasan.....	51
12. Jenis Aerator dan Pompa pada IPAL Mojosongo.....	51
13. Kendaraan Penunjang Pengoperasioal IPAL Mojosongo.....	52
14. Parameter IPAL Mojosongo.....	52
15. Luas Daerah dan Jumlah Penduduk Sektor Utara dan Selatan.....	55
16. Rencana Jumlah Sambungan Rumah IPAL Semanggi pada tahun 2001-2012.....	56
17. Rencana Jumlah Sambungan Rumah pada Tahun 2001-2012.....	57

18. Perbedaan Sistem Pengolahan Air Limbah IPAL Mojosongo dan IPAL Semanggi.....	61
19. Perbedaan Mekanikal dan Elektrikal IPAL Mojosongo dan Semanggi..	64
20. Parameter Disain IPAL Semanggi untuk Sampai Tahun 2012.....	64
21. Perincian Gaji Pegawai Per Tahun.....	65
22. Gaji Konsultan Advisor.....	66
23. Perincian Biaya Laboratorium.....	66
24. Biaya Pegawai dan Administrasi Per Tahun.....	67
25. Perincian Biaya Listrik.....	67
26. Perincian Biaya Operasional Kendaraan dan Alat Berat.....	68
27. Perincian Biaya Pemeliharaan Bangunan IPAL Mojosongo.....	68
28. Total Biaya operasional IPAL Mojosongo Per Tahun.....	69
29. Biaya Pemeliharaan Jaringan Utara.....	69
30. Biaya operasional dan Pemeliharaan (O&M) IPAL Mojosongo.....	70
31. Perincian Rencana Biaya Listrik.....	71
32. Perincian Rencana Biaya Pemeliharaan Bangunan IPAL Semanggi...	72
33. Total Biaya operasional IPAL Per Tahun.....	72
34. Biaya operasional dan Pemeliharaan (O&M) IPAL Semanggi.....	73
35. Biaya Investasi Proyek Sanitasi Surakarta.....	74
36. Rekapitulasi Parameter IPAL.....	74
37. Rekapitulasi Biaya Investasi, Operasional IPAL dan Pemeliharaan Jaringan.....	75

38. Subsidi Biaya Operasional dan Pemeliharaan Selama Tiga Tahun...	82
39. Kenaikan Biaya O&M dalam Juta Rupiah dengan Kapasitas Belum Penuh Selama 13 Tahun.....	84
40. Pendapatan IPAL Mojosongo Selama 13 Tahun Saat Kapasitas Belum Penuh	85
41. Pendapatan dalam Jutaan Rupiah dari Tahun 2003-2029 Untuk IPAL Mojosongo.....	86
42. Kenaikan Biaya O&M dalam Juta Rupiah serta Tarif per Bulan dan Investasi dalam Juta Rupiah serta Tarif per Bulan, Dengan Kapasitas Belum Penuh Selama 13 Tahun IPAL Semanggi.....	88
43. Pendapatan per Tahun dalam Juta Rupiah selama 13 Tahun Berdasarkan Tarif Total IPAL Semanggi	89
44. Pendapatan dalam Jutan Rupiah dari Tahun 2003-2032 Untuk IPAL Semanggi.....	90
45. Penetapan Tarif Retribusi	93
46. Penggolongan Tarif Retribusi.....	93
47. Kemampuan Riil Masyarakat	94
48. Pendapatan Selama 20 Tahun IPAL Mojosongo dengan Harga Berlaku Memakai Kenaikan Tarif 10%	95

DAFTAR GAMBAR

3.1	Hubungan Volume Produksi, Total Biaya dan Titik Impas.....	29
3.2	Hubungan Pendapatan, Biaya Total dan Titik Impas dengan Harga Tetap	31
3.3	Hubungan Pendapatan, Biaya Total dan Titik Impas dengan harga Berlaku.....	31
4.1	Peta Daerah Pelayanan.....	34
4.2.1	Skematik Sistem Air Limbah Mojosongo.....	38
4.2.2	Diagram Aliran Air Limbah Mojosongo.....	39
4.3	Sambungan Rumah	41
4.4	<i>Manhole</i>	43
4.5	Rumah Pompa Malabar dan Dempo.....	46
4.6	Rumah Pompa Kali Anyar	47
4.7	Bak Penangkap Pasir.....	53
5.1	Situasi Bangunan Outfall Semanggi.....	62
5.2	Skematis ST.Pompa Outfall Semanggi.....	63
7.1	Grafik Titik Impas Selama 30 Tahun IPAL Mojosongo dengan Harga Tetap.....	92
7.2	Grafik Titik Impas Selama 30 Tahun IPAL Semanggi dengan Harga Tetap.....	92
7.3	Grafik Titik Impas Selama 25 Tahun Kedua IPAL.....	101

INTISARI

Daerah Surakarta sekarang ini sedang dibangun dua buah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada dua sektor yaitu sektor utara (Mojosongo) dan sektor selatan (Semanggi), untuk IPAL Mojosongo mempunyai kapasitas pengolahan 155lt/det dan melayani 6285 sambungan rumah. Sedangkan untuk IPAL Semanggi mempunyai kapasitas pengolahan 300 lt/det dan melayani 21550 sambungan rumah.

Kedua IPAL ini mempunyai suatu sistem pengolahan air limbah yang berbeda pada IPAL Mojosongo melayani sektor utara yang luas daerahnya lebih kecil dari Selatan tetapi topografinya beragam sehingga memerlukan bantuan pompa yang cukup untuk dapat mengalirkan air limbah masuk kedalam proses pengolahan maka dipakai sistem terbuka menggunakan konsep Kolam Aerasi Fakultatif sedangkan untuk IPAL Semanggi direncanakan dengan sistem tertutup menggunakan konsep Tangki *Up Flow Anaerobic Sludge Bed (UASB) & Intermittent Aeration*, karena luas daerah dan jumlah sambungan rumah lebih besar otomatis kapasitas pengolahannya akan lebih besar yaitu sebesar 300lt/det.

Sistem pengolahan yang berbeda ini otomatis mempunyai perbedaan dalam biaya operasionalnya yang mana satuan biaya O&M ini adalah Rp./Sambungan Rumah. Biaya O&M dan Investasi inilah yang nanti akan menjadi penentu tarif retribusi bagi masyarakat. Penentuan tarif ini harus layak dibayar oleh masyarakat dan dapat mempercepat pengelola mencapai titik impas juga keuntungan.

Dalam tugas akhir ini penulis menawarkan empat macam alternatif perhitungan dan penentuan tarif harga retribusi untuk pihak pengelola, yaitu alternatif pertama menggunakan harga tetap untuk masing-masing IPAL, alternatif kedua menggunakan harga berlaku dengan kenaikan 10% dan 15% untuk masing-masing IPAL dari kedua tarif IPAL Mojosongo dan IPAL Semanggi dapat ditarik kesimpulan bahwa biaya operasional dan pemeliharaan memiliki perbedaan sebesar 36% yang disebabkan oleh banyaknya pemeliharaan rumah pompa dengan kata lain dikarenakan perbedaan topografi daerah, alternatif ketiga menggunakan harga tetap untuk kedua IPAL dan alternatif keempat menggunakan harga berlaku dengan kenaikan 10% dan 15% untuk kedua IPAL. Dari semua alternatif diatas akan dipilih berdasarkan kriteria yang ada yaitu kemampuan membayar masyarakat, tidak ada diskriminasi harga diantara masyarakat, dengan menerapkan konsep subsidi silang, mempercepat titik impas dan keuntungan bagi pihak pengelola sedangkan yang terakhir titik impas diusahakan sebelum umur bangunan atau konstruksi dilewati yaitu selama 20 tahun.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk dan urbanisasi, akan berdampak pada peningkatan limbah yang dihasilkan. Masalah pengolahan limbah adalah suatu masalah yang cukup sulit, yang tidak kalah sulitnya dengan masalah penyediaan air bersih. Jumlah limbah cair rumah tangga yang dihasilkan suatu kota tidak bisa terlepas dari kebutuhan air bersih penduduk kota tiap rumah, atau tiap orang per hari.

Limbah domestik yang dihasilkan oleh penduduk daerah Surakarta, bila tidak ada penanganan lebih lanjut dari pemerintah daerah terkait dan masyarakat, akan menimbulkan dampak yang tidak baik bagi lingkungan dan makhluk hidup.

Pada masa sebelumnya penduduk daerah Surakarta yang tergolong masyarakat menengah pada umumnya, mempunyai kebiasaan langsung membuang limbah seperti sampah rumah tangga, air cuci/kakus, dan tinja ke badan air aliran sungai terdekat. Masyarakat daerah Surakarta mungkin kurang mengerti dan menyadari bahwa limbah domestik dan lumpur tinja yang langsung dibuang begitu saja tanpa melalui proses dalam suatu sistem pengolaha

berbahaya bagi kesehatan mereka dan lingkungannya. Bila itu terus berlangsung tanpa memikirkan, dan berusaha mencari jalan keluar yang tepat adalah sebuah tindakan yang tidak *relevan*. Tentulah sangat bijak, jika kita yang cukup mempunyai pengetahuan dan kemampuan untuk memikirkan dan mencarikan beberapa alternatif bentuk jalan keluar yang tepat pada masalah sistem pengolahan limbah untuk daerah Surakarta.

Dalam pemeliharaan lingkungan hidup sesuai dengan Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 pasal 1 ayat 2, menjelaskan tentang pengolahan lingkungan hidup adalah usaha dan upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan, penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, dan pengendalian lingkungan hidup. Pemeliharaan adalah usaha yang paling tepat dilakukan untuk menjaga lingkungan hidup agar tidak tercemar berbagai macam polusi termasuk limbah.

Sehubungan semakin pentingnya masalah pengolahan limbah, yang membutuhkan suatu proses pada suatu sistem pengolahan limbah. Di daerah Surakarta telah dibangun sistem pembuangan air limbah domestik yang berupa saluran tertutup, yang langsung berhubungan dengan saluran perumahan yang akan terus dialirkan ke saluran terakhir. Sistem ini terdiri dari pipa saluran yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya (dari awal hingga akhir) atau disebut juga *connection pipe*. Untuk menyempurnakan proyek pembangunan saluran pengalir limbah, maka harus diiringi dengan pembangunan unit instalasi pengolah limbah.

Dalam pelaksanaan di lapangan pemerintah daerah membagi proyek dalam dua sektor yaitu, sektor utara dan selatan. Pada sektor utara yang daerahnya lebih kecil dari sektor selatan pelaksanaan proyek telah sempurna, maksudnya saluran dari rumah penduduk sampai ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan sudah selesai dilaksanakan. Sektor selatan baru berlangsung proyek pembangunan saluran-saluran pengangkut dari perumahan penduduk sampai ke saluran IPAL, yang baru direncanakan dan akan segera dilaksanakan pembangunannya dalam waktu dekat ini.

Untuk itulah kami melakukan penelitian pada masalah terakhir, mengenai pengaruh perbedaan sistem pengolahan air limbah pada IPAL terhadap biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) yang tepat, sebab dalam sistem pengolahan air limbah mempunyai beberapa macam sistem yang dapat dipakai dan pemilihan sistem tersebut juga mempengaruhi biaya operasional dan pemeliharaannya disamping biaya-biaya lainnya yang ada.

Proyek dua sektor sanitasi Kodya Surakarta didanai oleh pinjaman pemerintah pusat dari bank dunia (3749-IND), yang merupakan proyek strategis bagi Kodya Surakarta di dalam upaya meningkatkan kualitas hidup masyarakat terutama dalam hal kesehatan masyarakat dan lingkungan.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk membandingkan biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) pada sistem IPAL Mojosongo yang sudah ada dengan sistem IPAL Semanggi yang sedang direncanakan.
2. Untuk mengetahui perubahan biaya operasional dan pemeliharaan (O&M), apabila sistem pengolahan IPAL berbeda.
3. Mengoptimalkan biaya tarif retribusi untuk mencapai titik impas yang tercepat.
4. Menyumbangkan pemikiran kepada pemerintah daerah Surakarta, secara ilmiah untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat dan lingkungan.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat meminimumkan biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) sesuai dengan sistem pengolahan air limbah pada masing-masing sektor yang ada.
2. Memberi masukan kepada pengelola proyek IPAL mengenai biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) yang optimum dengan sistem pengolahan yang ada.
3. Memberikan masukan saran dan pengetahuan kepada masyarakat daerah Surakarta mengenai manfaat dari bangunan IPAL tentang

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Rumah Tangga

Limbah cair rumah tangga adalah semua buangan dari hasil kegiatan rumah tangga mencakup mandi, mencuci dan buangan kotoran manusia (urin, dan tinja), (Suharjo, 1988:34). Menurut Mahida (1984), limbah domestik adalah limbah yang terdiri dari pembuangan air kotor dari kamar mandi, kakus dan dapur. 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 yang dalam keadaan terapung dan dalam bentuk koloid ataupun setengah koloid.

Limbah cair rumah tangga dari kota mempunyai potensi yang sangat besar untuk mencemari berbagai lingkungan, sebab disamping jumlahnya yang besar, susunan fisik, biologis maupun kimia berpotensi untuk menjadi pencemaran (polutan). Untuk memperoleh gambaran, jumlah limbah cair rumah tangga yang dihasilkan suatu kota tidak bisa terlepas dari kebutuhan air penduduk kota tiap rumah ataupun orang (kapita), (Dradjat Suharjo, 1988).

Kebutuhan air penduduk (air domestik) adalah air yang digunakan individu, apartemen-apartemen, rumah-rumah dan sebagainya, untuk

minum, mandi, masak, mencuci, menyiram tanaman dan kegunaan sanitasi. Menurut Hardjoso (1972), air domestik mencakup keperluan yang lebih luas daripada air minum.

Pengembangan masalah sanitasi domestik limbah banyak yang tidak dipikirkan dan menjadi masalah yang rumit dikemudian hari. Kendala yang sering terjadi adalah belum ada keterpaduan para perencana dan masalah serius masalah pencemaran banyak disebabkan karena kurang mempertimbangkan pengelolaan limbah (Steel, 1960). Kemudian Salvato (1972) mengungkapkan bahwa, diperlukan standar dan pengaturan untuk suplai air, pembuangan limbah cair, saluran penghubung antar rumah dan pengelolaan limbah padat.

2.2 Sistem Pengolahan Air Limbah

Sistem pengolahan limbah adalah tahapan-tahapan kegiatan-kegiatan yang dilakukan dalam proses pengolahan air limbah, sehingga limbah cair yang telah melewati proses pada sistem pengolahan limbah menjadi berkurang kadar polutannya dan aman dibuang ke badan umum air terdekat. Selain itu, tujuan utama pengolahan limbah adalah untuk mengurangi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar kandungan polutannya dapat dikurangi, (Sugiharto, 1987).

Dradjat Suharjo (1988) mengatakan bahwa, dari komposisi fisik dan kimia endapan padat juga dapat diketahui kualitas limbah cair rumah tangga. Dari debit yang dikelola dan jumlah endapan padat yang dihasilkan juga dapat diperkirakan kemampuan pelayanan *treatment* (pengelolaan) untuk mengelola jumlah kepala yang dilayani khususnya pengelolaan limbah domestik yang dibuang dalam saluran air kotor (*sewerage*).

Proses pengolahan air limbah (Agus Muslim dan Antoni Hadi Imron, 1999) yaitu:

1. Proses pengolahan primer

Limbah kota dipompa ke dalam bak pengendapan menggunakan pompa angkat jenis ulir untuk mengendapkan tanah dan pasir serta menangkap sampah-sampah seperti kantong plastik, ranting kayu dan sampah lainnya.

2. Proses pengolahan sekunder

Pengolahan limbah dengan menggunakan bakteri pengurai anaerobik dan menghasilkan lumpur yang mengendap.

Sistem pengolahan menurut DPU Kodya Surakarta untuk IPAL Mojosongo (sektor utara) menggunakan sistem aerasi fakultatif prosesnya meliputi:

1. Proses pengendapan awal

Proses pengendapan lumpur serta pengambilan sampah dan busa mengapung di dalam bak pengendapan awal.

2. Proses aerasi

Proses aerasi ini terjadi dalam bak aerasi menggunakan lumpur aktif dan penambahan oksigen. Proses ini menggunakan dua bak aerasi.

3. Proses sedimentasi

Menggunakan pompa lumpur yang dialirkan ke dalam bak sedimentasi untuk diendapkan dan air limbahnya siap dialirkan ke sungai, sedangkan lumpurnya dikeringkan dalam bak pengering lumpur.

Disain sistem pengolahan untuk IPAL Semanggi (sektor selatan) menurut konsultan perencana P.T. Indra Karya (Persero), menggunakan sistem *Up Flow Anaerobic Sludge Bed (UASB) & Intermittent Aeration*, yaitu:

1. Proses pengendapan

Proses pengendapan menggunakan *grit chamber* yang sebelumnya terdapat *bar screen* yang berguna untuk menyaring sampah-sampah.

2. Proses ekualisasi dan aerasi

Proses untuk pengolahan secara biologis menggunakan aerator yang dibenamkan didalam tangki ekualisasi dan aerasi yang nantinya oksigen akan mengurangi tingkat BOD sampai 50%. Tangki ini merupakan tangki tertutup.

3. Proses sedimentasi

Proses ini sama saja dengan proses sedimentasi yang lainnya hanya saja tangki sedimentasinya tertutup bukan berupa kolam.

2.3 Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M)

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) adalah pengeluaran yang diperlukan agar kegiatan operasi dan produksi berjalan lancar, sehingga dapat menghasilkan produk sesuai dengan perencanaan, (Suharto,1997: 398).

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) IPAL menurut DPU Tingkat II Kodya Surakarta adalah:

1. Biaya tenaga kerja dan penyelia.
 - a. gaji tenaga operator dan penyelia.
 - b. gaji lembur tenaga oprator dan penyelia.
 - c. tunjangan, jaminan, dan bonus.
2. Biaya pemeliharaan bangunan pipa.
3. Biaya operasional alat pembersih (*jet pipe cleaner*).
4. Biaya pemeliharaan sarana penggelontor.
5. Biaya perawatan dan perbaikan komponen-komponen dan alat-alat pada mesin.

Dengan mengalokasikan anggaran biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) serealistis mungkin untuk memaksimalkan umur pemakaian, memelihara aset dan fasilitas yang ada di IPAL, serta mamperbaiki atau meningkatkan kondisi staf kerja, yang semua ini secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi besarnya biaya operasional dan pemeliharaan (O&M), (Agus Muslim dan Antoni Hadi Imron, 1999).

2.4 Pendapatan (*Revenue*)

Pendapatan adalah jumlah pembayaran yang diterima perusahaan dari penjualan barang atau jasa, (Suharto, 1997:399).

2.5 *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Kriteria untuk mengkaji kelayakan proyek disebut *benefit-cost ratio*. Penggunaannya ditekankan pada manfaat (*benefit*) bagi kepentingan umum dan bukan finansial perusahaan, (Suharto, 1997:433).

2.6 Titik Impas (*Break Even Point*)

Titik impas adalah titik total biaya produksi sama dengan pendapatan. Titik impas memberikan petunjuk bahwa tingkat produksi telah menghasilkan pendapatan yang sama dengan besarnya biaya produksi yang dikeluarkan, (Suharto, 1997:401).

2.7 Pengendalian Mutu

Program penjaminan mutu produksi disusun dengan kepentingan dari masing-masing produksi. Program penjaminan mutu tersusun dalam hal-hal berikut ini:

1. Perencanaan sistematis yang merinci dan menjabarkan pada setiap tahap produksi langkah-langkah yang akan ditempuh untuk mencapai sasaran mutu.

2. Penyusunan batasan dan kriteria spesifikasi dan standar mutu yang akan digunakan dalam desain *engineering*, materiali fisik, dan material kimia.
3. Penyusunan organisasi dan pengisian personil untuk melaksanakan kegiatan penjaminan mutu.
4. Pembuatan prosodur pelaksanaan kegiatan pengendalian mutu yang meliputi pemantauan, pemeriksaan, pengujian, pengukuran, dan pelaporan.
5. Identifikasi peralatan yang akan digunakan.
6. Identifikasi bagian kegiatan yang memerlukan bantuan dari kegiatan pihak ketiga maupun peranan dan persetujuan dari pemerintah.

Peraturan Menteri Kesehatan R.I. No. 173/Menkes./Per./VIII/1977 tentang pengawasan pencemaran air dari badan air untuk berbagai kegunaan yang berhubungan dengan kesehatan.

Ketentuan umum adalah sebagai berikut:

- a. Badan air kelas A adalah badan air yang airnya digunakan untuk air baku (air minum).
- b. Badan air kelas B adalah badan air yang digunakan untuk pemandian alam dan pertanian yang hasilnya dimakan tanpa dimasak terlebih dahulu.
- c. Badan air kelas C adalah badan air yang airnya digunakan untuk perikanan darat, persiar, dan keindahan.

Sifat-sifat kimia yang ada di dalam air limbah rumah tangga dapat dilihat pada tabel. 2 berikut ini.

Tabel 2: Sifat Kimia yang Ada Di Dalam Air Limbah Rumah Tangga

No.	Bahan Mineral yang Terkandung	Keadaan Normal (ppm)
1.	Zata Padat Terlarut	100 - 300
2.	Boron (B)	0,1 - 0,4
3.	Sodium	1% - 15%
4.	Sodium (Na)	40 - 70
5.	Potasium (K)	7 - 15
6.	Magnesium (MgCO ₃)	15 - 40
7.	Kalsium (CaCO ₃)	15 - 40
8.	Nitrogen Total (N)	20 - 40
9.	Fosfat (PO ₄)	20 - 40
10.	Sulfat (SO ₄)	15 - 30
11.	Klorid(Cl)	20 - 50
12.	Kesadahan Total (CaCO ₃)	100 - 150

Sumber: P. Walton Purdom (1980)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Sistem Pengolahan

Sistem adalah, tahapan-tahapan kegiatan yang direncanakan dan dilakukan dalam suatu proses secara terus menerus dalam jangka waktu yang ditentukan.

Pengolahan adalah, kegiatan atau usaha yang dilakukan untuk menghasilkan sesuatu produk yang melewati beberapa proses dalam suatu sistem pengolahan.

Jadi **sistem pengolahan** adalah, tahapan-tahapan kegiatan yang direncanakan dan dilakukan dalam suatu proses secara terus menerus dengan jangka waktu tertentu untuk menghasilkan suatu produk.

Dalam masalah ini yang dimaksud dengan **sistem pengolahan limbah** adalah tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan dalam proses pengolahan air limbah, sehingga limbah cair yang telah melewati proses pada sistem pengolahan limbah menjadi berkurang kadar polutannya dan aman untuk dibuang ke badan umum air sungai terdekat.

Sistem pengolahan pada IPAL Mojosongo (sektor utara) terdiri dari:

1. Limbah cair masuk melalui pipa saluran pada bak pengendapan awal mengalami proses pengendapan lumpur serta pengambilan sampah dan busa mengapung.

2. Limbah yang berasal dari bak pengendapan awal dialirkan menuju bak aerasi I dan II (*Aerated Facultative Lagoon I and II*) kemudian mengalami proses biologis menggunakan lumpur aktif dengan menambahkan oksigen (proses *aerasi*).
3. Setelah dari bak aerasi I dan II dialirkan kembali menuju ke bak sedimentasi (*Sedimentation Pond*) dan mengalami proses sedimentasi, kemudian dialirkan ke sungai karena kadar polutannya sudah berkurang.
4. Lumpur-lumpur yang berada pada bak aerasi I dan II serta bak sedimentasi dipompa dengan menggunakan pompa lumpur pada masing-masing bak dan mengalami proses pengeringan lumpur pada bak pengering lumpur (*Sludge Drying Bed*).
5. Lumpur yang telah kering siap diangkut menuju TPA.

Sistem pengolahan IPAL Semanggi menurut desain P.T. Indra Karya (Persero), terdiri dari:

1. Limbah cair masuk melalui pipa saluran *outfall* menuju *bar screen* untuk pengambilan sampah-sampah dan busa-busa mengapung, setelah itu baru menuju *grit chamber* untuk proses pengendapan lumpur.
2. Limbah yang berasal dari bak pengendapan awal dialirkan menuju tangki aerasi dan ekualisasi dengan menggunakan pompa angkat, kemudian mengalami proses biologis dengan menggunakan enam buah aerator yang dibanamkan di dasar tangki. Selanjutnya akan

- menghasilkan oksigen yang akan mengurangi kadar BOD sampai 50%. Tangki ekualisasi dan sedimentasi ini merupakan tangki tertutup dan dapat menampung air limbah pada jam-jam puncak.
3. Setelah dari tangki ekualisasi dan aerasi dialirkan kembali menuju ke tangki sedimentasi dan mengalami proses sedimentasi, setelah itu siap untuk dialirkan ke sungai karena kadar polutannya sudah berkurang. Tangki sedimentasi merupakan tangki tertutup.
 4. Setelah melewati bak sedimentasi lumpur dipompa untuk mengolah lumpur pada *sludge drying bed*.
 5. Setelah selesai dapat dialirkan ke luar menuju ke badan air melalui pipa.
 6. Rumah panel dan *genset*, bangunan ini merupakan tempat pengendali semua proses dalam sistem ini, dan pensuplai tenaga listrik untuk menjalankan alat-alat mekanik pada bangunan IPAL.

3.2 Operasi

Kegiatan operasi adalah usaha atau kegiatan untuk memindahkan suatu barang dengan suatu sistem dan metode tertentu secara tepat, cepat, efisien, dan terkendali dengan melibatkan tenaga manusia sebagai operator untuk mengendalikan dan mengawasi alat-alat atau mesin.

Dalam kegiatan operasi harus diusahakan penggunaan alat-alat konstruksi seoptimal mungkin, dengan waktu istirahat semimum mungkin, maka disusunlah jadwal pemakaian untuk masing-masing

bangunan dan peralatannya sangat berkaitan dengan usaha perawatannya secara berkala. Perawatan secara *preventif* yang terdiri dari mencari dan membetulkan kerusakan yang masih kecil, sehingga menjaga kerusakan bangunan dan alat menjadi lebih besar.

Waktu perawatan umumnya dilaksanakan dengan mengadakan pemeriksaan secara rutin dan berkala selama tiga hari sekali atau satu minggu sekali. Jarak pemeriksaan dijaga agar jangan terjadi rentang waktu yang lama. Jika dalam masa pengecekan terdapat tanda-tanda kerusakan maka pihak pengawas segera memberitahu kepada kepala bidang pemeliharaan, untuk segera dipersiapkan waktu perbaikan atau penggantian kerusakan.

Adapun tujuan dari pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Memungkinkan tercapainya mutu produk, pelayanan dan pengoperasian peralatan secara cepat.
2. Memaksimalkan umur penggunaan alat.
3. Menjaga agar peralatan aman dan mencegah terjadinya gangguan keamanan.
4. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dihubungkan dengan pelayanan dan perbaikan.
5. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.
6. Memaksimalkan kapasitas produksi dari sumber-sumber peralatan yang ada.

3.4 Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional adalah, dana yang dikeluarkan agar kegiatan operasi dan produksi menjadi lancar, sehingga dapat menghasilkan produk sesuai dengan perencanaan.

Komponen biaya operasional dan produksi dapat dilihat pada tabel. 3 berikut ini.

Tabel. 3: Komponen Biaya Operasional 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 dan tenaga kerja
	b. Gaji dan lembur pegawai dan penyelia
	c. Tunjangan, jaminan, dan bonus
3.	Utility dan penunjang
	a. Tenaga listrik
	b. Bahan bakar dan minyak pelumas
	c. Uap air, air pendingin, air minum, udara tekan
	d. Bahan-bahan pencegah kebakaran
4.	Administrasi dan Manajemen
	a. Gaji dan tunjangan tenaga administrasi
	b. Kompensasi manajemen
	c. Fee tenaga ahli (konsultan)
5.	Overhead dan lain-lain
	a. Overhead
	b. Pajak
	c. Asuransi
	d. Suku cadang
	e. Kontigensi
	f. Pengemasan
	g. Lain lain pengeluaran untuk produksi

Sumber: Imam Suharto (1997)

Dari tabel. 1 di atas, secara matematis dapat dibuat ke dalam persamaan (3.1) berikut ini.

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

dengan: O = biaya operasional,

- A = biaya bahan mentah dan bahan kimia,
- B = biaya tenaga kerja dan penyelia,
- C = biaya *utility* dan penunjang,
- D = biaya administrasi dan manajemen, dan
- E = biaya *overhead* dan lain-lain

Biaya Pemeliharaan adalah dana yang dikeluarkan untuk memelihara, memperbaiki bangunan dan peralatan yang dipakai dalam proses operasi suatu produksi, agar proses produksi menjadi lancar sesuai dengan perencanaan.

Komponen biaya pemeliharaan dapat dilihat pada tabel. 4 berikut ini.

Tabel. 4: Komponen Biaya Pemeliharaan

No.	Komponen Biaya Pemeliharaan
1.	Biaya tenaga kerja dan penyelia
	a. Gaji tenaga operator dan penyelia
	b. Gaji lembur tenaga operator dan penyelia
	c. Tunjangan, jaminan, dan bonus
2.	Biaya pemeliharaan bangunan dan pipa
3.	Biaya operasional alat pembersih (<i>Jet Pipe Cleaner</i>)
4.	Biaya pemeliharaan sarana penggelontor
5.	Biaya perawatan dan perbaikan komponen-komponen, dan alat pada mesin

Sumber: DPU Surakarta (2000)

Pemeliharaan dalam suatu sistem pengolahan adalah untuk mencapai tingkat kualitas dan kuantitas yang maksimum, dalam suatu kerja yang efisien. Peralatan yang baik mempengaruhi suatu proses pengolahan, karena peralatan yang dirawat akan sangat mendukung hasil suatu pengolahan dalam suatu proses.

Biaya pemeliharaan dalam suatu sistem pengolahan menjadi sangat tinggi bila terjadi kerusakan. Oleh sebab itu perlu adanya pemeliharaan

yang berjangka waktu, tenaga operator yang terlatih dan terampil, penyimpanan, dan penanganan yang baik untuk suatu alat dan bahan.

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

Waktu kegagalan dapat dilihat pada tabel. 5 berikut ini.

Tabel. 5: Waktu Kegagalan

No.	Kegiatan Sebelum Kegagalan	Waktu Sesudah Kegagalan
1.	Memeriksa	Darurat
2.	Mencegah	Rusak
3.	Memelihara	Memperbaiki

Sumber: Lockyer. Et. Al. (1990)

Biaya-biaya yang dihubungkan dengan kegagalan peralatan dan biaya-biaya pekerjaan *overhaul* dibandingkan 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 diambil empat bentuk, yaitu:

1. Berdasarkan waktu, 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, perbaikan atau penggantian terjadi jika peralatan atau sistem tersedia untuk itu.
4. Berdasarkan kondisi yang sering mengandalkan pada inspeksi terencana dengan memberitahukan kapan pemeliharaan sebaiknya dilakukan.

3.5 Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk sangat berpengaruh dalam menganalisis biaya operasional dan pemeliharaan. Dengan bertambahnya jumlah penduduk maka limbah yang dihasilkan semakin bertambah, sehingga kapasitas dari IPAL akan meningkat dan biaya operasional dan perawatan yang dikeluarkan semakin besar.

Jumlah penduduk Kodya Surakarta pada tahun 1998 ialah 546.807 jiwa, dan diperkirakan akan terus bertambah pada tahun-tahun mendatang. Dengan jumlah penduduk yang masih terus meningkat berarti kebutuhan air juga meningkat.

Pada tahun 1955 UNESCO membuat standar pemakaian air untuk kota-kota di negara yang sedang berkembang, diketahui kebutuhan air perkapita 100 liter/orang/hari. Berdasarkan penelitian Sutikno (1981), kota kabupaten dan kotamadya yang diteliti kebutuhan airnya sudah lebih besar dari 100 liter/orang/hari. Bahkan menurut PDAM Surakarta kebutuhan air sebesar 133 liter/orang/hari.

$$r = \sqrt[n]{r_1 \times r_2 \times r_3 \times \dots \times r_n} \quad \dots \dots \dots (3.3)$$

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, dan

n = selisih tahun (tahun akhir-tahun awal).

c. Dengan mengambil data awal dan akhir dari jumlah penduduk dan selanjutnya dihitung dengan menggunakan rumus:

$$r = \frac{p_n - p_o}{p_o} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (3.4)$$

dengan: r = tingkat pertambahan penduduk,

p_n = jumlah penduduk data tahun terakhir, dan

p_o = jumlah penduduk data tahun awal.

3.6 Biaya Investasi

Biaya investasi adalah biaya yang dikeluarkan untuk membiayai suatu proyek sampai proyek tersebut dapat terwujud dan berfungsi sesuai dengan rencana pembangunan proyek. Adapun tujuan investasi adalah untuk mendapatkan keuntungan atau laba atas biaya total yang telah ditanamkan dalam proyek.

Sumber dana untuk investasi proyek didapat dari:

1. APBD Tingkat I Jawa Tengah,
2. APBD Tingkat II Surakarta,
3. peran serta swasta, dan
4. sumber dana lainnya.

Investasi dapat dinyatakan dalam berbagai bentuk seperti biaya pertama, investasi rata-rata dan lain-lain. Demikian juga dengan perhitungan pemasukkan dapat dimasukkan faktor-faktor depresi, pajak, bunga, dan lain-lain, tetapi dalam hal ini faktor-faktor tersebut tidak diperhitungkan karena investasi tersebut dianggap hibah dari pemerintah pusat.

3.7 Pendapatan (*Revenue*)

Pendapatan adalah jumlah pembayaran yang diterima perusahaan dari penjualan barang atau jasa. Dihitung dengan menggunakan persamaan (3.5) berikut ini.

$$R = D \times h \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan: R = pendapatan utama yaitu retribusi dan pendapat tambahan seperti hasil ikan indikator serta retribusi pemakaian irigasi limbah,

D = jumlah (*quantity*) terjual, dan

h = harga satuan per unit

Pada awal operasi, umumnya sarana produksi tidak dipacu untuk memproduksi 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.

3.8 *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Pengkajian kelayakan suatu proyek sering digunakan kriteria yang disebut *benefit cost ratio* (BCR). Penggunaanya ditekankan kepada manfaat (*benefit*) bagi kepentingan umum dan bukan keuntungan *finansial* perusahaan. BCR diperoleh dengan menggunakan persamaan (3.6) berikut ini.

$$\text{BCR} = \frac{(\text{PV})\text{B}}{(\text{PV})\text{C}} \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan: BCR = perbandingan manfaat terhadap biaya (*benefit-cost ratio*),

(PV)B = nilai sekarang *benefit*, dan

(PV)C = nilai sekarang biaya.

Biaya (PV)C pada persamaan di atas dianggap sebagai biaya pertama (Cf), sehingga persamaan (3.7) menjadi:

$$\text{BCR} = \frac{(\text{PV})\text{B}}{\text{Cf}} \dots\dots\dots (3.7)$$

Benefit ((PV)B) pada umumnya berupa selisih antara pendapatan utama (R) dengan biaya diluar biaya pertama (C)op, misalnya untuk operasi dan produksi, sehingga persamaan (3.7) menjadi:

$$\text{BCR} = \frac{\text{R} - (\text{C})\text{op}}{\text{Cf}} \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan: R = nilai sekarang pendapatan,

(C)op = biaya diluar biaya pertama, dan

Cf = biaya pertama.

Jika diketahui tingkat suku bunga setiap tahunnya (r), biaya operasi (Cop), biaya pemeliharaan (Cpe) dan tahun produksi (n), maka persamaan (3.8) menjadi:

$$BCR = \frac{n(R)}{C_f(1+r) + n(Cop + Cpe)} \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan: n = tahun produksi,
 r = tingkat bunga pertahun,
 Cop = biaya operasi, dan
 Cpe = biaya pemeliharaan.

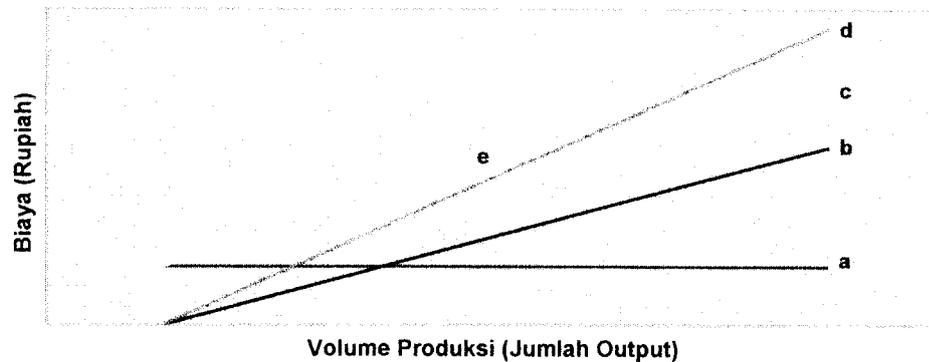
Adapun kriteria BCR akan memberikan petunjuk sebagai berikut:

1. Bila $BCR > 1$, perusahaan tersebut mendapat keuntungan.
2. Bila $BCR < 1$, perusahaan tersebut mengalami kerugian.
3. Bila $BCR = 1$, perusahaan tersebut telah mencapai titik impas.

3.9 Titik Impas (*Break Even Point*)

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

Hubungan antara volume produksi, total biaya dan titik impas dapat dilihat pada gambar (3.1) berikut ini.



Gambar. 3.1: Hubungan Volume Produksi, Total Biaya dan Titik Impas
Sumber: Imam Suharto (1997)

Pada gambar 3.1 titik potong e adalah titik menunjukkan titik impas. Garis a, b, c, dan d berturut-turut adalah biaya tetap, biaya tidak tetap, biaya total dari a dan b, dan jumlah pendapatan. Di atas titik impas, diantara garis d dan c merupakan daerah laba. Diasumsikan bahwa harga penjualan adalah konstan, maka jumlah unit pada titik impas dihitung sebagai berikut:

Pendapatan = biaya produksi

= biaya tetap + biaya tidak tetap

= $FC + (Q_i \times VC)$

jadi: $Q_i \times P = FC + (Q_i \times VC)$ (3.10)

$Q_i = \frac{FC}{P - VC}$ (3.11)

dengan: Q_i = volume yang dihasilkan dan terjual pada titik impas,

FC = biaya tetap,

P = harga penjualan per unit, dan

VC = biaya tidak tetap per unit.

Tugas akhir disini dalam menentukan titik impas dipakai dua macam teori yaitu teori harga tetap dan teori harga berlaku.

1. Teori harga tetap yaitu dengan memakai asumsi bahwa semua *variabel cost* tidak mengalami perubahan (tidak mengalami kenaikan biaya) maka akan dapat terlihat pada n tahun ke- berapa akan dijumpai titik impasnya. Dengan demikian dari berawal harga tetap tersebut akan dijadikan acuan untuk harga berlaku.
2. Teori harga berlaku yaitu dengan memakai ketentuan-ketentuan kenaikan *variabel cost* ataupun tarif retribusi sesuai dengan yang dikeluarkan ataupun direncanakan pihak pengelola. Sehingga dengan acuan harga tetap duharapkan pada harga berlaku akan didapat titik impas dengan waktu yang lebih cepat dari pada harga tetap.

ambar.

ambar. :

3.10 Pengendalian Mutu

Dalam arti luas mutu adalah kualitas yang bersifat subyektif. Suatu bentuk produksi yang sangat sering diperhatikan adalah soal mutu atau kualitas dari produk yang dihasilkan. Menurut ISO 8402 (1986), menyatakan bahwa mutu adalah sifat dan karakteristik produk atau jasa yang membuatnya memenuhi kebutuhan pelanggan (*customers*).

Untuk mengetahui mutu suatu obyek adalah dengan mengidentifikasi obyek itu sendiri, kemudian mengkaji sifat obyek tersebut agar memenuhi keinginan pelanggan. Setelah dikaji sifat materi (fisik) dari produk tersebut maka dapat didapat data mengenai bentuk, ukuran, warna, berat, kinerja, spesifikasi, sifat kimia, dan peraturan yang mengikat produk yang akan dihasilkan.

Syarat-syarat kualitas (mutu) air dari badan air dapat dilihat pada tabel. 6 berikut ini.

Tabel 6. Syarat-Syarat Kualitas (Mutu) Air Dari Badan Air

Parameter	Satuan	Kelas A		Kelas B		Kelas C		Ket
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
FISIKA								
Suhu	°C	-	Udara	-	Udara	-	Udara	
KIMIA								
Kebutuhan biologik Oksigen	Mg/l	-	3	-	3	-	5	Sbg O ₂
Oksigen pelarut	Mg/l	6	-	4	-	6	-	Sbg O ₂
Ph	-	6,5	8,5	6,5	8,5	6	9	
Zat terlarut	mg/l	-	1.000	-	2.000	-	2.000	
MIKROBIOLOGIK								
Perkiraan Coli	Per 100 ml	-	10.000	-	1.000	-	20.000	
Perkiraan Coli form. Tinja	Per 100 ml	-	2.000	-	400	-	4.000	

Catatan:

a. Minimum yang diperbolehkan (1), (3), dan(5).

b. Maksimum yang diperbolehkan (2), (4), dan (6).

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan R.I. No. 173 (1977)

BAB IV

ANALISIS

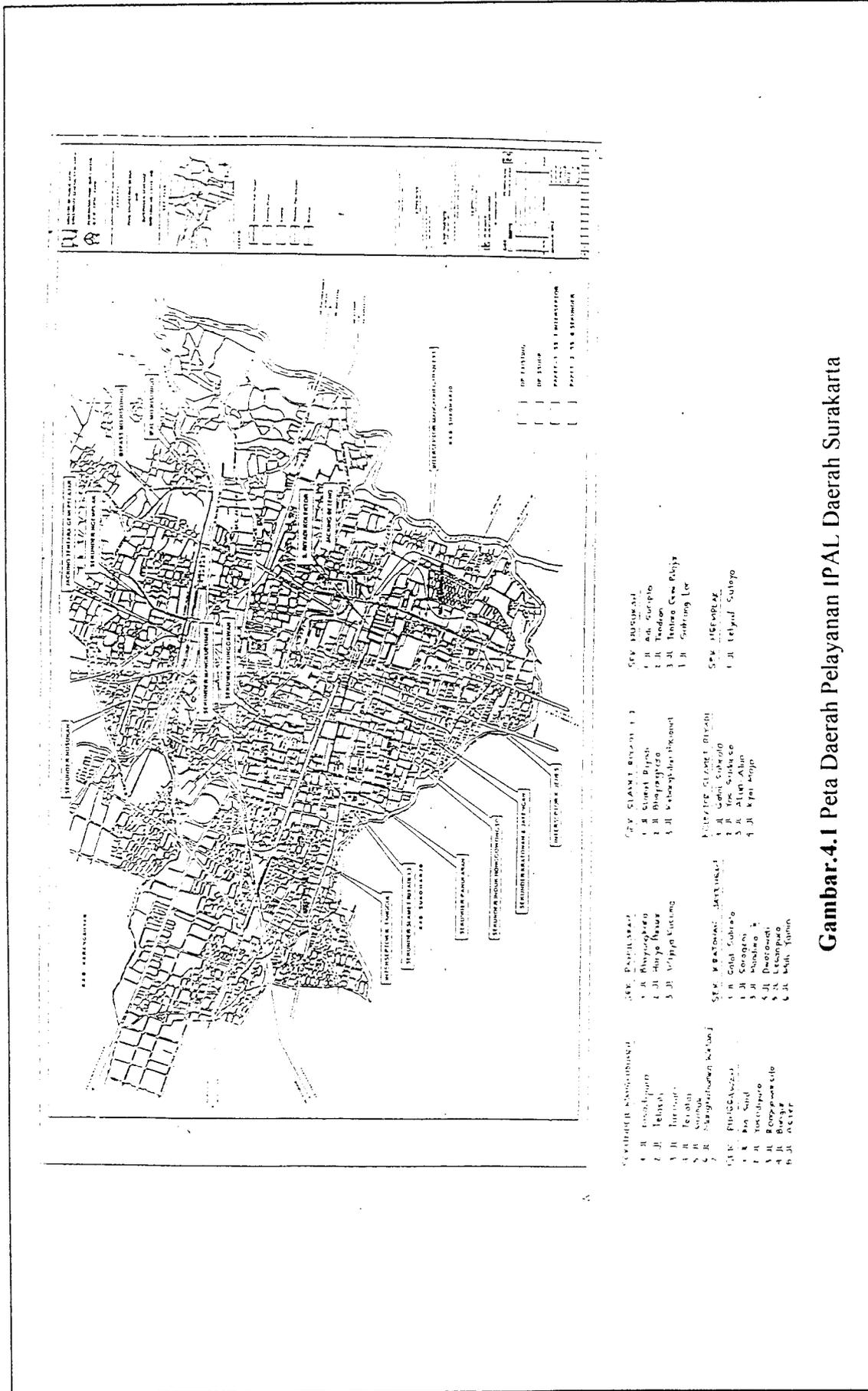
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH MOJOSONGO

4.1 Analisis Daerah Sektor Utara

4.1.1 Analisis Luas Daerah dan Topografi

Luas daerah pelayanan sektor utara adalah sebesar seperempat dari luas wilayah daerah Surakarta. Luas wilayah Surakarta 44,04 km², jadi untuk luas wilayah sektor utara lebih kurang 11,01 km². Peta daerah pelayanan sektor utara dapat dilihat pada gambar. 4.1, bahwa daerah pelayan air limbah tidak semua terjangkau.

Keadaan topografi untuk sektor utara mempunyai elevasi yang beragam, sehingga cukup sulit dalam mengalirkan air limbah pada pipa-pipa utama menuju ke IPAL. Daerah lokasi IPAL Mojosongo mempunyai elevasi yang cukup tinggi dengan topografi beragam, sehingga untuk pengaliran air limbah tersebut cukup sulit. Untuk mengantisipasinya diperlukan rumah pompa untuk mengalirkan air limbah tersebut melewati daerah yang elevasinya lebih tinggi, untuk sektor utara terutama di daerah Malabar, Dempo, Sibela dan di dekat menuju IPAL (Kali Anyar).



Gambar.4.1 Peta Daerah Pelayanan IPAL. Daerah Surakarta

4.1.2 Analisis Penduduk

Perkembangan penduduk digunakan untuk perencanaan bangunan fisik pengolahan air limbah, karena pelayanan IPAL sesuai dengan banyaknya jumlah penduduk yang akan dilayani.

Luas daerah, jumlah penduduk, sex rasio dan tingkat kepadatan tiap km² dapat dilihat pada tabel. 7 di bawah ini.

Tabel. 7: Luas Wilayah, Jumlah Penduduk, Sex Ratio dan Tingkat Kepadatan Tiap Kecamatan Kotamadya Surakarta Tahun 1994-1998

Tahun	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Penduduk	Sex Ratio	Tingkat kepadatan
1998	44,04	542.832	960	12.326
1997	44,04	539.387	958	12.248
1996	44,04	536.005	957	12.171
1995	44,04	533.628	955	12.117
1994	44,04	531.337	952	12.006

Sumber: BPS Kotamadya Surakarta (2000)

Dari data di atas dapat dihitung rasio pertumbuhan penduduk dengan menggunakan rumus ((3.4), Bab III), seperti terlihat pada tabel. 8 berikut ini.

Tabel. 8: Rasio Pertumbuhan Penduduk Tahun 1994-1997

No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Rasio Pertambahan Penduduk
1.	1994	531.377	
			0,424%
2.	1995	533.628	
			0,445%
3	1996	536.005	
			0,631%
4.	1997	539.387	

Sumber: Data diolah (2000)

Dengan menggunakan rumus ((3.3), Bab III), maka rasio penduduk adalah:

$$R = \sqrt[3]{0,424 \times 0,445 \times 0,631}$$

$$= 0,4920$$

Untuk data perhitungan pertambahan penduduk Kodya Surakarta selanjutnya dipakai rasio pertambahan penduduk sebesar 0,4920 %.

Dari tabel. 7 dapat dilihat luas wilayah Kodya Surakarta seluas 44,04 km² dengan kepadatan penduduk tiap km² 12.326 dan jumlah penduduk 542.832 jiwa pada tahun 1998, maka dapat dihitung banyaknya jumlah penduduk sektor utara. Dengan mengambil asumsi luas daerah 11,01 km² seperti analisa luas daerah diatas maka jumlah penduduk dihitung dengan:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penduduk} &= \text{luas daerah} \times \text{kepadatan penduduk tiap km}^2 \\ &= 11.01 \times 12.326 \\ &= 135.710 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

4.2 Sistem Jaringan IPAL Mojosongo

Jaringan IPAL Mojosongo dibangun pada tahun 1980 dengan menggunakan pipa berdiameter 200-500 mm. sepanjang 20,5 km. Saat ini jaringan tersebut sedang direhab dan diadakan penambahan pipa sekunder dan lateral.

Sistem jaringan air limbah Mojosongo beroperasi dibagi menjadi 2 (dua) sektor yaitu sektor penangkapan dan sektor pengolahan.

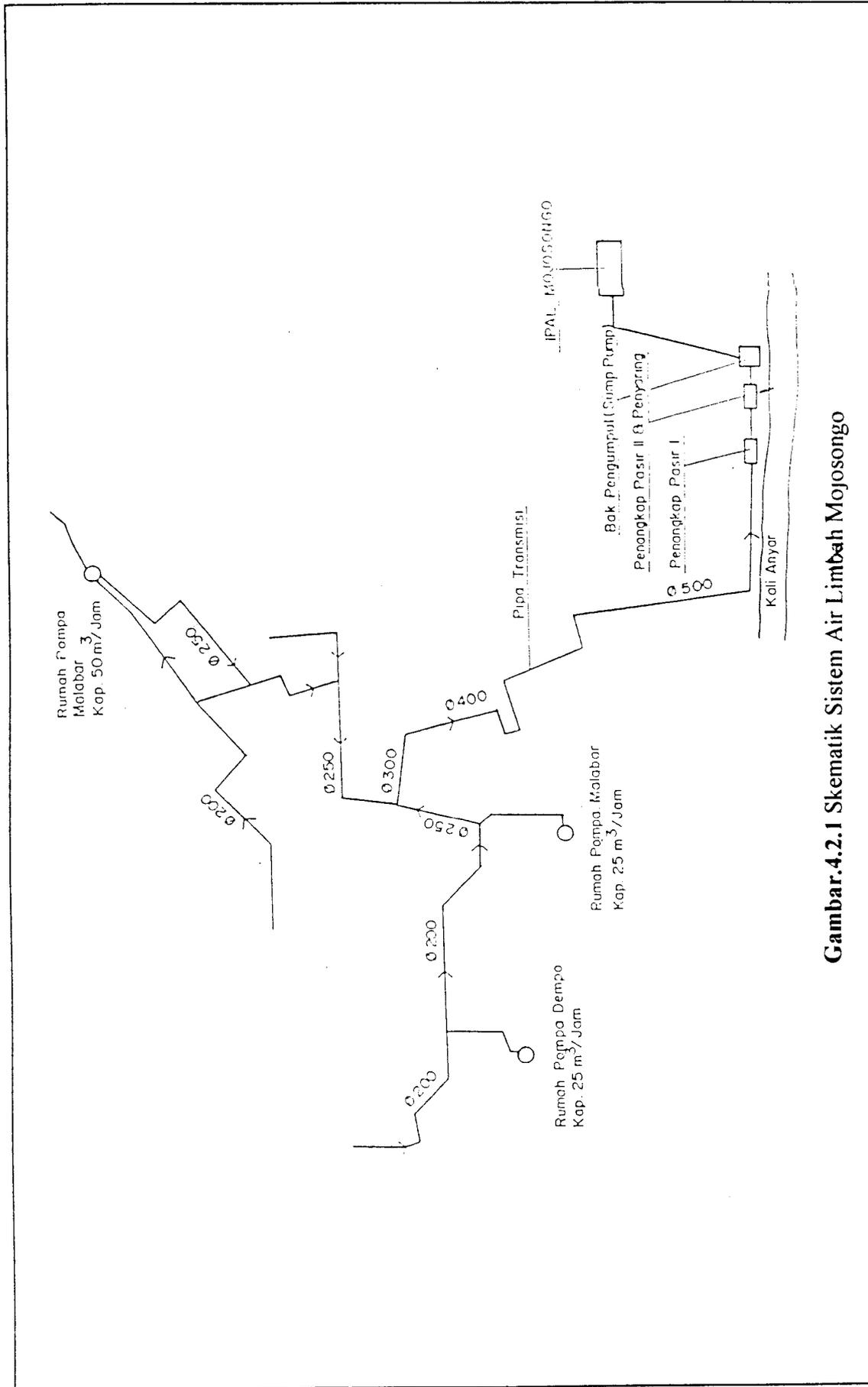
4.2.1 Sektor Penangkapan

Sektor penangkapan adalah menangkap air limbah dari bangunan perumahan dan bangunan-bangunan non perumahan yang mempunyai produk air limbah.

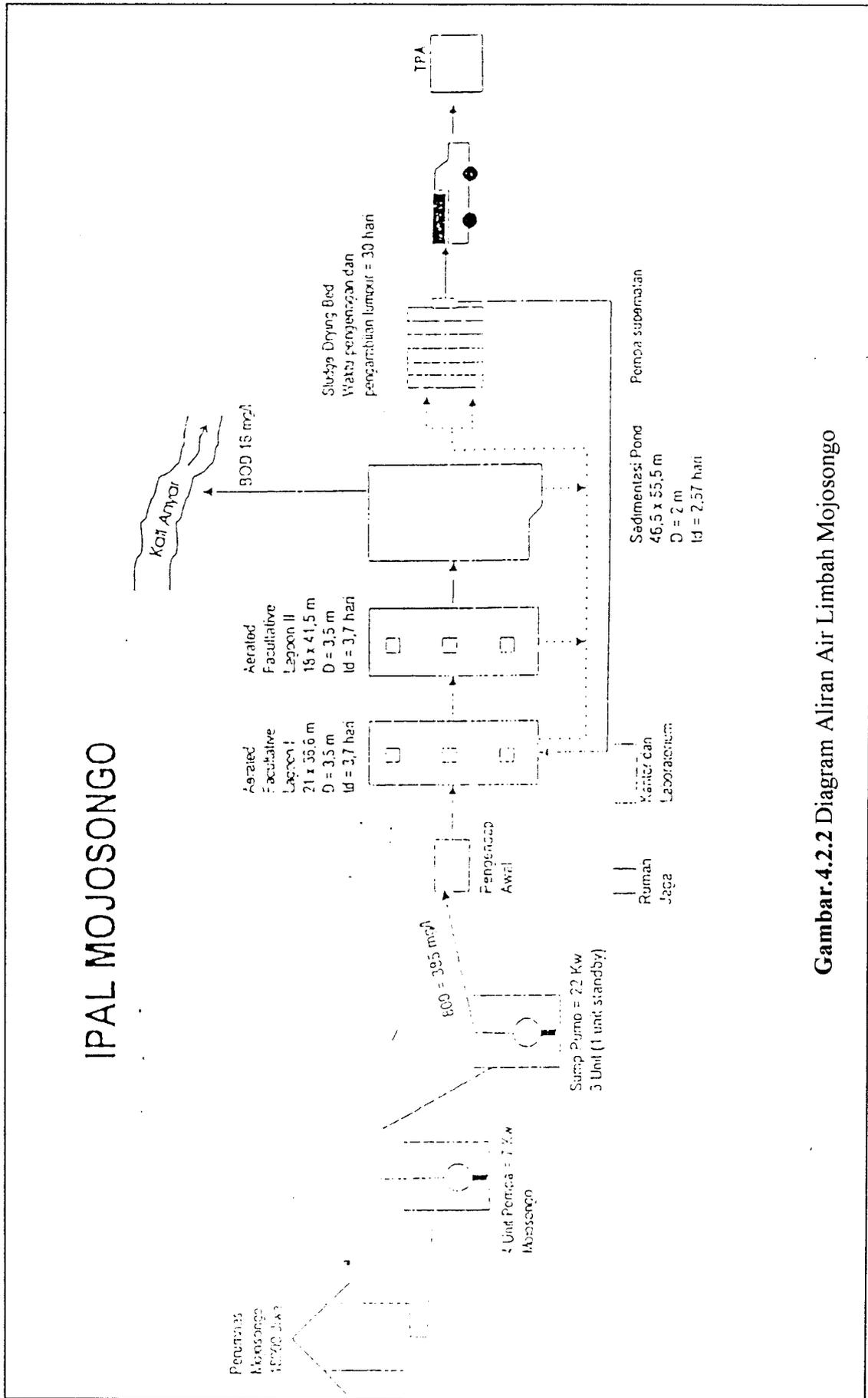
Unit penangkapan ini meliputi sambungan rumah (SR), jaringan pemipaan, *manhole* (lubang pemeriksaan), rumah pompa dan pompa pengangkat (lokasi: Sibela, Malabar, dan Dempo), bak penangkap pasir I, bak penangkap pasir II, serta rumah pompa dan pompa pengangkat (lokasi: Kali Anyar).

Sektor penangkapan sistem air limbah secara umum dapat dilihat pada gambar. (4.2) dan gambar. (4.2) yang dijelaskan secara singkat sebagai berikut:

- a. Air limbah yang diproduksi dari kegiatan rumah tangga maupun non rumah tangga diterima oleh sambungan rumah (SR).
- b. Air limbah dari SR mengalir secara gravitasi ke jaringan pemipaan dan mengalir secara gravitasi sampai pipa utama.
- c. Sebagian daerah pelayanan (SR) tidak dapat mengalir langsung secara gravitasi sampai ke pipa utama, tetapi SR tersebut mengalir secara gravitasi sampai ke bak penampung (*sump pum*), kemudian dipompa menuju titik tertinggi dan setelah itu mengalir secara gravitasi ke pipa utama.
- d. Air limbah yang terkumpul pada pipa utama akan mengalir secara gravitasi menuju ke bak penangkap pasir I dan II.



Gambar.4.2.1 Skematik Sistem Air Limbah Mojosongo



Gambar.4.2.2 Diagram Aliran Air Limbah Mojosongo

- e. Dari bak penangkap pasir II, air limbah mengalir secara gravitasi ke bak pengumpul (*sump pump*). Apabila air limbah sudah memenuhi bak pengumpul (tinggi air di bak penangkap pasir II sama dengan tinggi air di bak pengumpul, maka air limbah di bak penangkap pasir II akan meluap (*over flow*) melalui pipa dan mengalir menuju Kali Anyar).

Air limbah yang tertampung di bak pengumpul, kemudian dipompa ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berlokasi di Kedung Tungkul Mojosongo.

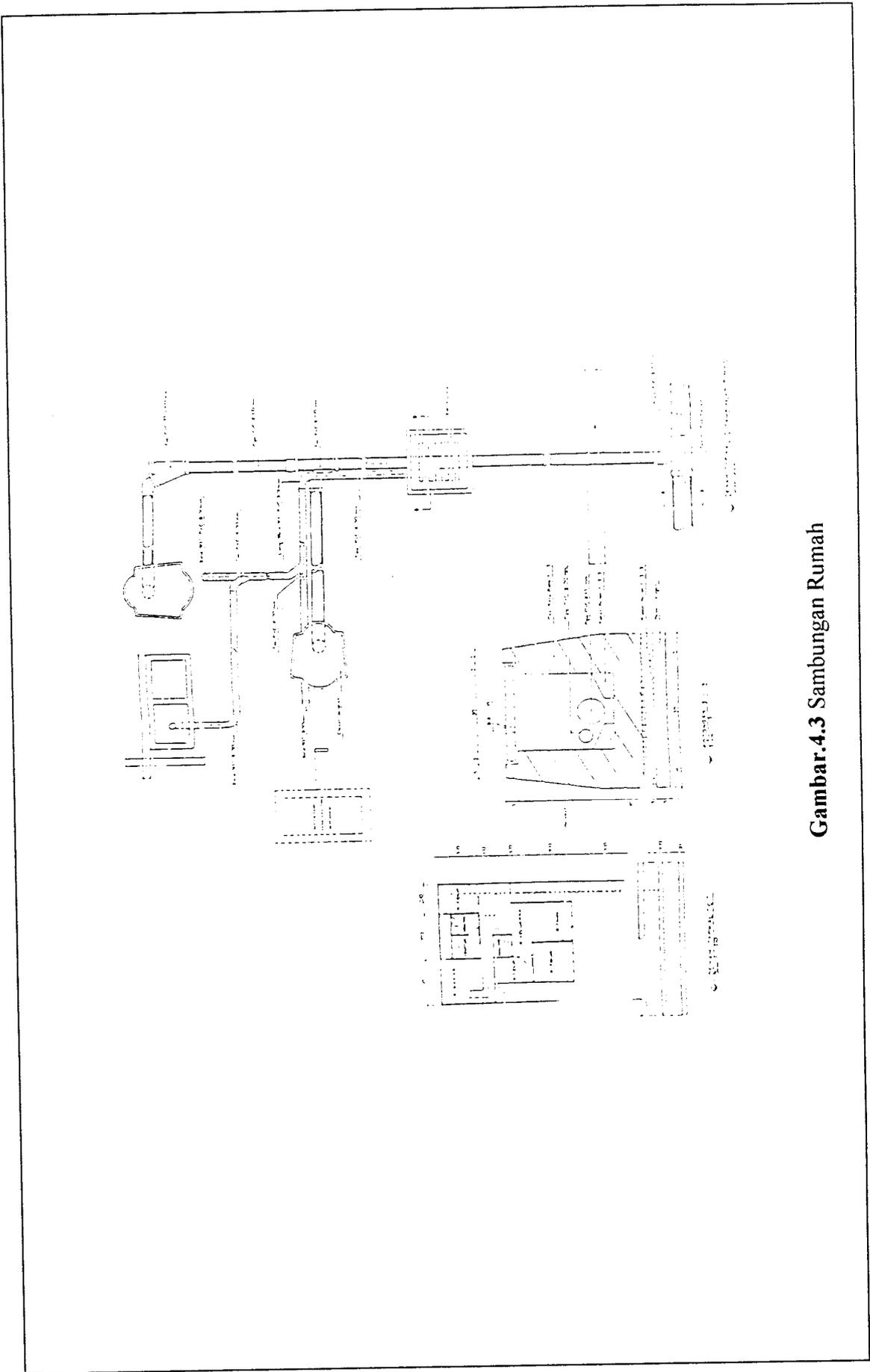
Unit-unit penangkapan terdiri dari:

1. Sambungan Rumah (SR)/Sambungan Air Limbah

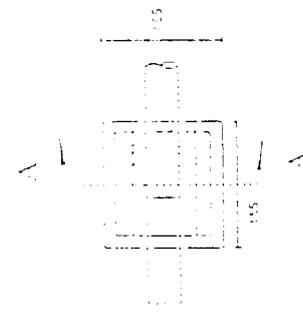
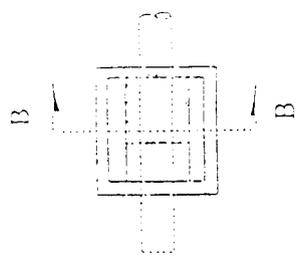
Semua jaringan perpipaan dan perlengkapan sampai batas pagar kepemilikan rumah. Sambungan ini berfungsi untuk menangkap semua produk air limbah (khususnya limbah domestik) yang berasal dari closet (air tinja), air bekas mandi, cucian dan dapur.

Gambar (4.4) menunjukkan contoh tipe dari sambungan rumah. Dari sambungan rumah inilah awal dari produk air limbah, sehingga perlu diperhatikan adanya kemungkinan benda-benda lain (misalnya plastik, dan potongan kain) yang akan terbawa ke dalam saluran air limbah. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, maka sambungan air limbah

ngan
peny
si pe
air l
memu
er pipa
da tab
anakan
Pe
50
t)
k mer
em per
gamba
ter sa
ngan b
hisalnya
uan alir
nan-bar

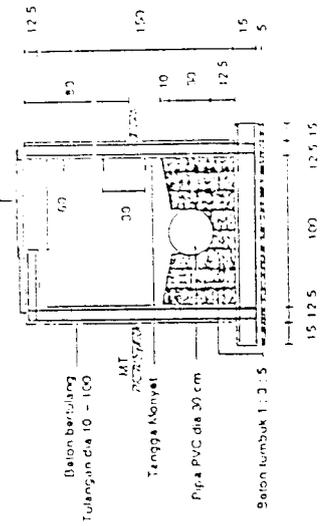
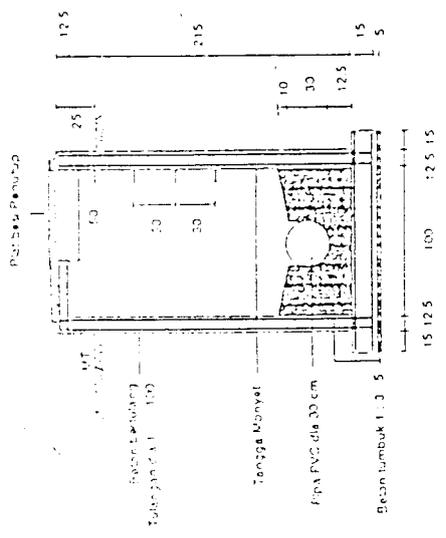


Gambar.4.3 Sambungan Rumah



Potongan A - A

Potongan B - B



Gambar.4.4 Manhole

4. Rumah Pompa dan Pompa Pengangkat

Ada 4 (empat) lokasi dalam jaringan air limbah yang memerlukan sarana pemompaan diantaranya adalah:

- Rumah pompa Sibela, Malabar dan Dempo, yang berfungsi memindahkan air limbah dari suatu zone ke zone lain.
- rumah pompa Kali Anyar, yang berfungsi mengangkat air limbah dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi.

Rumah pompa tersebut dilengkapi dengan bak pengumpul (*sump pump*) untuk mengantisipasi debit puncak (lihat gambar. (4.6) dan gambar. (4.6)). Peralatan pompa yang digunakan adalah pompa *submersible non-clogging* (rendam/celup).

Tabel. 10 Rumah Pompa yang Ada Di Mojosongo

Rumah Pompa	Unit	Kapasitas (l/det)	Pengoperasian (jam)	Daya (KVA)
Malabar	1	7	6,3	7
Dempo	1	7	6,3	7
Sibela	2	7	6,3	7
Kali Anyar	4	20	24	22

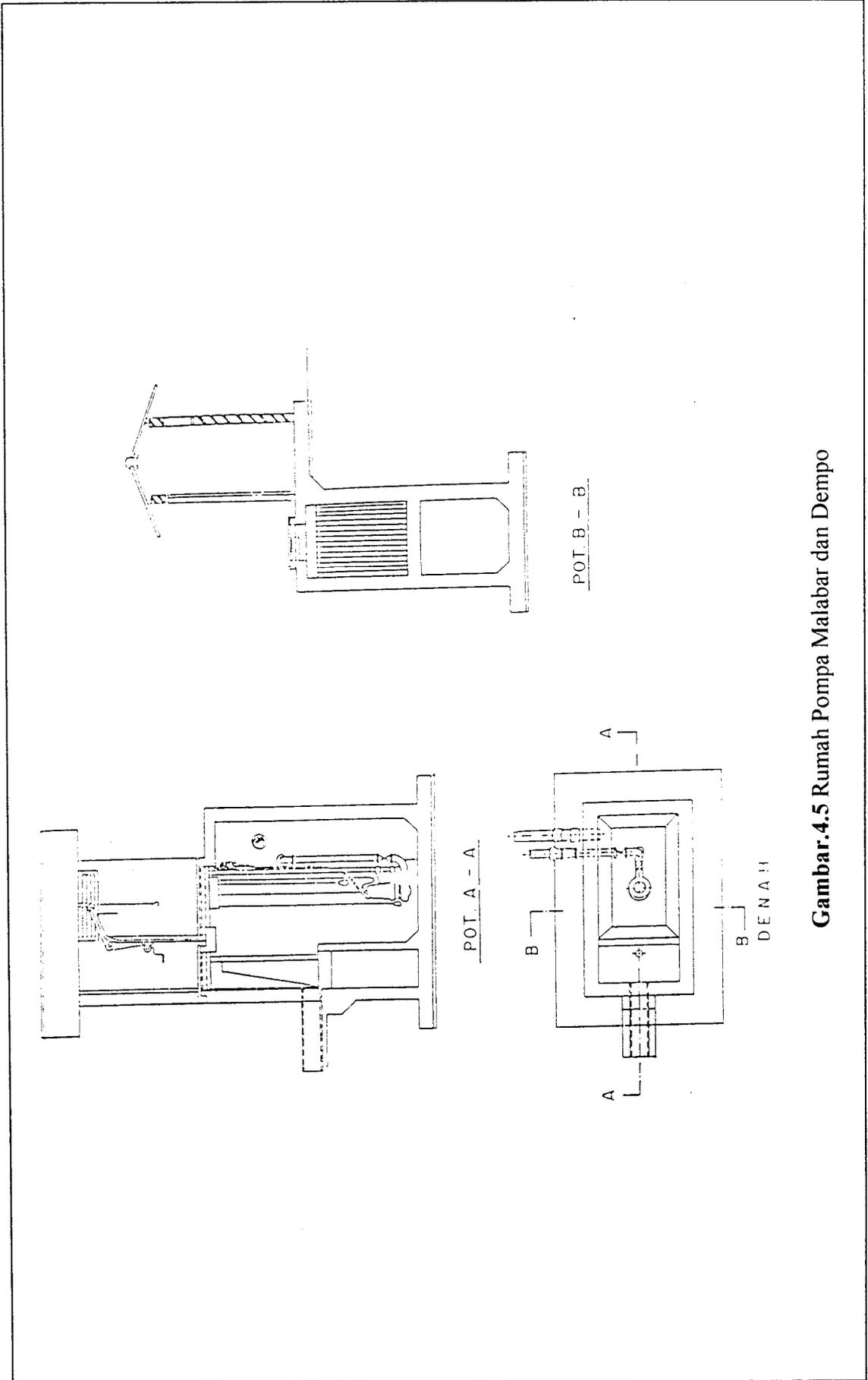
Sumber: DPU Surakarta 1998

5. Bak Penangkap Pasir

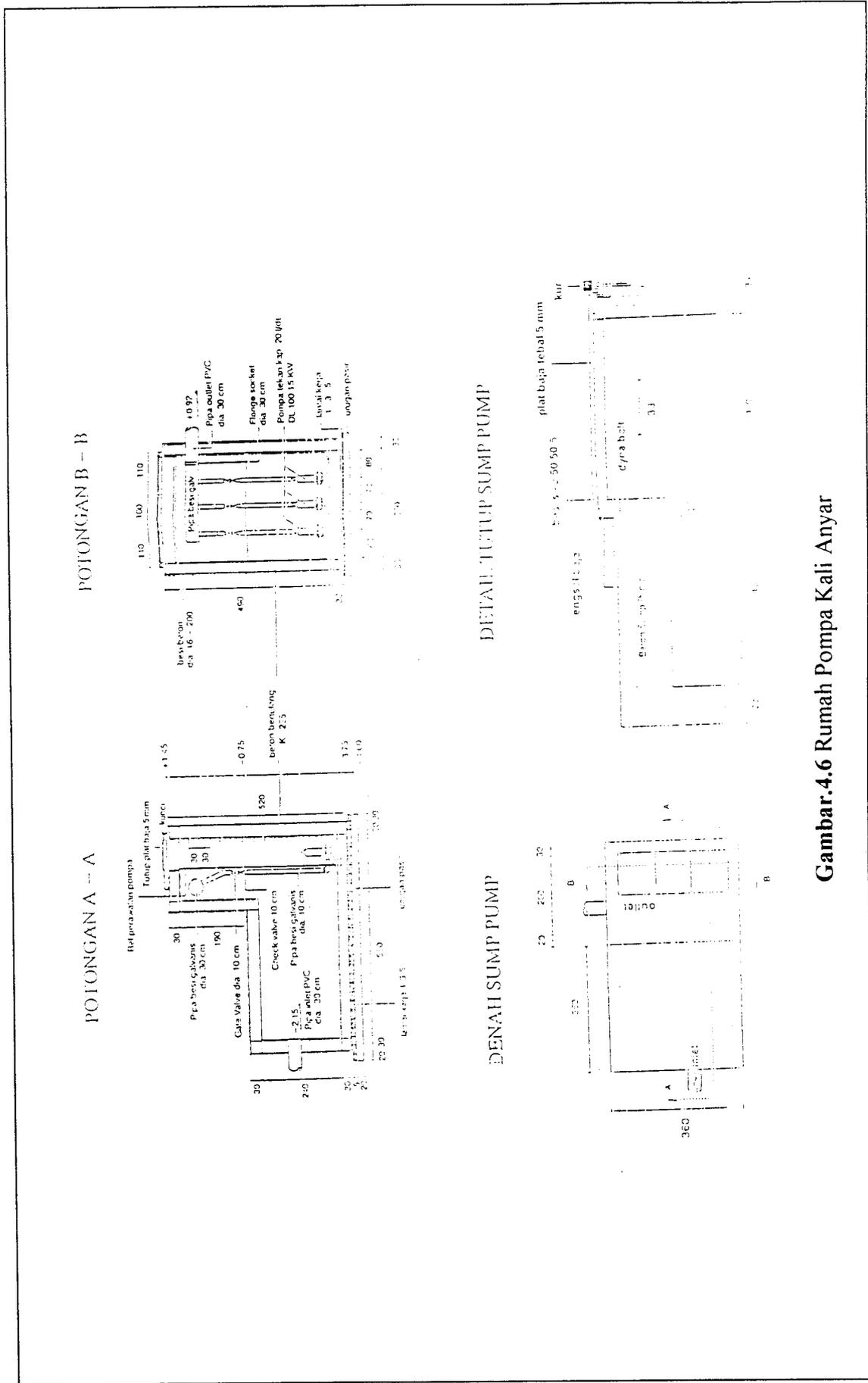
Bak penangkap pasir ini sama seperti tangki septik, tetapi tidak memenuhi kriteria sebagai tangki septik. Lokasi bak ini terletak 50-70 m. sebelah barat dari rumah pompa Kalianyar.

Jumlah bak penangkap pasir ada 2 buah yaitu:

- a. Bak Penangkap Pasir I



Gambar.4.5 Rumah Pompa Malabar dan Dempo



Gambar.4.6 Rumah Pompa Kali Anyar

4.2.2 Sektor Pengolahan

Sektor Pengolahan adalah menerima air limbah dari hasil tangkapan sampai pada *effluent* (air yang siap dibuang ke badan air penerima).

Unit pengolahan air limbah ini menggunakan sistem pengolahan dengan sistem tertutup dan menggunakan konsep kolam aerasi *fakultative*.

4.3 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Mojosongo

IPAL Mojosongo menggunakan sistem pengolahan berdasarkan konsep kolam aerasi fakultatif, luas areal IPAL tersebut 1,5 ha. IPAL Mojosongo terletak pada jalan Sabrang Lor, dan berbatasan dengan sektor utara Kali Anyar yang berjarak 700 meter.

Karena letak IPAL Mojosongo mempunyai elevasi yang lebih tinggi, maka dibutuhkan 3 unit *sump* (1 unit *standby*) yang berfungsi untuk mengalirkan limbah-limbah tersebut menuju komponen pertama pada bangunan pengolahan (lihat gambar 4.8)

Effluent IPAL dialirkan menuju Kali Anyar melalui pipa beton dengan nilai konsentrasi BOD sebesar 16 mg./lt. Jadi sistem pengolahan IPAL Mojosongo sudah memenuhi syarat ambang batas.

Komponen-komponen pada sistem pengolahan di IPAL Mojosongo terdiri dari:

1. Bak Pengendapan Awal

Apabila air limbah tidak diharapkan untuk melewati bak ini, maka *gate valve* (katub) diposisikan dalam keadaan terbuka, sehingga air akan langsung masuk menuju bak aerasi I (*Aerated Facultative Lagoon I*). Tetapi bila air limbah diinginkan untuk melewati bak ini, maka *gate valve* diposisikan dalam keadaan tertutup, sehingga air limbah akan melimpah melalui *weir* (pelimpah) dan masuk ke ruang pengukur yang terpasang skala dan debit air yang akan dipompakan. Pasir yang terbawa ke ruangan ini akan mengendap, sedangkan sampah terapung dan busa akan ditahan oleh penyekat yang diambil secara manual.

2. Bak Aerasi I (*Aerated Facultative Lagoon I*)

Air limbah yang masuk pada bak aerasi I perlu dibiarkan selama 1-2 minggu untuk dapat berkembangbiaknya mikroorganisme. Untuk mempercepat berkembangnya mikroorganisme, biasanya dilakukan *seeding* dengan cara menambah lumpur aktif dari tangki septik ke dalam bak aerasi yang dilengkapi 3 unit aerator. Bila pemberian oksigen ini kurang, maka akan timbul bau dan terjadi proses anaerobik.

3. Bak Aerasi II (*Aerated Facultative Lagoon II*)

Pada prinsipnya bak aerasi II ini sama dengan bak aerasi I. Bak aerasi I dan II akan terjadi endapan lumpur di dasar bak, sehingga perlu adanya pengurasan secara periodik. Untuk pengurasan lumpur

disediakan pompa *centrifugal self priming* dan poton serta pipa fleksibel untuk hisap dan tekan.

4. Bak Sedimentasi (*Sedimentation Pond*)

Air limbah dari *aerated facultative lagoon II* mengalir secara gravitasi ke dalam bak sedimentasi. Air yang telah diaerasi dari bak aerasi I dan II sebagian besar partikel-partikelnya akan mengendap ke dalam bak ini. Dari bak ini, air limbah sudah boleh dibuang ke badan air penerima melalui saluran di sebelah utara dan timur dari IPAL kemudian ke Kali Anyar, sedangkan endapan lumpur akan terkumpul pada dasar kolam.

5. Bak Pengering Lumpur (*Sludge Drying Bed*)

Bak pengering lumpur berfungsi untuk menampung lumpur yang diproduksi dari *aerated facultative lagoon I* dan II, bak sedimentasi serta bak pengendap awal. Dari bak-bak pengendapan lumpur tersebut, lumpur dipompakan melalui jaringan pipa lumpur dan diterima disaluran terbuka di sebelah kanan dan kiri dari bak pengering lumpur.

6. Bak Penampung Supernatan

Bak penampung supernatan berfungsi untuk menampung air pemasukan dari lumpur yang dikeringkan dalam bak pengering lumpur. Air yang terkumpul di dalam bak akan dipompakan kembali ke bak aerasi I.

Komponen-komponen yang ada pada IPAL Mojosongo dan periode pengurasan terlihat pada tabel. 11 di bawah ini.

Tabel. 11 Komponen IPAL Mojosongo dan Periode Pengurasan

No.	Komponen-komponen IPAL Mojosongo	Periode Pengurasan
1.	Bak Pengendapan Awal	3 bulan
2.	Bak Aerasi Fakultatif I	6 bulan
3.	Bak Aerasi Fakultatif II	6 bulan
4.	Bak Sedimentasi	6 bulan
5.	Bak Pengereng Lumpur	6 bulan
6.	Bak Penampang Supernatan	6 bulan

Sumber: DPU Surakarta 1999

Lumpur-lumpur yang mengendap pada bak pengendapan awal, bak aerasi I, aerasi II dan bak sedimentasi akan ditampung pada *sludge drying bed*, sehingga setiap bak aerasi terdapat pompa lumpur yang akan menghisap lumpur-lumpur tersebut menuju *sludge drying bed* melalui jaringan pipa lumpur dan diteruskan ke saluran terbuka di sebelah kanan dan kiri bak pengereng lumpur.

Setelah lumpur-lumpur dikeringkan, kemudian diangkut dengan menggunakan *Dump Truck* dan siap dibuang menuju TPA (Tempat Pembuangan Akhir), atau digunakan sebagai pupuk untuk tanaman.

Jenis aerator dan pompa yang terdapat pada IPAL Mojosongo dapat dilihat pada tabel. 12 di bawah ini.

Tabel. 12 jenis aerator dan pompa pada IPAL Mojosongo

	Jenis	Unit	Kapasitas	Daya
Aerator	MTO ₂	6	1,345kg/jam	2,2 kw/unit
Pompa Lumpur	EBARA	1	6 lt/det	7,5 kw

Sumber: PDAM Surakarta 2000

BAB V

ANALISIS

INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SEMANGGI

5.1 Analisis Daerah Sektor Selatan

5.1.1 Analisis Luas Daerah dan Topografi

Luas daerah sektor selatan adalah 33,03 km², merupakan sisa dari luas daerah Mojosongo seluas 11,01 km² dan luas daerah Surakarta 44,04 km².

Keadaan topografi sektor selatan tidak membutuhkan pompa, ini dikarenakan tidak adanya beda tinggi elevasi yang mempengaruhi aliran air limbah secara gravitasi, sehingga jaringan sistem sektor selatan ini tidak dibutuhkan rumah pompa.

5.1.2 Analisis Penduduk

Seperti halnya luas daerah, jumlah penduduk juga merupakan pengurangan dari jumlah penduduk Surakarta dengan jumlah penduduk sektor utara, sehingga jumlah penduduk untuk sektor selatan adalah 407.122 jiwa. Perbedaan jumlah penduduk dan luas daerah antara sektor utara dan selatan dapat dilihat pada tabel.15 berikut ini.

Tabel. 15: Luas Daerah dan Jumlah Penduduk Sektor Utara dan Selatan

	Luas Daerah	Jumlah Penduduk
Sektor Utara	11,01 km ²	135.710 jiwa
Sektor Selatan	33,03 km ²	407.122 jiwa
Total Daerah Surakarta	44,04 km ²	542.832 jiwa

Sumber: Data diolah (2000)

5.2 Sistem Jaringan IPAL Semanggi

Pada sektor selatan, sistem jaringan pusat kota sudah dibangun sejak tahun 1940, terdiri dari tiga sub sistem dengan pipa berdiameter 250-375 mm., yaitu:

- a. Sub sistem Kasunan, panjang pipa 20,5 km.
- b. Sub sistem Mangkunegaran, panjang pipa 13,4 km.
- b. Sub sistem Jebres, panjang pipa 3,9 km.

Sistem jaringan air limbah Semanggi beroperasinya sama dengan sistem jaringan di Mojosongo yaitu dibagi dalam 2 (dua) sektor, sektor penangkapan dan sektor pengolahan.

5.2.1 Sektor Penangkapan

Sektor penangkapan pada IPAL Semanggi ini untuk unit-unit penangkapannya ada sedikit perbedaan, perbedaannya hanya pada rumah pompa dan bak penangkap pasir. Untuk Semanggi ini karena tidak ada perbedaan tinggi elevasi yang mempengaruhi aliran air limbah secara gravitasi maka tidak perlu adanya rumah pompa, sedangkan bak penangkap pasir akan menjadi satu dalam sektor pengolahan.

Untuk itu unit-unit penangkapan yang ada pada IPAL Semanggi meliputi sambungan rumah (SR), jaringan perpipaan, *manhole* (lubang pemeriksa), penjelasan masing-masing unit diuraikan di bawah ini:

1. Sambungan Rumah

Sambungan rumah yang sudah terpasang saat ini 7.280 SR yang termasuk dalam sistem jaringan Kasunan, Mangkunegaran, dan Jebres, sedangkan selebihnya PDAM Surakarta masih mencari pelanggan.

Jadi untuk sambungan rumah masih menunggu konsumen yang mendaftar. Menurut rencana jangka panjang PDAM Surakarta, jumlah sambungan rumah yang akan menggunakan sistem ini dapat dilihat dalam tabel. 16 berikut.

Tabel. 16: Rencana Jumlah sambungan rumah IPAL Semanggi pada tahun 2001-2012

	2001	2005	2008	2012
Jumlah sambungan rumah	11.000	12.000	17.500	25.000

Sumber: P.T. Indra Karya (2000).

Sedangkan sambungan rumah untuk IPAL Mojosongo saat ini baru tersambung 3000 SR, kapasitas dari IPAL Mojosongo 6000 SR.

Peningkatan sambungn rumah secara bertahap sampai tahun 2012 sebagai berikut:

Tahun 2002-2005 : peningkatan 200 SR per tahun

Tahun 2006-2010 : peningkatan 500 SR per tahun

Tahun 2011-2012 : peningkatan 1000 SR per tahun

Jadi rencana jangka panjang Sambungan Rumah untuk IPAL Mojosongo dapat dilihat pada tabel. 17 berikut ini.

Tabel. 17 Rencana Jumlah Sambungan Rumah pada Tahun 2001-2012

	2001	2005	2008	2012
Jumlah sambungan rumah	3000	3800	5300	6300

Sumber: Data olah 2000

2. Jaringan Perpipaan

Jaringan perpipaan untuk IPAL Semanggi mempunyai sistem yang sama dengan jaringan IPAL Mojosongo dari pemakaian diameter pipa sampai pada alirannya.

Untuk pipa-pipa utama seperti pipa sekunder saat ini dalam tahap pemasangan berakhir pada tanggal 18 September 2000 untuk sistem Mangkunegaran, Kasunan dan Jebres. Pipa sekunder ini dipasang sepanjang 11,90 km dan pipa pelayanan sepanjang 36,90 km pengalirannya secara gravitasi dan pemasangannya sesuai dengan sistem jalan yang ada.

Pipa utama lainnya seperti pipa Interseptor juga masih dalam tahap pemasangan antara lain pipa interseptor Kali Tanggul sepanjang 6,4 km berdiameter 600-1000 mm, dan pipa interseptor Kali Jenes sepanjang 7 km yang berdiameter 600-1300 mm.

3. Manhole

Untuk *manhole* aturan penempatannya sama dengan IPAL Mojosongo yaitu dengan batasan diameter saluran dan pada tempat-tempat tertentu seperti setiap diameter pipa, arah aliran, slope pipa,

pertemuan aliran, percabangn dan pada setiap pertemuan dengan bangunan-bangunan lainnya.

Untuk pemeliharaan jaringan selatan lebih banyak dibutuhkan tenaga pekerja, itu disebabkan oleh banyaknya dan panjangnya jaringan yang harus dipelihara, untuk keperluan pemeliharaan lainnya sama dengan di Jaringan utara. Pada jaringan selatan banyaknya pekerja yang dibutuhkan 11 (sebelas) orang.

5.2.2 Sektor Pengolahan

Pada sektor pengolahan bagian selatan ini nantinya akan banyak melayani sambungan rumah, maka ada perbedaan dari sistem pengolahan pada IPAL Mojosongo dan IPAL Semanggi. IPAL Semanggi ini ada modifikasi khusus pada *sump pump outfall Intersptor* yang nantinya akan dipompa masuk menuju unit pengolahan. Fungsi dari *sump pump outfall* ini sama dengan fungsi bak penangkap pasir tetapi disini menjadi satu kesatuan dengan sektor pengolahan, karena letaknya diakhir pipa interrseptor yang menuju unit pengolahan dan itu letaknya masih dalam satu unit pengolahan.

Untuk sektor pengolahan pada Semanggi ini menggunakan sistem pengolahan tertutup dan memakai konsep tangki UASB (*Up flow Anaerobic Sludge Bed*) dan *Intermittent Aeration*.

Pada sistem ini semua tangki merupakan tangki tertutup, meliputi tangki ekualisasi dan sedimentasi.

Komponen-komponen pada sistem pengolahan di IPAL Semanggi terdiri dari:

1. *Bar screen*

Air limbah masuk melalui pipa *out fall* berdiameter 1.300 mm. dialirkan menuju *bar screen* secara gravitasi, diameter saringan 2 cm. Benda-benda yang tidak lolos saringan pada *bar screen* diambil secara manual.

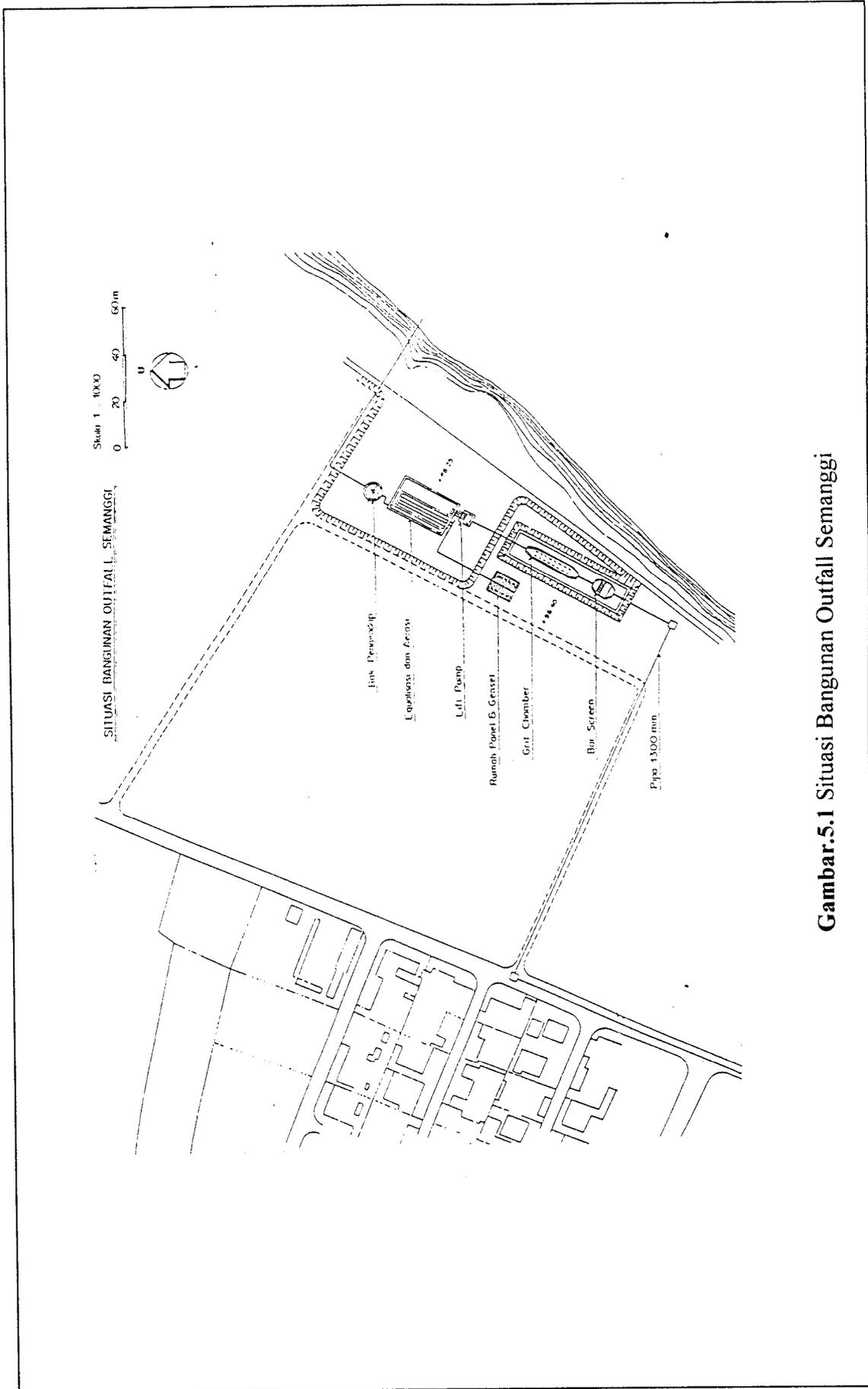
2. *Grit Chamber/Primary Settling*

Dari *bar screen* limbah dialirkan menuju *grit chamber* yang fungsinya sama dengan bak pengendapan awal.

3. Tangki ekualisasi dan aerasi

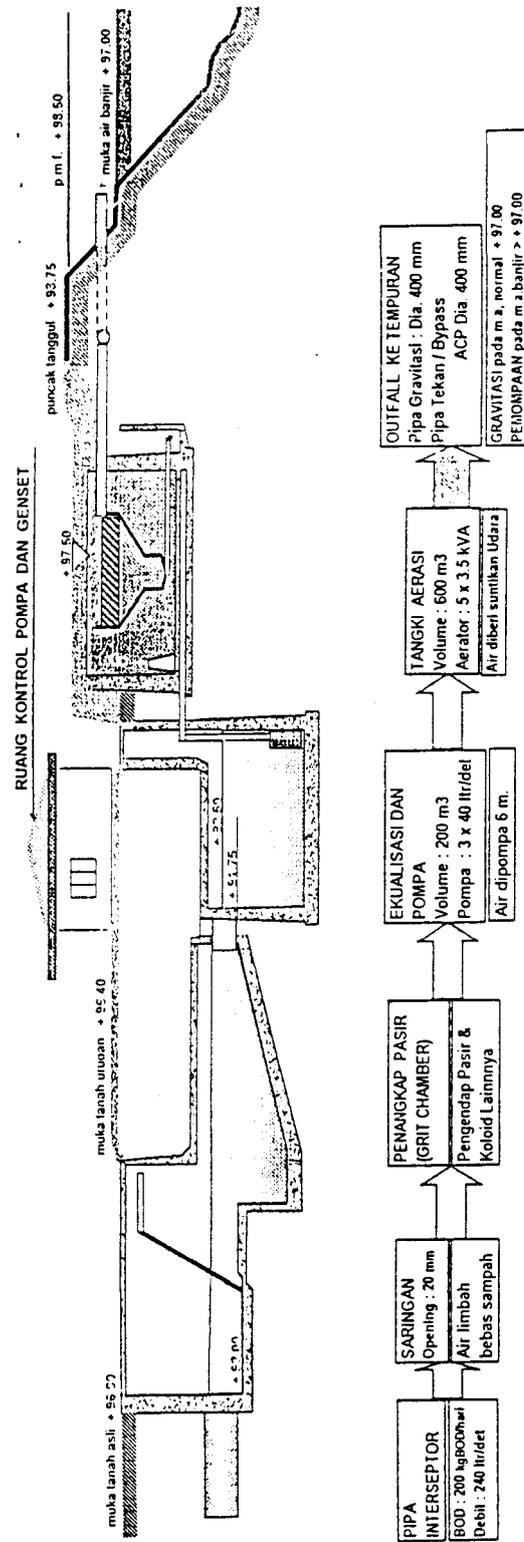
Limbah yang berada pada *grit chamber* dialirkan menggunakan pompa masuk ke dalam *lift pump*, kemudian dari *lift pump* dialirkan menuju tangki ekualisasi dan aerasi, yang berfungsi sebagai tangki aerasi pada saat IPAL Semanggi dibangun dan menampung pembuangan limbah rumah tangga yang terjadi pada jam puncak (jam 05.00-09.00 WIB).

Pada tangki ini sistem aerasinya adalah *Medium Fine Bubble Aeration-High Pressure*, dengan menggunakan enam buah aerator yang letaknya di dasar tangki dan ditambah dengan *Roots Blower* yang nantinya akan menambah laju udara dalam tangki. Setelah



Gambar.5.1 Situasi Bangunan Outfall Semanggi

GAMBAR SKEMATIS ST. POMPA OUTFALL SEMANGGI



TECHNICAL DATA

DESIGN FLOW
 Q Rata-rata : 40 - 120 ltr/det
 Q Desain : 240 ltr/det
 Beban BOD : 1600 kg BOD/hari

GRIT CHAMBER
 Dimensi : 2 x 60 x 24.00 m
 V < 0.2 m3/det

TANGKI EKUALISASI & AERASI
 Retention time : 4 jam
 O peak : 66 m3/det (TAHAP I)
 Total Volume : 900 m3
 DIMENSION : 10.00 x 6.00 x 4.50 m Ekuivalensi
 DIMENSION : 10.00 x 12.00 x 4.50 m Aerated Tank

Gambar.5.2 Skematis ST. Pompa Outfall Semanggi

Disain teknis mekanikal dan elektrikal untuk IPAL Semanggi ini terdiri dari pompa benam limbah, *blower*, pompa penguras, *Scrapper* (motor penggerak dan *gear box*) dan generator.

Pada tabel. 19 terdapat perbedaan mekanikal dan elektrikal yang terdapat pada IPAL Mojosoongo dan Semanggi.

Tabel. 19 Perbedaan Meanikal dan Eletrikal IPAL Mojosoongo dan Semanggi

IPAL Mojosoongo			IPAL Semanggi		
	Unit	Daya		Unit	Daya
Aerator	6	2,2 kVA	Aerator	6	22 kVA
Pompa Lumpur	1	7,5 kVA	Pompa Lumpur	3	7,5 kVA
			Blower	1	25 kVA
			Scapper	1	3 kVA
			Pompa Outfall	3	30 kVA

Sumber: Data Olah (2000)

Parameter desain IPAL Semanggi sampai dengan tahun 2012 dapat dilihat pada tabel. 20 berikut ini.

Tabel. 20 Parameter Disain IPAL Semanggi Untuk Sampai Tahun 2012

No	Tolok Ukur Desain	Satuan	Nilai
1.	Total penduduk yang dilayani	Jiwa	407.122
2.	Jumlah sambungan	Unit	25.000
3.	Rata-rata kapasitas pengalahan	lt/det	300
4.	Debit puncak	Lt./dt.	70
5.	Beban BOD <i>influen</i>	Kg/hari	1600
6.	Konsentrasi BOD tereduksi <i>influent</i>	mg/lt	38
7.	Pengurangan BOD	%	60
8.	Konsentrasi BOD <i>effluent</i>	mg/lt	15
9.	Bak ekualisasi&aerasi: Waktu penyimpanan hidrolis	Jam	4-6
10.	Bak ekualisasi& aerasi: Kedalaman efektif	M	3,5
11.	Bak ekualisasi&aerasi: Efisiensi transfer O ₂ dari aerator	Kg. O ₂ /hr.	2,4
12.	Produksi lumpur	Kg/hr	1280
13.	Interval pengurasan	Tahun	1

Sumber: P.T. Indra Karya (2000)

BAB VI
ANALISIS
BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN (O&M)
IPAL MOJOSONGO DAN IPAL SEMANGGI

6.1 IPAL Mojosoongo Sektor Utara

Analisa biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) IPAL Mojosoongo, meliputi biaya pegawai dan administrasi, biaya operasional IPAL, dan biaya pemeliharaan jaringan.

6.1.1 Biaya Pegawai dan Administrasi

Biaya pegawai dan administrasi ini dihitung berdasarkan SK Walikota No. 02/1998 mencakup gaji pegawai, konsultan advisor, dan biaya laboratorium. Perincian gaji pegawai dapat dilihat dalam tabel. 21 berikut ini.

Tabel. 21: Perincian Gaji Pegawai Per Tahun

No	Biaya	Sarjana	Sarmud/D3	SLTA	SLTP
1.	Gaji pokok	500.000,-	400.000,-	350.000,-	280.000,-
2.	Tunjangan PDAM	6.000,-	6.000,-	6.000,-	6.000,-
3.	Tunjangan kesehatan	50.000,-	40.000,-	30.000,-	25.000,-
4.	Tunjangan lauk pauk	18.750,-	18.750,-	18.750,-	18.750,-
5.	Tunjangan jabatan	150.000,-	100.000,-	50.000,-	50.000,-
Jumlah (Rp./bulan)		724.750,-	564.750,-	454.750,-	379.750,-
PPH.		15%	9%	9%	9%
Jumlah Pegawai		4	4	10	2
Total (Rp./tahun)		40.006.200,-	29.547.720,-	59.481.300,-	9.934.260,-

Sumber: PDAM Surakarta (2000)

Konsultan advisor diperlukan selama 4 tahun pertama, yang terdiri dari 1 orang senior *Sanitary Engineering* dengan *experience* 5-10 tahun dan 1 orang *Financial Expect* dengan *experience* 2 tahun. Gaji konsultan advisor dapat dilihat dalam tabel. 22 berikut ini.

Tabel. 22: Gaji Konsultan Advisor

Keterangan	2000	2001	2002	2003
Gaji (Rp./tahun)	144.000.000,-	144.000.000,-	72.000.000,-	72.000.000,-
Operasional (Rp./tahun)	34.000.000,-	34.000.000,-	34.000.000,-	34.000.000,-
PPn.	10%	10%	10%	10%
Total Gaji (Rp./tahun)	195.800.000,-	195.800.000,-	116.600.000,-	116.600.000,-

Sumber: PDAM Surakarta (2000)

Perincian biaya laboratorium dapat dilihat pada tabel. 23 berikut ini.

Tabel. 23: Perincian Biaya Laboratorium

No.	Macam Biaya	Uraian	Jumlah
1.	Perjalanan		
	Perjalanan untuk training		Rp. 2.000.000,-
2.	Laboratorium		
	a. Tes sampel IPAL	96 bh. x Rp. 20.000,-	Rp. 1.920.000,-
	b. Tes sampel jaringan utara	48 bh. x Rp. 20.000,-	Rp. 960.000,-
	c. Tes sampel jaringan selatan	96 bh. x Rp. 20.000,-	Rp. 1.920.000,-
	d. Tes sampel penggelontor	24 bh. x Rp. 20.000,-	Rp. 480.000,-
	e. Tes sampel IPLT	48 bh. x Rp. 20.000,-	Rp. 960.000,-
	f. Tes sampel Outfall Semanggi	24 bh. x Rp. 20.000,-	Rp. 480.000,-
	g. Bahan Kimia		Rp. 720.000,-
	h. Media pembiak bakteri		Rp. 600.000,-
	i. Cetak formulir & barang habis pakai		Rp. 600.000,-
3.	Biaya kendaraan		
	Biaya perawatan dan pemeliharaan		Rp. 708.000,-
4.	Pemeliharaan Gedung Kantor		
	a. Pembersih didinding	2.000 m ² x Rp. 680,-	Rp. 1.360.000,-
	b. Pengecatan	200 m ² x Rp. 3.500,-	Rp. 700.000,-
5.	Alat-Alat Kantor		
	a. Alat tulis, kertas dan fotocopy	12 bln x Rp. 95.000,-	Rp. 1.140.000,-
	b. Office boy	12 bln x Rp. 120.000,-	Rp. 1.440.000,-
	c. Lain-lain	12 bln x Rp. 60.000,-	Rp. 600.000,-
6.	Air Bersih		
	Kebutuhan 75 m ³ /bulan	900 m ³ x Rp. 650,-	Rp. 585.000,-
	Biaya Operasional Laboratorium		Rp. 17.173.000,-

Sumber: PDAM Surakarta (2000)

Jadi biaya pegawai dan administrasi dalam satu tahun dapat dilihat pada tabel 24 berikut ini.

Tabel. 26: Perincian Biaya Operasional Kendaraan dan Alat Berat

No	Macam-Macam Biaya	Uraian	Jumlah
1.	Pick Up		
	a. Solar	3600 lt. x Rp 550,-	Rp. 1.980.000,-
	b. Oli	48 lt. x Rp 5.500,-	Rp. 264.000,-
	c. Filter	2 unit x Rp 12.000,-	Rp. 24.000,-
	d. Grease	48 ttk. x Rp 5.000,-	Rp. 240.000,-
	e. Ban	4 bh. x Rp 250.000,-	Rp. 1.000.000,-
	f. Overhaul dan Administrasi		Rp. 550.000,-
2.	Sepeda Motor		
	a. Bensin	45 lt. x Rp 1.150,-	Rp. 517.500,-
	b. Spare part	1 kali x Rp 88.000,-	Rp. 88.000,-
	c. Ban	2 bh. x Rp 40.000,-	Rp. 80.000,-
	d. Administrasi (STNK+KIR)		Rp. 75.000,-
3.	Dump Truck/Truck Crane/Flusing Truck		
	a. Solar	5400 lt. x Rp 550,-	Rp. 2.970.000,-
	b. Oli	96 lt. x Rp 5.500,-	Rp. 528.000,-
	c. Filter	4 kali x Rp 22.000,-	Rp. 88.000,-
	d. Gease	48 ttk. x Rp 5.000,-	Rp. 240.000,-
	e. Ban	6 bh. x Rp 350.000,-	Rp. 2.100.000,-
	f. Overhaul dan Administrasi		Rp. 850.000,-
	Biaya 3 unit truk		Rp. 19.728.000,-
4.	Pompa Hisap dan Tekan Flusing Truck		
	a. Pemanasan		Rp. 39.000,-
	b. Operasional	360 jam x Rp 6.500,-	Rp. 2.340.000,-
	c. Perawatan	864 jam x Rp 6.500,-	Rp. 5.616.000,-
	Total Biaya Operasional Kendaraan dan Alat Berat		Rp. 39.317.000,-

Sumber: P.T. Indra Karya (2000)

Perincian biaya pemeliharaan bangunan IPAL Mojosongo dapat dilihat pada tabel. 27 berikut ini.

Tabel. 27: Perincian Biaya Pemeliharaan Bangunan IPAL Mojosongo

No	Macam-Macam Biaya	Uraian	Jumlah
1.	Alat-Alat Kantor		
	a. Alat-alat tulis dan Kertas	12 bln. x Rp 75.000,-	Rp. 780.000,-
	b. Komunikasi	12 bln. x Rp 200.000,-	Rp. 2.400.000,-
	c. Lain-lain	12 bln. x Rp 50.000,-	Rp. 600.000,-
2.	Air Bersih		
	Kebutuhan sebulan 75m ³	900 m ³ x Rp 650,-	Rp. 585.000,-
3.	Pemeliharaan gedung kantor		
	a. Pembersihan dinding	3.200 m ² x Rp 680,-	Rp. 2.176.000,-
	b. Pengecatan	360 m ² x Rp 3.500,-	Rp. 1.365.000,-
4.	Pemeliharaan Bangunan		
	a. Pembersihan halaman&Lingk	13.300 m ² x Rp 120,-	Rp. 1.596.000,-
	b. Pemebersiha pipa-pipa&Box		Rp. 300.000,-
	c. Pemebersihan muka air kolam	6700 m ² x Rp 250,-	Rp. 1.675.000,-
5.	Pemeliharaan Bangunan pompa Kali Anyar		

a. Pembersihan dan pengangkutan sampah dari <i>screen</i>	1200 kg x Rp 450,-	Rp. 540.000,-
b. Pembersihan <i>sump pump</i>	4 unit x Rp 100.000,-	Rp. 400.000,-
c. Pemeliharaan bangunan		Rp. 240.000,-
Total Biaya Pemeliharaan Bangunan IPAL Mojosongo		Rp.12.657.000,-

Sumber: PDAM Surakarta (2000)

Biaya pemeliharaan pompa dan aerator, sebesar 2% dari harga pompa Rp. 360.000.000,- yaitu sebesar Rp. 7.200.000,00.

Jadi biaya operasional IPAL Mojosongo dalam satu tahun dapat dilihat pada tabel. 28 berikut ini.

Tabel. 28: Total Biaya Operasional IPAL Mojosongo Per Tahun

No.	Uraian	Jumlah
1.	Biaya listrik	Rp. 119.322.501,-
2.	Biaya operasional kendaraan dan alat berat	Rp. 39.317.000,-
3.	Biaya pemeliharaan gedung dan kantor	Rp. 12.657.000,-
4.	Biaya perawatan pompa	Rp. 7.200.000,-
	Total Biaya Operasional IPAL	Rp. 178.496.501,-

Sumber: Data Diolah (2000)

6.1.3 Biaya Pemeliharaan Jaringan Utara (Mojosongo)

Jaringan-jaringan ini meliputi pipa interseptor, pipa sekunder, pipa lateral, dan pipa pengumpul SR. Perincian biaya pemeliharaan jaringan Utara ini dapat dilihat dalam tabel. 29 berikut ini.

Tabel. 29: Biaya Pemeliharaan Jaringan Utara

No.	Biaya	Jumlah
1.	Pekerja	Rp. 9.072.000,-
2.	Truck Crane	Rp. 720.000,-
3.	Dump Truck	Rp. 825.000,-
4.	ROM Combi Sewer Clener	Rp. 9.018.000,-
5.	Pick Up	Rp. 4.500.000,-
6.	Pompa Air	Rp. 60.000,-
7.	Alat Bantu	Rp. 700.000,-
	Total Biaya Pemeliharaan Jaringan	Rp. 24.895.000,-

Sumber: PDAM Surakarta (2000)

6.1.4 Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) IPAL Mojosongo

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) IPAL Mojosongo dapat dilihat pada tabel. 30 berikut ini.

Tabel. 30: Biaya Operasional dan pemeliharaan (O&M) IPAL Mojosongo

No.	Uraian	Jumlah
1.	Biaya Pegawai dan Administrasi	Rp. 120.921.240,-
2.	Biaya Operasional IPAL	Rp. 178.496.501,-
3.	Biaya Pemeliharaan Jaringan	Rp. 24.895.000,-
Total Biaya O&M IPAL Mojosongo		Rp. 324.313.741,-

Sumber: Data Diolah (2000)

6.2 IPAL Semanggi Sektor Selatan

Analisis biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) IPAL Mojosongo Surakarta, meliputi biaya pegawai dan administrasi, biaya operasional IPAL, dan biaya pemeliharaan jaringan.

6.2.1 Biaya Pegawai dan Administrasi

Biaya pegawai dan administrasi IPAL adalah pembagian pada masing-masing IPAL Semanggi dan IPAL Mojosongo, karena dihitung berdasarkan struktur organisasi unit pengolahan limbah yang mengurus dan membawahi semua persoalan limbah. Jadi dua buah IPAL ini akan dikepalai oleh satu orang Kepala Unit.

6.2.2 Biaya Operasional IPAL Semanggi

Rencana biaya operasional IPAL Semanggi terdiri dari biaya listrik, biaya kendaraan dan alat berat operasional, biaya pemeliharaan gedung dan kantor, dan biaya perawatan pompa. Perincian rencana biaya listrik dapat dilihat pada tabel. 31 berikut ini.

Tabel. 31: Perincian Rencana Biaya Listrik

No.	URAIAN	UNIT	DAYA (KVA)	JUMLAH (PPn 3%)
A.	IPAL Semanggi			
1.	Beban Tetap		125	Rp. 27.810.000,-
2.	Beban pemakaian			
a.	Aerator	6	22	Rp. 154.831.248,-
b.	Penerangan	1	4	Rp. 2.424.126,-
c.	Scapper	1	3	Rp. 1.818.094,-
d.	Pompa limbah benam	3	7,5	Rp. 4.263.273,-
e.	Blower	1	25	Rp. 29.361.695,-
B.	Pompa Outfall			
1.	Beban tetap		93	Rp. 20.690.640,-
2.	Beban pemakaian			
a.	Pompa outfall	3	30	Rp. 20.542.320,-
b.	Penerangan	1	4	Rp. 2.424.126,-
	Total Biaya Listrik			Rp. 264.165.522,-

Keterangan:

1. Biaya beban tetap Rp. 18.000,-/bulan

2. Biaya pemakaian LWBP Rp. 126,-/bulan dan WBP Rp. 151,-/bulan

Sumber: Data Diolah (2000)

Perincian rencana biaya kendaraan dan alat berat operasional menganbil asumsi bahwa harga-harga dan macam-macam biaya yang dipakai dua kali lebih banyak dari Ipal Mojosongo, karena memperhatikan faktor banyaknya jumlah sambungan rumah, kapasitas pengolahan, dan jumlah penduduk yang akan dilayani, yaitu sebesar Rp. 78.634.000,-

Perincian untuk rencana pemeliharaan bangunan IPAL Semanggi dapat dilihat dalam tabel. 32 berikut ini.

Tabel. 32: Perincian Rencana Biaya Pemeliharaan Bangunan IPAL Semanggi

No.	Macam-Macam Biaya	Jumlah
1.	Alat-Alat Kantor	
	a. Alat-alat tulis dan Kertas	Rp. 780.000,-
	b. Komunikasi	Rp. 2.400.000,-
	c. Lain-lain	Rp. 600.000,-
2.	Air Bersih	
	Kebutuhan sebulan 75 m ³	Rp. 585.000,-
3.	Pemeliharaan Bangunan	
	a. Pemeliharaan gedung kantor dan lingk.	Rp. 10.045.000,-
	b. Pembersihan bangunan	Rp. 9.590.000,-
	c. Pemeliharaan tangki UASB	Rp. 24.000.000,-
	d. Pemeliharaan Agisac Screen	Rp. 10.000.000,-
4.	Pemeliharaan Bangunan Outfaal Semanggi	
	a. Pembersihan halaman dan lingkungan	Rp. 1.596.000,-
	b. Pembersihan pipa bypass dan outlet	Rp. 300.000,-
	c. Pembersihan muka air kolam	Rp. 1.675.000,-
	d. Pembersihan dan pengangkutan sampah dari screen	Rp. 1.080.000,-
	e. Pembersihan dan pengangkutan pasir dari grit chamber	Rp. 3.072.000,-
	f. Pembersihan sump pump	Rp. 200.000,-
	Total Biaya Pemeliharaan IPAL Semanggi	Rp. 65.923.000,-

Sumber: PDAM Surakarta (2000)

Biaya pemeliharaan pompa dan aerator, sebesar 2% dari harga pompa Rp. 308.000.000,- yaitu sebesar Rp. 15.400.000,-.

Jadi total biaya operasional IPAL dalam satu tahun dapat dilihat pada tabel. 33 berikut ini.

Tabel. 33: Total Biaya Operasional IPAL Per Tahun

No.	Uraian	Jumlah
1.	Biaya Listrik	Rp. 264.165.522,-
2.	Biaya Operasional Kendaraan dan Alat Berat	Rp. 78.634.000,-
3.	Biaya Pemeliharaan Gedung dan Kantor	Rp. 65.923.000,-
4.	Biaya Perawatan Pompa	Rp. 15.400.000,-
	Total Biaya Operasional IPAL	Rp. 424.122.522,-

Sumber: Data Olah (2000)

6.2.3 Biaya Pemeliharaan Jaringan Selatan (Semanggi)

Biaya pemeliharaan jaringan selatan ini meliputi biaya pemeliharaan pipa interseptor, pipa sekunder, pipa lateral, dan pipa pengumpul SR.

Unit Jaringan Selatan meliputi Mangkunegaran, Kasunanan, dan Jebres,

pemeliharaannya sama dengan jaringan sektor utara. Karena sambungan rumah pada sektor selatan lebih banyak daripada sektor utara, maka biaya pemeliharaan jaringan otomatis lebih besar dari pada sektor utara. Di asumsikan biaya pemeliharaan jaringan untuk sektor selatan tiga kali lebih besar dari sektor utara, yaitu sebesar Rp.74.685.000,-.

6.2.4 Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) IPAL Semanggi

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) IPAL Semanggi dapat dilihat pada tabel. 35 berikut ini.

Tabel. 35: Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) IPAL Semanggi

No.	Uraian	Jumlah
1.	Biaya Pegawai dan Administrasi	Rp. 120.921.240,-
2.	Biaya Operasional IPAL	Rp. 424.122.522,-
3.	Biaya Pemeliharaan Jaringan	Rp. 74.685.000,-
Total Biaya O&M IPAL Semanggi		Rp. 619.728.762,-

Sumber: Data Diolah (2000)

6.3 Analisa Biaya Investasi

Dalam analisa biaya investasi yang diperhitungkan adalah biaya proyek yang didapat dari kontrak (untuk pekerjaan yang telah selesai atau sedang dilaksanakan). Investasi prasarana sanitasi Kotamadya Surakarta dihitung sejak dimulainya proyek-proyek SSUDP-SS, sedangkan nilai aset untuk untuk jaringan Mangkunegaran, Jebres dan Mojosongo dianggap sudah habis sehingga tidak termasuk perhitugan investasi. Adapun biaya investasi dapat dilihat pada tabel 36 di bawah ini.

Tabel. 36 Biaya Investasi Proyek Sanitasi Surakarta

A. Pekerjaan Fisik Tahun Anggaran 1996/1997	
Pembangunan IPAL Mojosongo	Rp. 2.581.000.000.-
Pengadaan & Pemasangan Interseptor K. Tanggul	Rp. 6.772.000.000.-
Rehabilitasi Sistem Jebres	Rp. 316.000.000.-
Pilot Proyek 400 SR	Rp. 275.000.000.-
B. Pekerjaan Fisik Tahun Anggaran 1997/1998	
Pemasangan 845 SR	Rp. 1.206.000.000.-
Rehabilitasi 90 SR di Mojosongo	Rp. 141.000.000.-
Pembelian Peralatan untuk O&M	Rp. 678.000.000.-
C. Pekerjaan Fisik Tahun Anggaran 1998/1999, 2000	
Pengadaan & Pemasangan Interseptor K. Jenes	Rp. 11.500.000.000.-
Pengadaan & Pemasangan Pipa Sekunder	Rp. 6.800.000.000.-
Pekerjaan Mekanikal Elektrikal Semanggi	Rp. 1.271.000.000.-
Pemasangan 4000 SR	Rp. 5.250.000.000.-
Total Biaya Investasi	Rp. 36.620.000.000.-

Sumber: PDAM Surakarta 2000

Untuk pembangunan IPAL Semanggi direncanakan dana sebesar 12 miliar rupiah. Dana tersebut untuk membangun komponen IPAL Semanggi tahap pertama.

6.4 Rekapitulasi IPAL Mojosongo dan Semanggi

Rekapitulasi untuk parameter IPAL Mojosongo dan Semanggi dapat dilihat pada tabel. 37 di bawah ini.

Tabel. 37 Rekapitulasi Parameter IPAL

Parameter	Mojosongo	Semanggi
Jumlah Penduduk (jiwa)	135.710	407.128
Jumlah Sambungan (Unit)	6000	25000
Kapasitas Pengolahan (lt/det)	155	300

Sumber: Data Olah (2000)

Rekapitulasi biaya investasi, operasional dan pemeliharaan dapat dilihat pada tabel 37 di bawah ini.

Tabel. 37 Rekapitulasi Biaya Investasi, Operasional IPAL dan Pemeliharaan Jaringan

Biaya	Mojosongo	Semanggi
Investasi		
Bangunan IPAL	Rp. 2.581.000.000.-	Rp. 12.000.000.000.-
Pengadaan & Pemasangan Interseptor	Rp. 6.772.000.000.-	Rp. 11.500.000.000.-
Pengadaan & Pemasangan Pipa Sekunder	Rp. 1.700.000.000.-	Rp. 5.100.000.000.-
Pengadaan & Pemasangan SR	Rp. 1.752.187.500.-	Rp. 3.497.812.500.-
Lain-lain	Rp. 994.000.000.-	Rp. 1.271.000.000.-
Total Investasi	Rp. 13.819.187.500.-	Rp. 33.368.812.500.-
Operasional IPAL		
Pegawai dan Administrasi	Rp. 120.921.240.-	Rp. 120.921.240.-
Biaya listrik	Rp. 119.322.501.-	Rp. 264.165.522.-
Biaya operasional kendaraan dan alat berat	Rp. 39.317.000.-	Rp. 78.634.000.-
Biaya pemeliharaan gedung dan kantor	Rp. 12.657.000.-	Rp. 65.923.000.-
Biaya perawatan pompa	Rp. 7.200.000.-	Rp. 15.400.000.-
Total Biaya Operasional IPAL	Rp. 299.417.741.-	Rp. 466.409.762.-
Pemeliharaan Jaringan	Rp. 24.895.000.-	Rp. 74.685.000.-

Sumber : Data Olah 2000

6.5 Pendapatan (*Revenue*)

Instalasi Pengolahan Air Limbah ini merupakan proyek hibah dari Pemerintah Pusat untuk Kotamadya Surakarta. Saat ini proyeknya masih sedang berjalan, untuk IPAL Mojosongo sudah mulai beroperasi sejak 1998, tetapi pengoperasiannya belum efektif karena belum semua saluran terpasang dan tersambung.

Pendapatan saat ini masih disubsidi dari pemerintah sampai dengan tahun 2003, untuk menutupi biaya operasional dan pemeliharaan. Tetapi untuk pendapatan selanjutnya pengelola IPAL yaitu Dinas PDAM Surakarta akan mengenakan tarif retribusi pengolahan limbah kepada semua pelanggan air limbah yang telah menyambung air bersih dan *revenue*, serta dari pemasangan sambungan rumah yang baru akan mendaftar.

Sesuai Peraturan Daerah Kotamadya Surakarta tarif retribusi untuk sambungan rumah tangga sebesar Rp. 3.000,- - Rp. 6.000,- sedangkan harga pemasangan sambungan rumah untuk saat ini masih dipatok harga Rp. 375.000,-. Akan tetapi selama proyek pemasangan jaringan dana hibah pemerintah masih ada dan target 11.000 SR belum terpenuhi pemasangan sambungan rumah masih tidak dikenakan beban biaya pemasangan untuk masyarakat yang dilalui oleh jaringan.

Jadi untuk saat ini pendapatan IPAL hanya dari subsidi Pemerintah Daerah saja dan belum ada pendapatan ($P = 0$).

6.6 Titik Impas (*Break Even Point*)

Dari analisis pendapatan, diketahui bahwa pendapatan baru akan berjalan tahun 2003. Karena proyek ini merupakan proyek hibah maka tidak ada kewajiban untuk pengembalian biaya investasi oleh pihak pengelola IPAL kepada Pemerintah Daerah. Disebabkan untuk saat ini tarif retribusi belum diberlakukan, maka IPAL ini belum ada pendapatan. Jadi titik impas baru akan dapat dihitung apabila tarif retribusi sudah diberlakukan.

BAB VII

PEMBAHASAN ANALISIS

7.1 Analisis Sistem Air Limbah dan Sanitasi

Pengolahan sistem air limbah di Kodya Surakarta terdiri dari dua macam yaitu:

- a. Pengolahan menggunakan fasilitas sanitasi individu.
- b. Pengolahan sistem air limbah tertutup yang dibagi dalam dua sektor yaitu sektor utara dan selatan. Untuk sektor utara sudah mulai beroperasi dan 25% dapat melayani masyarakat, sedangkan sektor selatan masih dalam tahap perencanaan dan pembangunan.

Fasilitas sanitasi individu terdiri dari unit-unit jamban pribadi yang mengalirkan tinjanya ke tangki septik dengan fasilitas infiltrasi bawah tanah atau langsung ke cubkuk, sedangkan untuk air mandi, cuci, dapur, dan lain-lainnya langsung dibuang ke saluran drainasi ataupun badan air.

Pengolahan sistem air limbah tertutup ini diterapkan di Kotamadya Surakarta, karena penduduk disana mempunyai kebiasaan tidak pernah menguras tangki septiknya, sehingga tangki tersebut mengalami kejenuhan, dan peresapannya tidak berjalan sesuai dengan fungsinya. Akibatnya limbah-limbah tersebut langsung meresap ke dalam muka

tanah dan akan mencemari air bersih. Oleh karena itu pengolahan sistem air limbah tertutup ini perlu diterapkan agar penduduk tidak perlu memakai tangki septik dan susah untuk mengurasnya.

Pengolahan ini terdiri dari sambungan rumah tangga, jaringan pengumpul, sistem penggelontor, dan IPAL sebagai bangunan pengolahan yang dikumpulkan oleh jaringan tersebut. Jaringan dan bangunan pengolahan air limbah baru ada pada sektor utara saja, sebab secara teknis untuk sektor selatan pengolahan air limbahnya masih menggunakan fasilitas sanitasi individu.

Masyarakat yang tidak menggunakan fasilitas individu maupun sambungan rumah, air limbahnya langsung dibuang ke lingkungan sekitarnya (dibuang sembarangan, ke badan air, sawah, tempat-tempat terbuka dan saluran drainasi).

7.1.1 Jaringan Sistem Air Limbah Tertutup

Jaringan air limbah yang ada di Kodya Surakarta merupakan pengembangan dan penambahan jaringan yang sudah pada sektor utara ada sejak tahun 1940 dan sektor selatan sejak tahun 1980.

Jaringan air limbah di Kodya Surakarta masih dalam tahap pengembangan dan baru dipakai pada sektor utara (IPAL Mojosongo), sedangkan untuk IPAL sektor selatan masih dalam tahap perencanaan dan pembangunan di daerah Semanggi.

Jaringan sistem air limbah tertutup bagian utara maupun selatan di Surakarta disebut dengan sektor penangkapan. Sektor penangkapan ini terdiri dari sambungan rumah tangga yang langsung berhubungan dengan kamar mandi, dapur, wastefel dan WC, sehingga tidak lagi berhubungan dengan tangki septik. Setelah itu menuju saluran sekunder dan saluran interseptor yang akhirnya masuk kedalam bangunan pengolahan air limbah. Apabila dalam saluran-saluran itu tidak tercapai kondisi pembersihan sendiri, maka diperlukan sistem penggelontor yang diambil dari bendungan Kleco (untuk sektor utara ataupun selatan).

Sebelum IPAL beroperasi, semua limbah yang terkumpul langsung dibuang ke lingkungan sekitarnya (sungai dan persawahan) tanpa pengolahan terlebih dahulu. IPAL dirancang untuk melayani Kodya Surakarta, agar tercipta lingkungan sehat dan bersih.

Jaringan pipa di Kodya Surakarta dikelola oleh Perusahaan Distribusi Air Minum (PDAM) Surakarta, sedangkan untuk pembangunan saluran dan IPAL dibuat oleh Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Surakarta.

Luasnya daerah pelayanan sangat mempengaruhi panjangnya sistem jaringan perpipaan yang ada. Sedangkan keadaan topografi suatu daerah mempengaruhi letak dan banyaknya rumah pompa. Dimasukkannya luas daerah dan keadaan topografi sebagai masukan karena secara tidak langsung mempengaruhi biaya operasional dan pemeliharaan. Jumlah penduduk tidak diperhitungkan secara detail karena sebagai tolak ukur perhitungan kapasitas pengolahan dan banyaknya

jaringan perpipaan adalah sambungan rumah, dimana sambungan rumah diasumsikan terdiri dari lima orang (ayah, ibu dan tiga anak).

7.1.2 Sistem Pengolahan Air Limbah

Seperti telah dijelaskan pada metode analisis bahwa sistem yang dipakai pada IPAL Mojosoongo dan Semanggi tidak sama dikarenakan daerah pelayanan antara Mojosoongo dan Semanggi mempunyai perbedaan luas dan banyaknya jaringan yang dibuat sangat mencolok, yaitu sambungan rumah yang ada pada Semanggi lebih banyak dari Mojosoongo yang hanya mempunyai luas daerah seperempat dari luas daerah Surakarta. Jadi untuk itu IPAL Mojosoongo dapat digunakan sistem pengolahan yang sederhana. Untuk Semanggi karena jumlah sambungan rumahnya lebih banyak dari pada Mojosoongo, diasumsikan tiga perempat dari luas daerah Surakarta dan melayani sebanyak 40% dari jumlah penduduknya, maka diperlukan suatu sistem yang berbeda untuk menampung kapasitas dari jumlah air limbah yang masuk dan menghemat biaya operasional dan pemeliharaan (O&M).

Perencanaan suatu sistem pengolahan tergantung dari keadaan daerah tersebut dan diharapkan dapat mengolah kapasitas air yang masuk dengan baik dan efektif dan tidak mengganggu masyarakat sekitarnya dalam masa proses pengolahan. Perencanaannya juga harus dapat mengoptimalkan biaya O&M dengan memakai komponen yang ada.

Sektor utara bangunan pengolahan limbah (IPAL) lokasinya terletak di Kedungtungkul daerah Mojosongo, diambil lokasi itu karena di sebelah bawah IPAL tersebut terdapat Perumnas Mojosongo yang merupakan sasaran untuk dijadikan pelanggan. IPAL Mojosongo sebenarnya diprioritaskan untuk melayani Perumnas tersebut yang jumlah rumahnya paling banyak untuk daerah utara. Selain itu lokasi tersebut berdekatan dengan Kali Anyar untuk mengalirkan air limbah yang telah diolah.

Sektor selatan direncanakan dibangun pada daerah Semanggi yang dekat dengan sungai Bengawan Solo dan letaknya tepat ditengah daerah selatan, yang nantinya akan mengalirkan air yang telah diolah. Selain itu tanah tersebut masih hak milik Pemda Surakarta.

Sektor utara dipakai sistem terbuka dan memakai konsep pengolahan kolam aerasi fakultatif dianggap efektif dan efisien karena melihat dari lokasi IPAL yang jauh dari pemukiman (elevasinya lebih tinggi daripada Perumnas di bawahnya) jadi dimungkinkan untuk memakai sistem terbuka berupa kolam-kolam. Dari luas daerahnya pun dan besarnya jaringan yang ada juga banyaknya sambungan rumah yang akan terlayani yaitu 6.300 SR dengan konsep di atas dianggap dapat mengolah air limbah dengan kapasitas pengolahan sebesar 155 ltr./det.

Perencanaan IPAL Semanggi dipakai sistem tertutup dan konsep pengolahan memakai tangki UASB (*Up flow Anaerobic Sludge Bed*) & *Intermittent Aeration* yang merupakan pengembangan dari IPAL Mojosongo. Dipakai disain tersebut karena luas daerah sektor selatan

lebih besar juga diharapkan dapat mengoptimalkan dan mengefisienkan biaya operasional dan Pemeliharaan (O&M). Adapun kapasitas pengolahan dari IPAL Semanggi adalah 300 ltr./det. dan dapat menampung 25.000 sambungan rumah.

7.2 Analisis Biaya Operasional dan pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan untuk Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) pada proyek Semarang-Surakarta Urban Development Programme (SSUDP) berasal dari subsidi pemerintah pusat yaitu melalui Departemen Pengembangan Wilayah & Pemukiman dengan tembusan Bank Dunia selama 2 tahun pengoperasian IPAL Mojosongo dan Semanggi. Pada tahun kedua subsidinya dibagi lagi menjadi dua tahun jadi subsidinya selama tiga tahun. Dana subsidi dari Pemerintah Pusat dapat dilihat pada tabel. 38 d bawah ini.

Tabel. 38: Subsidi Biaya Operasional dan Pemeliharaan selama tiga tahun

No.	Tahun Anggaran	Jumlah Subsidi Biaya O&M
1.	2000-2001	Rp. 370.858.000,-
2.	2001-2002	Rp. 758.850.000,-
3.	2002-2003	Rp. 397.992.000,-

Sumber: P.T. Indra Karya Surakarta (2000)

Setelah dua tahun pertama pemerintah daerah harus mengeluarkan PERDA untuk menetapkan nilai retribusi yang disetujui. Untuk pengoperasian dan pemeliharaan IPAL Mojosongo dan Semanggi ditangani oleh PDAM Surakarta, dan pelaksanaan perencanaan untuk biaya operasional dan pemeliharaan sedang dihitung menurut jumlah sambungan rumah untuk masing-masing IPAL.

Selama subsidi berjalan sampai selesai pada saat itu tidak ada perhitungan untuk biaya operasional dan pemeliharaan karena biaya O&M tersebut telah disubsidi oleh pemerintah pusat.

Analisis biaya operasional dan pemeliharaan dimulai pada tahun setelah subsidi dari pemerintah berakhir yaitu pada tahun 2003, dalam hal ini dipakai dua buah asumsi yaitu harga tetap dan harga berlaku, dengan menghitung kapasitas masing-masing IPAL baru akan penuh pada tahun ke-13 setelah mulai beroperasi.

7.2.1 Hasil Analisis Harga Tetap

Harga tetap disini dicari berdasarkan cara coba-coba dengan memprediksikan tahun ke-n, maka akan didapat titik impas dan tanpa memperhitungkan kenaikan. Jadi semua biaya O&M dan pendapatan semuanya tetap dan konstan tidak ada kenaikan.

Analisis besarnya biaya operasional dan pemeliharaan yang dihitung berdasarkan asumsi harga tetap dengan perencanaan kapasitas masing-masing IPAL sudah penuh selama n tahun sama dengan 20, sedangkan untuk mencapai kapasitas penuh diperlukan waktu selama 13 tahun yang disebut *grace periode*. Untuk perhitungan harga tetap untuk mencapai kapasitas penuh dipakai asumsi-asumsi sebagai berikut:

- a. Kenaikan jumlah pelanggan dari awal operasi sampai kapasitas penuh sebesar 5% per tahun.

- b. Kenaikan biaya O&M dihitung berdasarkan kenaikan jumlah pelanggan saat kapasitas belum penuh, pada saat kapasitas penuh biaya O&M tetap memakai nilai O&M saat tahun ke- 13.
- c. Untuk tarif dipakai tarif total yaitu tarif O&M per bulan ditambahkan dengan tarif Investasi per bulan.

Perhitungan harga tetap masing-masing IPAL:

1. IPAL Mojosongo

Pada tabel. 39 memakai perhitungan sebagai berikut:

- Kenaikan biaya O&M berdasarkan kenaikan jumlah pelanggan yaitu sebesar 5% per tahun sampai kapasitas penuh yaitu tahun 2015.
- Untuk Investasinya perhitungan tarif berdasarkan bahwa Investasi akan diangsur sampai tahun ke- 25 jadi Investasi akan dibagi 25 tahun dan dibagi jumlah pelanggan pada kapasitas penuh yaitu 6285.

Tabel.39 Kenaikan Biaya O&M dalam Juta Rupiah dengan Kapasitas Belum Penuh selama 13 Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Biaya O&M	Tarif per Bulan Berdasarkan O&M	Investasi	Tarif per bulan berdasarkan Investasi	Tarif Total
2003	3500	Rp.324,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2004	3675	Rp.665,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2005	3859	Rp.1.022,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2006	4052	Rp.1.398,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2007	4254	Rp.1.792,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2008	4467	Rp.2.206,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2009	4690	Rp.2.641,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2010	4925	Rp.3.097,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2011	5171	Rp.3.576,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2012	5430	Rp.4.079,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2013	5701	Rp.4.608,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2014	5986	Rp.5.162,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-
2015	6285	Rp.5.745,-	Rp.7722,-	Rp. 13.819,-	Rp. 7.329,-	Rp.15.051,-

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa IPAL Mojosongo penuh kapasitasnya pada tahun ke-13 dan Biaya O&M totalnya sebesar Rp. 5.744.563.731,- untuk tarifnya didapat dari tarif perbulan dari angsuran O&M dan Investasi. Pada tabel 40. akan dilihat pendapatan selama 13 tahun saat kapasitas IPAL belum penuh dimana pendapatan didapat dari jumlah pelanggan dikalikan tarif selama 12 bulan.

Tabel.40 Pendapatan IPAL Mojosongo selama 13 Tahun saat Kapasitas Belum Penuh

Tahun	Jumlah Pelanggan	Total Tarif per Bulan	Pendapatan
2003	3500	Rp.15.051,-	Rp.632,-
2004	3675	Rp.15.051,-	Rp.1.296,-
2005	3859	Rp.15.051,-	Rp.1.993,-
2006	4052	Rp.15.051,-	Rp.2.725,-
2007	4254	Rp.15.051,-	Rp.3.493,-
2008	4467	Rp.15.051,-	Rp.4.300,-
2009	4690	Rp.15.051,-	Rp.5.147,-
2010	4925	Rp.15.051,-	Rp.6.036,-
2011	5171	Rp.15.051,-	Rp.6.970,-
2012	5430	Rp.15.051,-	Rp.7.951,-
2013	5701	Rp.15.051,-	Rp.8.981,-
2014	5986	Rp.15.051,-	Rp.10.062,-
2015	6285	Rp.15.051,-	Rp.11.197,-

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 13 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

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

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-13) tahun

(C)op = biaya O&M (1-13) Tahun

Cf = biaya pertama

BCR untuk IPAL Mojosongo pada tahun ke- 13 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 0,5$$

dengan : R = Rp. 11.197.000.000,-

(C)op = Rp. 5.745.000.000,-

Cf = Rp. 13.819.000.000,-

IPAL Mojosongo pada Tahun ke- 13 belum mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=0,5 untuk itu untuk menghitung kapasitas IPAL pada saat penuh dipakai harga tetap untuk tarif tetapi langsung dikumulatikan pada pendapatan begitu juga dengan biaya O&Mnya harga tetap yaitu nilai pada tahun ke-13 sebesar Rp. 582.000.000,-tetapi langsung dikumulatikan. Seperti pada tabel. 41 di bawah ini..

Tabel. 41 Pendapatan dalam Juta Rupiah dari tahun 2003-2029 untuk IPAL Mojosongo

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Pendapatan	Biaya O&M	Investasi	Biaya Total
2003	3500	Rp.15.051,-	Rp.632,-	Rp.324,-	Rp. 13.819,-	Rp.14.143,-
2004	3675	Rp.15.051,-	Rp.1.296,-	Rp.665,-	Rp. 13.819,-	Rp.14.484,-
2005	3859	Rp.15.051,-	Rp.1.993,-	Rp.1.022,-	Rp. 13.819,-	Rp.14.842,-
2006	4052	Rp.15.051,-	Rp.2.725,-	Rp.1.398,-	Rp. 13.819,-	Rp.15.217,-
2007	4254	Rp.15.051,-	Rp.3.493,-	Rp.1.792,-	Rp. 13.819,-	Rp.15.611,-
2008	4467	Rp.15.051,-	Rp.4.300,-	Rp.2.206,-	Rp. 13.819,-	Rp.16.025,-
2009	4690	Rp.15.051,-	Rp.5.147,-	Rp.2.641,-	Rp. 13.819,-	Rp.16.460,-
2010	4925	Rp.15.051,-	Rp.6.036,-	Rp.3.097,-	Rp. 13.819,-	Rp.16.916,-
2011	5171	Rp.15.051,-	Rp.6.970,-	Rp.3.576,-	Rp. 13.819,-	Rp.17.395,-
2012	5430	Rp.15.051,-	Rp.7.951,-	Rp.4.079,-	Rp. 13.819,-	Rp.17.898,-
2013	5701	Rp.15.051,-	Rp.8.981,-	Rp.4.608,-	Rp. 13.819,-	Rp.18.427,-
2014	5986	Rp.15.051,-	Rp.10.062,-	Rp.5.162,-	Rp. 13.819,-	Rp.18.981,-
2015	6285	Rp.15.051,-	Rp.11.197,-	Rp.5.745,-	Rp. 13.819,-	Rp.19.564,-
2016	6285	Rp.15.051,-	Rp.12.332,-	Rp.6.327,-	Rp. 13.819,-	Rp.20.146,-

2017	6285	Rp.15.051,-	Rp.14.467,-	Rp.6.909,-	Rp. 13.819,-	Rp.20.728,-
2018	6285	Rp.15.051,-	Rp.15.602,-	Rp.7.491,-	Rp. 13.819,-	Rp.21.310,-
2019	6285	Rp.15.051,-	Rp.16.737,-	Rp.8.073,-	Rp. 13.819,-	Rp.21.892,-
2020	6285	Rp.15.051,-	Rp.17.872,-	Rp.8.655,-	Rp. 13.819,-	Rp.22.474,-
2021	6285	Rp.15.051,-	Rp.19.007,-	Rp.9.237,-	Rp. 13.819,-	Rp.23.056,-
2022	6285	Rp.15.051,-	Rp.20.142,-	Rp.9.819,-	Rp. 13.819,-	Rp.23.638,-
2023	6285	Rp.15.051,-	Rp.21.277,-	Rp.10.401,-	Rp. 13.819,-	Rp.24.220,-
2024	6285	Rp.15.051,-	Rp.22.412,-	Rp.10.983,-	Rp. 13.819,-	Rp.24.802,-
2025	6285	Rp.15.051,-	Rp.23.547,-	Rp.11.565,-	Rp. 13.819,-	Rp.25.384,-
2026	6285	Rp.15.051,-	Rp.24.682,-	Rp.12.147,-	Rp. 13.819,-	Rp.25.966,-
2027	6285	Rp.15.051,-	Rp.25.817,-	Rp.12.729,-	Rp. 13.819,-	Rp.26.548,-
2028	6285	Rp.15.051,-	Rp.26.952,-	Rp.13.311,-	Rp. 13.819,-	Rp.27.130,-
2029	6285	Rp.15.051,-	Rp. 28.952,-	Rp.13.893,-	Rp.13.819,-	Rp.27.712,-
2030	6285	Rp.15.051,-	Rp.28.224,-	Rp.14.475,-	Rp.13.819,-	Rp.28.294,-
2031	6285	Rp.15.051,-	Rp.29.360,-	Rp.15.057,-	Rp.13.819,-	Rp.28.876,-
2032	6285	Rp.15.051,-	Rp.30.495,-	Rp.15.639,-	Rp.13.819,-	Rp.29.458,-

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 30 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

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

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-27) tahun

(C)op = biaya O&M (1-7) Tahun

Cf = Investasi

BCR untuk IPAL Mojosoongo pada tahun ke- 30 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,08$$

dengan : R = Rp. 30.495.000.000,-

(C)op = Rp. 15.639.000.000,-

Cf = Rp. 13.819.000.000,-

IPAL Mojosoongo pada Tahun ke- 30 sudah mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=1,09.

Titik impas IPAL Mojosoongo menggunakan asumsi harga tetap pada tabel-tabel di atas didapat pada tahun ke- 28 dapat dilihat pada gambar 7.1.

2. IPAL Semanggi

Pada tabel. 42 memakai perhitungan sebagai berikut:

- Kenaikan biaya O&M berdasarkan kenaikan jumlah pelanggan yaitu sebesar 5% per tahun sampai kapasitas penuh yaitu tahun 2015.
- Untuk Investasinya perhitungan tarif berdasarkan bahwa Investasi akan diangsur sampai tahun ke- 25 jadi Investasi akan dibagi 25 tahun dan dibagi jumlah pelanggan pada kapasitas penuh yaitu 12000 SR.

Tabel.42 Kenaikan Biaya O&M dalam Juta Rupiah serta Tarif per Bulan dan Investasi dalam Juta Rupiah serta tarif per bulan, dengan Kapasitas Belum Penuh selama 13 Tahun dan IPAL Semanggi

Tahun	Jumlah Pelanggan	Biaya O&M	Tarif per Bulan Berdasarkan O&M	Investasi	Tarif per bulan berdasarkan Investasi	Tarif Total
2003	12000	Rp.620,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2004	12600	Rp.1.270,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2005	13230	Rp.1.954,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2006	13892	Rp.2.671,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2007	14586	Rp.3.424,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2008	15315	Rp.4.215,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2009	16081	Rp.5.046,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2010	16885	Rp.5.918,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2011	17729	Rp.6.834,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2012	18616	Rp.7.795,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2013	19547	Rp.8.804,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2014	20524	Rp.9.864,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-
2015	21550	Rp.10.977,-	Rp.4.304,-	Rp.33.369,-	Rp.5.161,-	Rp.9.465,-

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa IPAL Semanggi penuh kapasitasnya pada tahun ke-13 dan Biaya O&M totalnya sebesar Rp. 10.977.000.000,- untuk tarifnya didapat dari tarif perbulan dari angsuran O&M dan Investasi. Pada tabel 43. akan dilihat pendapatan selama 13 tahun saat kapasitas IPAL belum penuh dimana pendapatan didapat dari jumlah pelanggan dikalikan tarif selama 12 bulan.

Tabel. 43 Pendapatan per Tahun dalam Juta Rupiah selama 13 Tahun Berdasarkan Tarif Total IPAL Semanggi

Tahun	Jumlah Pelanggan	Total Tarif per Bulan	Pendapatan
2003	12000	Rp.9.265,-	Rp.1.363,-
2004	12600	Rp.9.265,-	Rp.2.794,-
2005	13230	Rp.9.265,-	Rp.4.297,-
2006	13892	Rp.9.265,-	Rp.5.874,-
2007	14586	Rp.9.265,-	Rp.7.531,-
2008	15315	Rp.9.265,-	Rp.9.270,-
2009	16081	Rp.9.265,-	Rp.11.097,-
2010	16885	Rp.9.265,-	Rp.13.015,-
2011	17729	Rp.9.265,-	Rp.15.029,-
2012	18616	Rp.9.265,-	Rp.17.143,-
2013	19547	Rp.9.265,-	Rp.19.362,-
2014	20524	Rp.9.265,-	Rp.21.694,-
2015	21550	Rp.9.265,-	Rp.24.141,-

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 13 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

$$BCR = \frac{R - (C)_{op}}{C_f}$$

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-13) tahun

(C)_{op} = biaya O&M (1-13) Tahun

C_f = biaya pertama

BCR untuk IPAL Semanggi pada tahun ke- 13 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)_{op}}{C_f} = 0,38$$

dengan : R = Rp. 23.632.000.000,-

(C)op = Rp. 10.977.000.000,-

Cf = Rp. 33.369.000.000,-

IPAL Semanggi pada Tahun ke- 13 belum mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=0,39 untuk itu untuk menghitung kapasitas IPAL pada saat penuh dipakai harga tetap untuk tarif tetapi langsung dikumulatikan pada pendapatan begitu juga dengan biaya O&Mnya harga tetap yaitu nilai pada tahun ke-13 sebesar Rp.11.129.000.000,-tetapi langsung dikumulatikan. Seperti pada tabel. 44 di bawah ini.

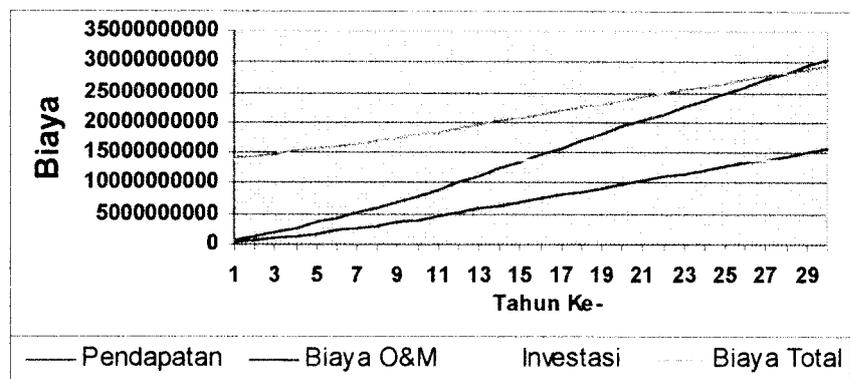
Tabel. 41 Pendapatan dalam Juta Rupiah dari tahun 2003-2032 untuk IPAL Semanggi

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Pendapatan	Biaya O&M	Investasi	Biaya Total
2003	12000	Rp.9.465,-	Rp.1.363,-	Rp.620,-	Rp.33.369,-	Rp.33.989,-
2004	12600	Rp.9.465,-	Rp.2.794,-	Rp.1.270,-	Rp.33.369,-	Rp.34.639,-
2005	13230	Rp.9.465,-	Rp.4.297,-	Rp.1.954,-	Rp.33.369,-	Rp.35.323,-
2006	13892	Rp.9.465,-	Rp.5.874,-	Rp.2.671,-	Rp.33.369,-	Rp.36.040,-
2007	14586	Rp.9.465,-	Rp.7.531,-	Rp.3.424,-	Rp.33.369,-	Rp.36.793,-
2008	15315	Rp.9.465,-	Rp.9.270,-	Rp.4.215,-	Rp.33.369,-	Rp.37.584,-
2009	16081	Rp.9.465,-	Rp.11.097,-	Rp.5.046,-	Rp.33.369,-	Rp.38.415,-
2010	16885	Rp.9.465,-	Rp.13.015,-	Rp.5.918,-	Rp.33.369,-	Rp.39.287,-
2011	17729	Rp.9.465,-	Rp.15.029,-	Rp.6.834,-	Rp.33.369,-	Rp.40.202,-
2012	18616	Rp.9.465,-	Rp.17.143,-	Rp.7.795,-	Rp.33.369,-	Rp.41.164,-
2013	19547	Rp.9.465,-	Rp.19.362,-	Rp.8.804,-	Rp.33.369,-	Rp.42.173,-
2014	20524	Rp.9.465,-	Rp.21.694,-	Rp.9.864,-	Rp.33.369,-	Rp.43.233,-
2015	21550	Rp.9.465,-	Rp.24.141,-	Rp.10.977,-	Rp.33.369,-	Rp.44.346,-
2016	21550	Rp.9.465,-	Rp.26.589,-	Rp.12.090,-	Rp.33.369,-	Rp.44.346,-

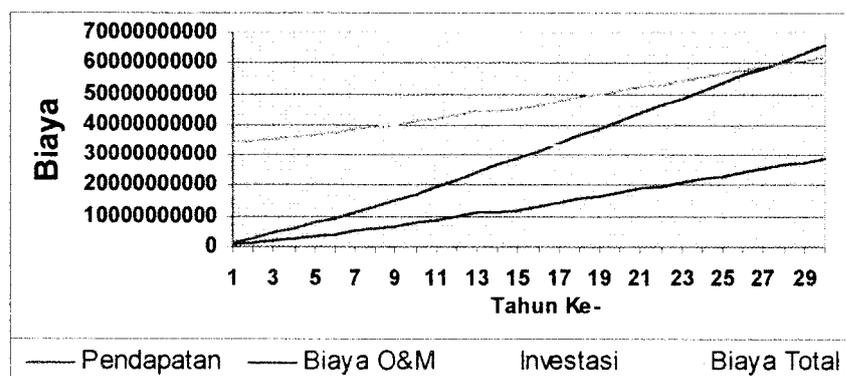
$$C_f = \text{Rp. } 33.369000.000,-$$

IPAL Semanggi pada Tahun ke- 30 sudah mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=1,11.

Titik impas IPAL Semanggi menggunakan asumsi harga tetap pada tabel-tabel di atas didapat pada tahun ke- 28 dapat dilihat pada gambar 7.2.



Gambar. 7.1 Grafik Titik Impas selama 30 Tahun IPAL Mojosongo dengan Harga Tetap



Gambar. 7.2 Grafik Titik Impas selama 30 Tahun IPAL Semanggi dengan Harga Tetap

7.2.2 Hasil Analisis Harga Berlaku

Pada saat ini pengelola belum mendapatkan pendapatan untuk pengelolaan kedua IPAL karena belum dikeluarkan Perdanya biaya retribusi bagi pelanggan. Saat ini pihak PDAM kodya Surakarta sedang merencanakan besarnya biaya retribusi bagi pelanggan, perhitungan biaya retribusi meliputi:

1. Penetapan Tarif

Penetapan tarif untuk masing-masing periode, sesuai dengan tabel.45 adalah sebagai berikut :

Tabel.45 Penetapan Tarif Retribusi

No.	Tahun	Penetapan Tarif Didasarkan
1.	2003-2008	a). Kemampuan riil masyarakat. b). Unsur biaya per satuan penyediaan jasa
2.	2009-2015	a). Unsur biaya per satuan penyediaan jasa. b). Unsur target keuntungan perusahaan yang dikehendaki. c) Biaya investasi untuk mengembangkan (Tarif progresif sesuai besarnya inflasi serta unsur keuntungan dan investasi yang kenaikannya setiap tiga tahun).

Sumber : DPU, Kodya Surakarta

2. Penggolongan Tarif, berdasarkan :

Tabel.46 Penggolongan Tarif Retribusi

No.	Kategori	Keterangan
1.	Rumah tangga (A)	- Rumah dengan luas lantai <45m ² - Atau pemakaian air bersih rata-rata perbulan <15 m ³
2.	Rumah tangga (B)	- Rumah dengan luas lantai <45m ² - Atau pemakaian air bersih per bulan >15 m ³
3.	Sosial	

Sumber : DPU, Kodya Surakarta.

3. Kemampuan Riil Masyarakat.

Kemampuan riil masyarakat diperkirakan dari survey sosio-ekonomi yang pernah dilaksanakan pada tahun 1997, meskipun terjadi krisis ekonomi dimana angka inflasi naik sampai rata-rata 87%, maka asumsi setelah tahun 2000 terjadi pertumbuhan ekonomi yang positif. Kemampuan riil masyarakat Kodya Surakarta dalam membayar iuran retribusi adalah maksimal 2,5 % dari besarnya pendapatan keluarga per bulan, nilai ini berdasarkan kenaikan pendapatan perkapita penduduk sebesar 14% pertahun. Kemampuan membayar masyarakat seperti tabel. 47.

Tabel.47 Kemampuan Riil Masyarakat

No.	Penghasilan keluarga per Bulan	Persentasi jumlah Penduduk sesuai dengan pendapatan Keluarga	Kemampuan membayar retribusi per bulan
1.	<Rp. 200.000,-	25,2%	<Rp.5.000,-
2.	Rp. 300.000,- s/d Rp. 500.000,-	51,7%	Rp.7.500,-Rp.12.500,-
3.	Rp.500.000,- s/d Rp.1.000.000,-	19,3%	Rp.12.500,- Rp.25.000,-
4.	>Rp. 1.000.000,-	3,7%	>Rp.25.000,-

Sumber : DPU, Kodya Surakarta.

Dari data diatas, maka dapatlah dibuat suatu rencana besarnya tarif retribusi per pelanggan. Dengan menggunakan prinsip *cost Recovery* (penerimaan retribusi harus dapat menutupi biaya operasional dan pemeliharaan, penyusutan, untuk itulah kami memberi penawaran ataupun alternatif kenaikan tarif retribusi setiap tahun agar didapat titik impas yang tercepat dan sesuai dengan kemampuan masyarakat yang maksimal dapat

membayar tarif sebesar 10% dari pendapatannya sebulan. Perhitungan tersebut menggunakan asumsi sebagai berikut :

- a. Jumlah satu keluarga lima orang.
- b. Tarif retribusi diambil dengan cara coba-coba sehingga akan didapat tarif sesuai dengan kemampuan masyarakat dan mencapai titik impas sebelum 20 tahun
- c. Alternatif kenaikan tarif retribusi diambil 10% dan 15% setiap tahunnya.
- d. Kemampuan maksimum per pelanggan membayar iuran retribusi sebesar 10 % dari jumlah pendapatan keluarga per tahun.
- e. Penambahan jumlah sambungan rumah sebanyak 5% per tahun dari jumlah sambungan rumah awal sebanyak 3500 SR untuk Mojosoongo dan 12000 SR untuk Semanggi.
- f. Kenaikan biaya operasional dan pemeliharaan dipakai 10% per tahun.

Penentuan harga berlaku untuk setiap IPAL:

1. IPAL Mojosoongo

Penentuan tarif harga berlaku dipakai dibawah tarif harga tetap itu karena perhitungan pada harga berlaku tarif akan dinaikan setiap tahunnya jadi diambil tarif pertama IPAL Mojosoongo sebesar Rp.7.500,- agar dicapai titik impas sebelum tahun ke-20.

Tabel.48 Pendapatan selama 20 Tahun IPAL Mojosongo dengan harga berlaku memakai kenaikan tarif 10%

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi Tetap	Biaya Total	Pendapatan
2003	3500	7500	324	13819	14143	315
2004	3675	8250	680	13819	14499	679
2005	3859	9075	1072	13819	14891	1099
2006	4052	9983	1504	13819	15323	1584
2007	4254	10981	1978	13819	15797	2145
2008	4467	12079	2500	13819	16319	2792
2009	4690	13287	3074	13819	16893	3540
2010	4925	14615	3705	13819	17524	4404
2011	5171	16077	4400	13819	18219	5402
2012	5430	17685	5164	13819	18983	6554
2013	5701	19453	6004	13819	19823	7885
2014	5986	21398	6929	13819	20748	9422
2015	6285	23538	7945	13819	21764	11197
2016	6285	25892	8962	13819	22781	13150
2017	6285	28481	9979	13819	23798	15298
2018	6285	31329	10996	13819	24815	17661
2019	6285	34462	12013	13819	25832	20260
2020	6285	37909	13030	13819	26849	23119
2021	6285	41699	14046	13819	27865	26264
2022	6285	45869	15063	13819	28882	29724

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel. 48 di atas diketahui titik impas terjadi tepat pada tahun ke-19, berarti dengan tarif demikian dan kenaikan 10% didapat BEP masih masuk dalam kategori sebelum 20 Tahun.

Untuk melihat seberapa cepat dicapai titik impas dengan kenaikan tarif 15% per tahun dengan kenaikan biaya O&M tetap 10% per tahun, dapat dilihat pada tabel. 49 di bawah ini.

Tabel.49 Pendapatan selama 15 Tahun IPAL Mojosongo dengan Harga Berlaku Memakai Kenaikan Tarif 15%

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi Tetap	Biaya Total	Pendapatan
2003	3500	7500	324	13819	14143	315
2004	3675	8625	680	13819	14499	695
2005	3859	9919	1072	13819	14891	1155
2006	4052	11407	1504	13819	15323	1709
2007	4254	13118	1978	13819	15797	2379
2008	4467	15085	2500	13819	16319	3188
2009	4690	17348	3074	13819	16893	4164
2010	4925	19950	3705	13819	17524	5343
2011	5171	22943	4400	13819	18219	6767
2012	5430	26384	5164	13819	18983	8486
2013	5701	30342	6004	13819	19823	10561
2014	5986	34893	6929	13819	20748	13068
2015	6285	40127	7945	13819	21764	16095
2016	6285	46146	8962	13819	22781	19575
2017	6285	53068	9979	13819	23798	23577
2018	6285	61028	10996	13819	24815	28180

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel. 49 titik impas dicapai lebih cepat dari kenaikan tarif 10% yaitu pada tahun ke-15.

Dengan demikian pada harga berlaku dengan memakai tarif retribusi yang pertama sebesar Rp.7.500,- dapat dicapai titik impas sebelum tahun ke-15. Kemampuan masyarakat membayarnya pun masih dalam kategori layak untuk tarif awal sebesar Rp. 7.500,-.

2. IPAL Semanggi

Penentuan tarif harga berlaku dipakai dibawah tarif harga tetap itu karena perhitungan pada harga berlaku tarif akan dinaikan setiap tahunnya jadi diambil tarif awal IPAL Semanggi sebesar Rp. 4.500,- agar dicapai titik impas sebelum tahun ke-20.

Tabel. 50 Pendapatan dalam Juta Rupiah selama 20 Tahun IPAL Semanggi dengan Harga Berlaku Memakai Kenaikan Tarif 10% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi Tetap	Biaya Total	Pendapatan
2003	12000	4500	620	33369	33989	648
2004	12600	4950	1302	33369	34671	1396
2005	13230	5445	2052	33369	35421	2261
2006	13892	5990	2877	33369	36246	3259
2007	14586	6588	3785	33369	37154	4413
2008	15315	7247	4784	33369	38153	5744
2009	16081	7972	5882	33369	39251	7283
2010	16885	8769	7090	33369	40459	9060
2011	17729	9646	8419	33369	41788	11112
2012	18616	10611	9881	33369	43250	13482
2013	19547	11672	11489	33369	44858	16220
2014	20524	12839	13258	33369	46627	19382
2015	21550	14123	15204	33369	48573	23034
2016	21550	15535	17150	33369	50519	27052
2017	21550	17089	19096	33369	52465	31471
2018	21550	18798	21042	33369	54411	36332
2019	21550	20677	22987	33369	56356	41679
2020	21550	22745	24933	33369	58302	47561
2021	21550	25020	26879	33369	60248	54031
2022	21550	27522	28825	33369	62194	61148
2023	21550	30274	30771	33369	64140	68977

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel. 50 di atas diketahui titik impas terjadi pada tahun ke- 20, berarti dengan tarif demikian dan kenaikan 10% didapat BEP tepat 20 Tahun.

Untuk melihat seberapa cepat dicapai titik impas dengan kenaikan tarif 15% per tahun dengan kenaikan biaya O&M tetap 10% per tahun, dapat dilihat pada tabel. 51 di bawah ini.

Tabel.51 Pendapatan dalam Juta Rupiah selama 15 Tahun IPAL Semanggi dengan Harga Berlaku Memakai Kenaikan Tarif 15% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi Tetap	Biaya Total	Pendapatan
2003	12000	4500	620	33369	33989	648
2004	12600	5175	1302	33369	34671	1430
2005	13230	5951	2052	33369	35421	2375

2006	13892	6844	2877	33369	36246	3516
2007	14586	7871	3785	33369	37154	4894
2008	15315	9051	4784	33369	38153	6557
2009	16081	10409	5882	33369	39251	8566
2010	16885	11970	7090	33369	40459	10991
2011	17729	13766	8419	33369	41788	13920
2012	18616	15830	9881	33369	43250	17456
2013	19547	18205	11489	33369	44858	21726
2014	20524	20936	13258	33369	46627	26883
2015	21550	24076	15204	33369	48573	33109
2016	21550	27688	17150	33369	50519	40269
2017	21550	31841	19096	33369	52465	48503
2018	21550	36617	21042	33369	54411	57972

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel. 51 titik impas dicapai lebih cepat dari kenaikan tarif 10%, yaitu pada tahun ke-15 untuk kenaikan tarif retribusi 15% per tahun.

Dengan demikian pada harga berlaku dengan memakai tarif retribusi awal sebesar Rp. 4.500,- dapat dicapai titik impas sebelum tahun ke-20. Kemampuan masyarakat membayarnya pun masih dalam kategori layak untuk tarif awal sebesar Rp. 4.500,-.

Setelah tarif retribusi dihitung berdasarkan harga tetap dan harga berlaku didapat hasil hasil sebagai berikut:

IPAL	Tarif Harga Tetap	Tarif Harga Berlaku
IPAL Mojosongo	Rp. 15.501,-	Rp.7.500,-
IPAL Semanggi	Rp. 9.465,-	Rp. 4.500,-

Sumber: Data Diolah 2000

Tabel. 53 Pendapatan dalam Juta Rupiah Kedua IPAL selama 25 Tahun dengan Harga Tetap

Tahun	Total Pelanggan	Tarif	Pendapatan	Total O&M	Total investasi	Biaya Total
2003	15500	Rp.12.000,-	Rp.2.232,-	Rp.944,-	Rp.47.188,-	Rp.48.132,-
2004	16275	Rp.12.000,-	Rp.4.576,-	Rp.1.935,-	Rp.47.188,-	Rp.49.123,-
2005	17089	Rp.12.000,-	Rp.7.036,-	Rp.2.976,-	Rp.47.188,-	Rp.50.164,-
2006	17943	Rp.12.000,-	Rp.9.620,-	Rp.4.069,-	Rp.47.188,-	Rp.51.257,-
2007	18840	Rp.12.000,-	Rp.12.333,-	Rp.5.216,-	Rp.47.188,-	Rp.52.404,-
2008	19782	Rp.12.000,-	Rp.15.182,-	Rp.6.421,-	Rp.47.188,-	Rp.53.609,-
2009	20771	Rp.12.000,-	Rp.18.173,-	Rp.7.686,-	Rp.47.188,-	Rp.54.874,-
2010	21810	Rp.12.000,-	Rp.21.314,-	Rp.9.015,-	Rp.47.188,-	Rp.56.203,-
2011	22901	Rp.12.000,-	Rp.24.611,-	Rp.10.410,-	Rp.47.188,-	Rp.57.598,-
2012	24046	Rp.12.000,-	Rp.28.074,-	Rp.11.874,-	Rp.47.188,-	Rp.59.062,-
2013	25248	Rp.12.000,-	Rp.31.710,-	Rp.13.412,-	Rp.47.188,-	Rp.60.600,-
2014	26510	Rp.12.000,-	Rp.35.527,-	Rp.15.026,-	Rp.47.188,-	Rp.62.214,-
2015	27836	Rp.12.000,-	Rp.39.535,-	Rp.16.722,-	Rp.47.188,-	Rp.63.910,-
2016	27835	Rp.12.000,-	Rp.43.544,-	Rp.17.304,-	Rp.47.188,-	Rp.64.492,-
2017	27835	Rp.12.000,-	Rp.47.552,-	Rp.18.999,-	Rp.47.188,-	Rp.66.187,-
2018	27835	Rp.12.000,-	Rp.51.560,-	Rp.20.694,-	Rp.47.188,-	Rp.67.882,-
2019	27835	Rp.12.000,-	Rp.55.569,-	Rp.22.389,-	Rp.47.188,-	Rp.69.577,-
2020	27835	Rp.12.000,-	Rp.59.577,-	Rp.24.084,-	Rp.47.188,-	Rp.71.272,-
2021	27835	Rp.12.000,-	Rp.63.585,-	Rp.25.779,-	Rp.47.188,-	Rp.72.967,-
2022	27835	Rp.12.000,-	Rp.67.593,-	Rp.27.474,-	Rp.47.188,-	Rp.74.662,-
2023	27835	Rp.12.000,-	Rp.71.602,-	Rp.29.169,-	Rp.47.188,-	Rp.76.357,-
2024	27835	Rp.12.000,-	Rp.75.610,-	Rp.30.864,-	Rp.47.188,-	Rp.78.052,-
2025	27835	Rp.12.000,-	Rp.79.618,-	Rp.32.559,-	Rp.47.188,-	Rp.79.747,-
2026	27835	Rp.12.000,-	Rp.83.627,-	Rp.34.254,-	Rp.47.188,-	Rp.81.441
2027	27835	Rp.12.000,-	Rp.87.635,-	Rp.35.949,-	Rp.47.188,-	Rp.83.1

Sumber: Data Diolah 2000

BCR untuk kedua pada tahun ke- 25 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,095$$

dengan : R = Rp. 87.635.000.000,-

(C)op = Rp. 35.949.000.000,-

Cf = Rp. 47.188.000.000,-

terlihat besarnya pendapatan dan titik impas yang akan dicapai. Dengan perhitungan kenaikan tarif 10% dan 15% per tahun, dan O&M 10% per tahun.

Tabel. 54 Pendapatan dalam Juta Rupiah Kedua IPAL selama 19 Tahun dengan Harga Berlaku, kenaikan 10%

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi Tetap	Biaya Total	Pendapatan
2003	15500	5500	944	47188	48132	1023
2004	16275	6050	1982	47188	49170	2205
2005	17089	6655	3125	47188	50313	3569
2006	17943	7321	4381	47188	51569	5148
2007	18840	8053	5763	47188	52951	6966
2008	19782	8858	7284	47188	54472	9069
2009	20771	9744	8956	47188	56144	11497
2010	21810	10718	10795	47188	57983	14303
2011	22901	11790	12819	47188	60007	17542
2012	24046	12969	15045	47188	62233	21285
2013	25248	14266	17493	47188	64681	25607
2014	26510	15692	20187	47188	67375	30599
2015	27836	17261	23149	47188	70337	36364
2016	27836	18987	26112	47188	73300	42707
2017	27836	20886	29075	47188	76263	49684
2018	27836	22975	32037	47188	79225	57358
2019	27836	25272	35000	47188	82188	65800
2020	27836	27800	37963	47188	85151	75086
2021	27836	30580	40925	47188	88113	85300
2022	27836	33637	43888	47188	91076	96536

Sumber: Data Diolah 2000

Tabel. 55 Pendapatan dalam Juta Rupiah Kedua IPAL selama 14 Tahun dengan Harga Berlaku, Kenaikan Tarif 15% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi Tetap	Biaya Total	Pendapatan
2003	15500	5500	944	47188	48132	1023
2004	16275	6325	1982	47188	49170	2258
2005	17089	7274	3125	47188	50313	3750
2006	17943	8365	4381	47188	51569	5551
2007	18840	9620	5763	47188	52951	7726
2008	19782	11062	7284	47188	54472	10352
2009	20771	12722	8956	47188	56144	13523
2010	21810	14630	10795	47188	57983	17352
2011	22901	16825	12819	47188	60007	21975

2012	24046	19348	15045	47188	62233	27558
2013	25248	22251	17493	47188	64681	34300
2014	26510	25588	20187	47188	67375	42440
2015	27836	29426	23149	47188	70337	52269
2016	27836	33840	26112	47188	73300	63573
2017	27836	38916	29075	47188	76263	76572

Sumber: Data Diolah 2000.

Kedua tabel diatas menunjukkan bahwa dengan tarif retribusi sebesar Rp.5.500,- untuk kedua IPAL dapat mencapai titik impas pada tahun ke-19 dan tahun ke- 14, masih dalam kategori BEP sebelum 20 tahun.

7.2.3 Titik Impas (*Break Even Point*)

Titik impas dapat dicapai apabila pendapatan lebih besar dari biaya operasional dan pemeliharaan, maka tarif retribusi yang dinaikkan setiap tahun sebesar 10% dan 15% kemudian dihitung sampai ditemukan dimana biaya total bertemu dengan pendapatan dalam satu titik. Maksudnya adalah komponen biaya yang dikeluarkan haruslah sebanding dengan komponen pendapatan sehingga BEP dapat tercapai. Dalam perencanaan IPAL Mojosongo dan IPAL Semanggi, diusahakan untuk mengetahui tarif yang layak dipakai dan kenaikan yang memungkinkan pengelola dapat kembali modal awal yaitu investasi dan biaya O&M. Untuk mencapai BEP diperlukan variabel tetap dan variabel tidak tetap dalam komponen biaya titik impas, dapat dilihat pada tabel 52 sebagai berikut :

Kedua tabel diatas menunjukkan bahwa dengan tarif retribusi sebesar Rp.6750,- untuk kedua IPAL dapat mencapai titik impas pada tahun ke-18 dan tahun ke- 16, masih dalam kategori BEP sebelum 20 tahun.

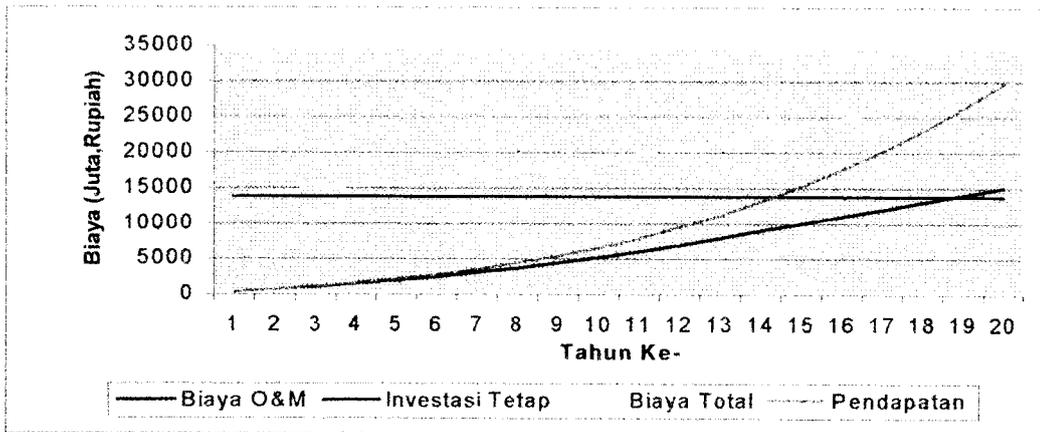
7.2.3 Titik Impas (*Break Even Point*)

Titik impas dapat dicapai apabila pendapatan lebih besar dari biaya operasional dan pemeliharaan, maka tarif retribusi yang dinaikkan setiap tahun sebesar 10% dan 15% kemudian dihitung sampai ditemukan dimana biaya total bertemu dengan pendapatan dalam satu titik. Maksudnya adalah komponen biaya yang dikeluarkan haruslah sebanding dengan komponen pendapatan sehingga BEP dapat tercapai. Dalam perencanaan IPAL Mojosongo dan IPAL Semanggi, diusahakan untuk mengetahui tarif yan layak dipakai dan kenaikan yang memungkinkan pengelola dapat kembali modal awal yaitu investasi dan biaya O&M. Untuk mencapai BEP diperlukan variabel tetap dan variabel tidak tetap dalam komponen biaya titik impas, dapat dilihat pada tabel 51 sebagai berikut :

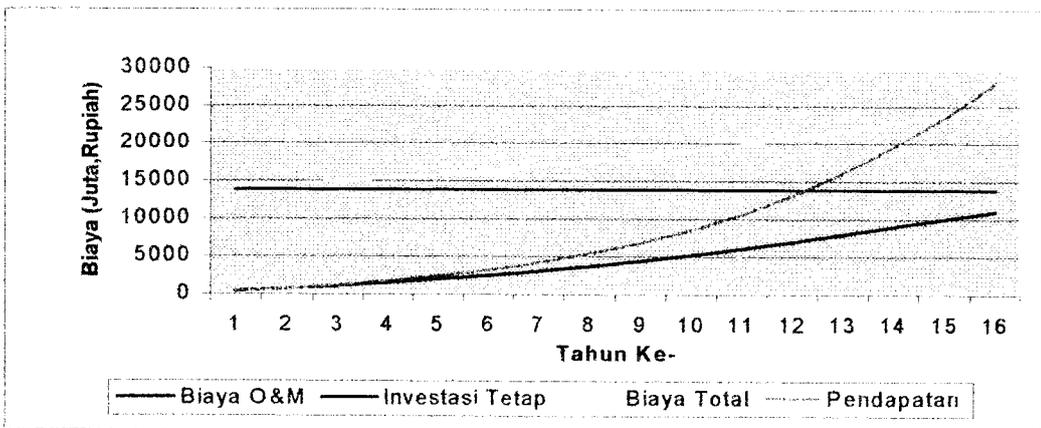
Tabel. 52 Komponen Biaya Titik impas

No.	Jenis Biaya	Macam Biaya
1.	Fix Cost	- Investasi
2.	Variabel Cost	- Biaya operasional dan pemeliharaan
3.	Biaya Total	- Fix Cost + Variabel Cost
4.	Pendapatan/Revenue	- Tarif Retribusi

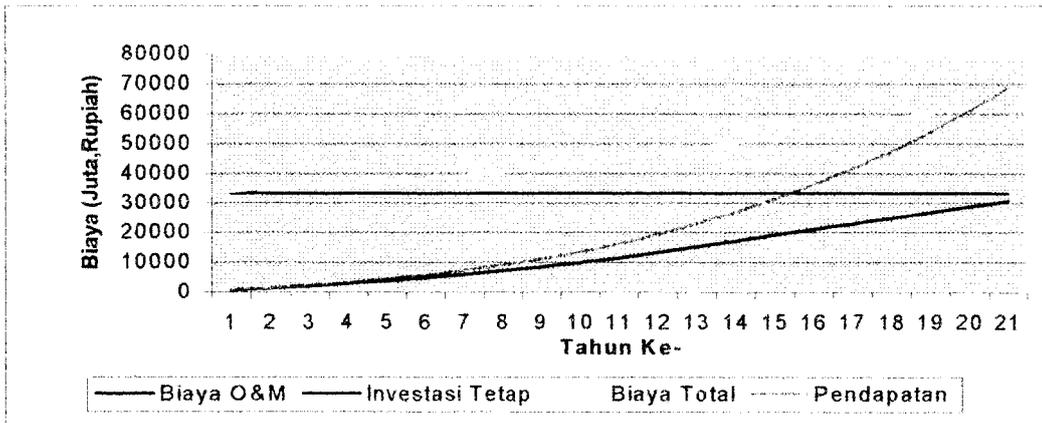
Adapun grafik titik impas dari tabel harga berlaku dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini.



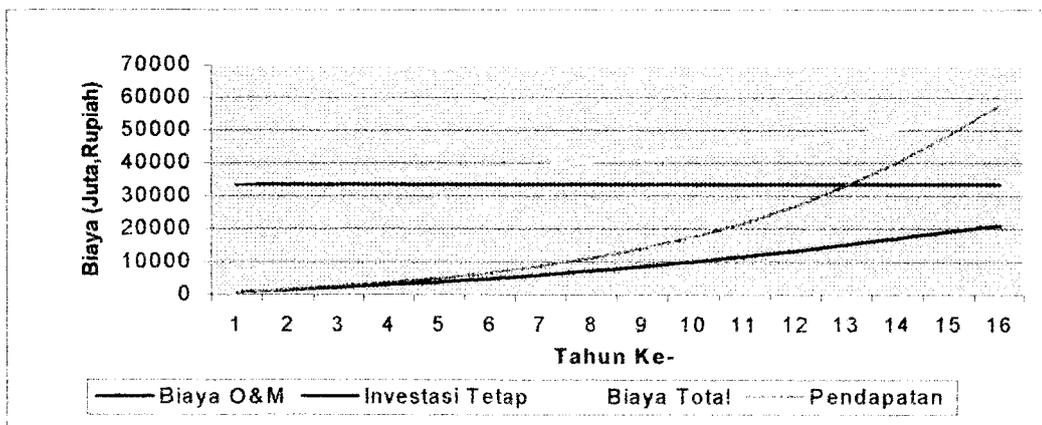
Gambar.7.4 Grafik Titik Impas IPAL Mojosongo Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 10% per Tahun



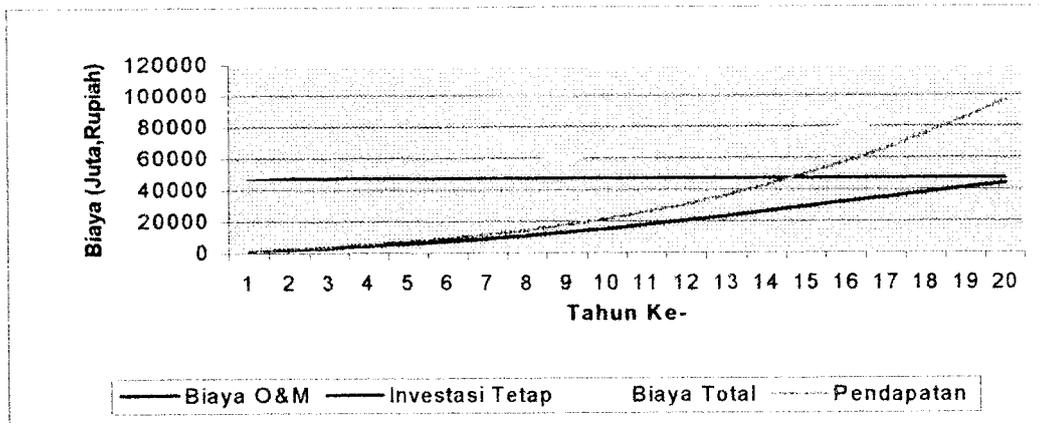
Gambar.7.5 Grafik Titik Impas IPAL Mojosongo Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 15% per Tahun



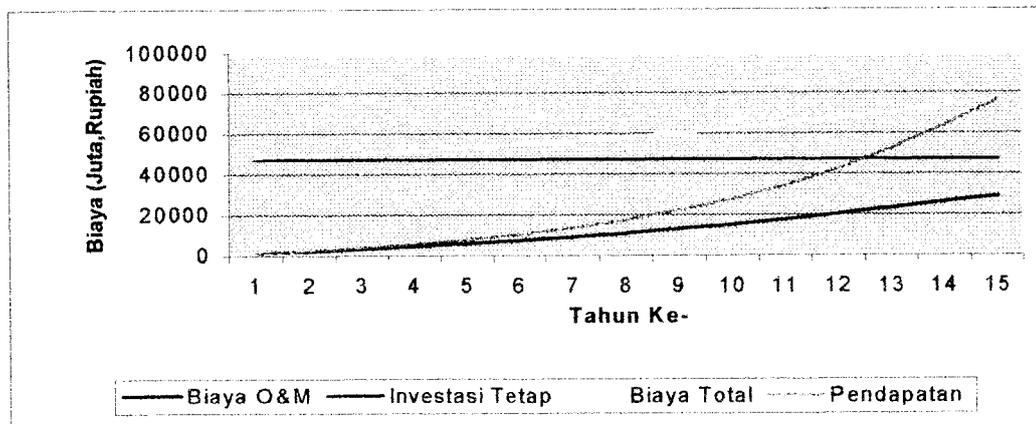
Gambar.7.6 Grafik Titik Impas IPAL Semanggi Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan 10% per Tahun



Gambar.7.7 Grafik Titik Impas IPAL Semanggi Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 15% per Tahun



Gambar.7.8 Grafik Titik Impas Kedua IPAL Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 10% per Tahun



Gambar.7.9 Grafik Titik Impas Kedua IPAL Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 15% per Tahun

7.2.4 Benefit Cost Ratio (BCR)

Dari grafik diatas terlihat bahwa sebelum mencapai tahun ke-20 kedua IPAL tersebut telah mencapai titik impas baik dengan kenaikan 10% ataupun 15%, memakai tarif perbulan setiap IPAL maupun memakai tarig gabungan. Dengan menggunakan rumus (3.7, Bab; III), maka dapat diketahui apakah pada tahun tersebut IPAL sudah mencapai titik impas dan mendapat keuntungannya.

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

dengan : R = nilai sekarang pendapatan

(C)op = biaya diluar biaya pertama, dan

Cf = biaya pertama

A. BCR untuk IPAL Mojosoongo

a.1 Dengan perhitungan n=20 tahun, kenaikan tarif 10% per tahun titik impas terjadi pada tahun ke-19.

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,062$$

dengan : R = Rp. 29.724.000.000,-

(C)op = Rp. 15.063.000.000,-

Cf = Rp. 13.819.000.000,-

- a.2 BEP dengan perhitungan 15 tahun, kenaikan tarif 15% per tahun titik impas terjadi pada tahun ke-15.

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,24$$

dengan : R = Rp. 28.180.000.000,-

(C)op = Rp. 10.996.000.000,-

Cf = Rp. 13.819.000.000,-

B. BCR untuk IPAL Semanggi

- b.1 Dengan perhitungan BEP 20 tahun, kenaikan tarif 10% per tahun titik impas terjadi pada tahun ke-20.

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,145$$

dengan : R = Rp. 68.977.000.000,-

(C)op = Rp. 30.771.000.000,-

Cf = Rp. 33.369.000.000,-

- b.2 BEP dengan perhitungan 15 tahun, kenaikan tarif 15% per tahun titik impas terjadi pada tahun ke-15

Dari hasil perhitungan tarif retribusi per sambungan rumah di atas dapat dibuat suatu rekapitulasi alternatif-alternatif tarif yang ditawarkan seperti pada tabel. 57 di bawah ini.

Tabel. 57 Rekapitulasi Tarif Retribusi Per Sambungan Rumah dari Semua Alternatif yang Ditawarkan

ALTERNATIF I	ALTERNATIF II	ALTERNATIF III	ALTERNATIF IV
Harga Tetap	Harga Berlaku	Harga tetap	Harga Berlaku
I. Mojosoongo: Rp.15.051,- BEP tahun ke- 29	Kenaikan Tarif 10% per tahun I. Mojosoongo tarif awal: Rp.7.500,- BEP tahun ke- 19: Tarif akhir Rp.45.869,-		Kenaikan Tarif 10% per tahun Tarif awal kedua IPAL Rp.5.500,- BEP tahun ke-19: Tarif akhir Rp.33.637,-
	Kenaikan Tarif 15% per tahun I. Mojosoongo: Rp.7.500,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.61.028,-	Tarif kedua IPAL Rp.12.000,- BEP tahun ke-25	
I. Semanggi: Rp.9.465,- BEP tahun ke- 28	Kenaikan tarif 10% per tahun I. Semanggi: Rp. 4.500,- BEP tahun ke- 20: Tarif akhir Rp. 30.274,-		Kenaikan tarif 15% per tahun Tarif awal Kedua IPAL Rp.5.500,- BEP tahun ke-14: Tarif akhir Rp.38.916,-
	Kenaikan tarif 15% per tahun I. Semanggi: Rp.4.500,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.36.617,-		

Sumber: Data Diolah 2000

pengendalian yang akurat. Selain pengendalian mutu test sampel ini juga berguna untuk dasar kriteria bangunan IPAL.

Pemeriksaan kualitas limbah yang dilakukan di laboratorium antara lain :

1. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*
2. Penentuan bahan tersuspensi (*Suspend Solida, SS*)

Dalam hal ini pengendalian mutu dimasukkan dalam perencanaan dasar bangunan IPAL dititik beratkan konsentrasi BOD dan beban BOD yang masuk (air limbah sebelum pengolahan). Dapat dilihat pada parameter IPAL Mojosoongo dengan metode analisis bahwa konsentrasi BOD *influent* sebesar 385mg/ltr dengan adanya efisiensi transfer O_2 dari aerator sebesar 1,345 kg O_2 /hari akan didapat konsentrasi BOD *effluent* sebesar 16 mg/ltr. Sedangkan untuk IPAL Semanggi konsentrasi BOD *influent* sebesar 38 mg/ltr, BOD *influentnya* lebih kecil karena sudah tereduksi kurang lebih 70% pada akhir pipa interseptor, dan konsentrasi BOD *effluent* sebesar 15mg/ltr, untuk IPAL Mojosoongo maupun IPAL Semanggi konsentrasi yang dikeluarkan masuk ke dalam ambang batas kelas A.

Pengendalian untuk bahan tersuspensi (SS) pada IPAL Mojosoongo konsentrasinya SS pada waktu masuk sebesar 350mg/ltr setelah pengolahan menjadi 569mg/ltr. Pada IPAL Semanggi SSnya hanya

sebesar 0,9 mg/ltr ini sangatlah jauh nilainya dari yang ada pada IPAL Mojosongo.

Untuk pengendalian mutu jelas terlihat lebih baik menggunakan sistem pengolahan tertutup dengan konsep pengolahan *Up Flow Anaerobic Sludge Bed (UASB) & Intermittent Aeration*

BAB VIII

ANALISA BIAYA TARIF RETRIBUSI

HARGA BERLAKU DENGAN BUNGA 2,5% PER TAHUN

8.1 Analisis Harga Berlaku dengan Bunga 2,5 % Per Tahun

Pada awalnya pinjaman dana dari pemerintah pusat adalah berbentuk subsidi yang mempunyai bunga 0 % per tahun karena pemerintah pusat mengharapkan bahwa kedua IPAL yang akan dibangun adalah untuk memenuhi fasilitas sarana pengolahan air limbah rumah tangga yang ada di kota Solo, yang akan digunakan sepenuhnya untuk masyarakat.

Karena pada saat yang akan datang bahwa kedua IPAL yang sudah dibangun butuh adanya pengembangan untuk operasional dan pemeliharannya maka pihak pengelola mengusahakan seminimal mungkin untuk menetapkan tarif retribusi yang akan dibebankan pada pelanggan. Dengan memperhitungkan bahwa dana pinjaman yang berbentuk investasi mempunyai bunga 2,5 % per tahunnya. maka pihak pengelola akan menghitung ulang penetapan tarif retribusi dari harga berlaku dengan menggunakan bunga 2,5% pertahun yang paling efisien untuk ditetapkan sebagai tarif retribusi nantinya. Untuk itulah kami

mencoba menghitung tarif retribusi dengan menggunakan bunga 2,5% per tahun sebagai alternatif saran yang dapat dipakai sebagai masukan oleh pihak pengelola yaitu PDAM kodya Surakarta.

Sebelum kita menghitung dengan investasi berbunga 2,5% per tahun, dapat kita perhatikan kesimpulan hasil perhitungan dari investasi tetap atau dengan bunga 0% per tahunnya, seperti kutipan dari tabel.57 yaitu:

Tabel. 57 Rekapitulasi Tarif Retribusi Per Sambungan Rumahdari Semua Alternatif yang Ditawarkan

ALTERNATIF I	ALTERNATIF II	ALTERNATIF III	ALTERNATIF IV
Harga Tetap	Harga Berlaku	Harga tetap	Harga Berlaku
I. Mojosongo: Rp.15.051,- BEP tahun ke- 29	Kenaikan Tarif 10% per tahun I. Mojosongo tarif awal: Rp.7.500,- BEP tahun ke- 19: Tarif akhir Rp.45.869,- Kenaikan Tarif 15% per tahun I. Mojosongo: Rp.7.500,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.61.028,-	Tarif kedua IPAL Rp.12.000,- BEP tahun ke-25	Kenaikan Tarif 10% per tahun Tarif awal kedua IPAL Rp.5.500,- BEP tahun ke-19: Tarif akhir Rp.33.637,-
I. Semanggi: Rp.9.465,- BEP tahun ke- 28	Kenaikan tarif 10% per tahun I. Semanggi: Rp. 4.500,- BEP tahun ke- 20: Tarif akhir Rp. 30.274,- Kenaikan tarif 15% per tahun I. Semanggi: Rp.4.500,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.36.617,-		Kenaikan tarif 15% per tahun Tarif awal Kedua IPAL RP.5.500,- BEP tahun ke-14: Tarif akhir Rp.38.916,-

Sumber: Data Diolah 2000

1. IPAL Mojosongo

Pada tabel. 58 memakai perhitungan sebagai berikut:

- Kenaikan biaya O&M berdasarkan kenaikan jumlah pelanggan yaitu sebesar 5% per tahun sampai kapasitas penuh yaitu tahun 2015.
- Kenaikan biaya investasi sebesar 2,5% pertahun sampai kapasitas penuh.
- Untuk investasi perhitungan tarif berdasarkan bahwa investasi akan diangsur selama 25 tahun atau sampai tahun ke-25.

Tabel.58 Kenaikan Biaya O&M dalam Juta Rupiah dengan biaya investasi bunga 2,5% per tahun pada Kapasitas Belum Penuh selama 13 Tahun untuk IPAL Mojosongo

Tahun	Jumlah Pelanggan	Biaya O&M	Investasi dgn Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi	Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Tarif per Bulan Biaya O&M dan Selisih Investasi	Tarif Per Bulan Biaya Investasi	Total Tarif Per Bulan
2003	3500	324	13819	0	324	7000	9200	16200
2004	3675	664	14164	345	1010	7000	9200	16200
2005	3859	1021	14519	700	1721	7000	9200	16200
2006	4052	1396	14882	1063	2459	7000	9200	16200
2007	4254	1790	15254	1435	3225	7000	9200	16200
2008	4467	2204	15635	1816	4020	7000	9200	16200
2009	4690	2638	16026	2207	4845	7000	9200	16200
2010	4925	3094	16426	2607	5701	7000	9200	16200
16200	5171	3573	16837	3018	6591	7000	9200	16200
2012	5430	4075	17258	3439	7514	7000	9200	16200
2013	5701	4603	17689	3870	8473	7000	9200	16200
2014	5986	5157	18132	4313	9470	7000	9200	16200
2015	6285	5739	18585	4766	10505	7000	9200	16200

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa IPAL Mojosongo penuh kapasitasnya pada tahun ke-13 dan Biaya O&M totalnya sebesar Rp. 5.739.453.631,- untuk tarifnya didapat dari tarif perbulan dari angsuran O&M dan Investasi. Pada tabel 59. akan dilihat pendapatan selama 13 tahun saat kapasitas

$$(C)_{op} = \text{Rp. } 5.739.000.000,-$$

$$C_f = \text{Rp. } 13.819.000.000,-$$

IPAL Mojosongo pada Tahun ke- 13 belum mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=0,457 untuk itu untuk menghitung kapasitas IPAL pada saat penuh dipakai harga tetap untuk tarif tetapi langsung dikumulatikan pada pendapatan begitu juga dengan biaya O&M dan investasi, harga tetap yaitu nilai pada tahun ke-13 sebesar Rp. 5.739.000.000,- tetapi langsung dikumulatikan. Seperti pada tabel. 60 di bawah ini.

Tabel.60 Pendapatan dalam Juta Rupiah dari tahun 2003-2054 untuk IPAL Mojosongo

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif Total per Bulan	Biaya O&M	Investasi dgn Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Berbunga dgn Investasi Tetap	Biaya O&M dan Hasil selisih Investasi	Biaya Investasi Tetap	Biaya Total	Total Pendapatan
2003	3500	16200	324	13819	0	324	13819	14143	680
2004	3675	16200	664	14164	345	1010	13819	14829	1394
2005	3859	16200	1021	14519	700	1721	13819	15540	2145
2006	4052	16200	1396	14882	1063	2459	13819	16278	2932
2007	4254	16200	1790	15254	1435	3225	13819	17044	3759
2008	4467	16200	2204	15635	1816	4020	13819	17839	4628
2009	4690	16200	2638	16026	2207	4845	13819	18664	5539
2010	4925	16200	3094	16426	2607	5701	13819	19520	6497
2011	5171	16200	3573	16837	3018	6591	13819	20410	7502
2012	5430	16200	4075	17258	3439	7514	13819	21333	8558
2013	5701	16200	4603	17689	3870	8473	13819	22292	9666
2014	5986	16200	5157	18132	4313	9470	13819	23289	10380
2015	6285	16200	5739	18585	4766	10505	13819	24324	12052
2016	6285	16200	6321	19038	5219	11540	13819	25359	13724
2017	6285	16200	6903	19492	5673	12575	13819	26394	15396
2018	6285	16200	7485	19945	6126	13610	13819	27429	17068
2019	6285	16200	8066	20398	6579	14646	13819	28465	18740
2020	6285	16200	8648	20851	7032	15681	13819	29500	20412
2021	6285	16200	9230	21305	7486	16716	13819	30535	22084
2022	6285	16200	9812	21758	7939	17751	13819	31570	23756
2023	6285	16200	10394	22211	8392	18786	13819	32605	25428

2024	6285	16200	10976	22665	8846	19821	13819	33640	27100
2025	6285	16200	11558	23118	9299	20857	13819	34676	28772
2026	6285	16200	12139	23571	9752	21892	13819	35711	30444
2027	6285	16200	12721	24025	10206	22927	13819	36746	32116
2028	6285	16200	13303	24478	10659	23962	13819	37781	33788
2029	6285	16200	13885	24931	11112	24997	13819	38816	35460
2030	6285	16200	14467	25384	11565	26032	13819	39851	37132
2031	6285	16200	15049	25838	12019	27067	13819	40886	38804
2032	6285	16200	15631	26291	12472	28103	13819	41922	40476
2033	6285	16200	16212	26744	12925	29138	13819	42957	42148
2034	6285	16200	16794	27198	13379	30173	13819	43992	43820
2035	6285	16200	17376	27651	13832	31208	13819	45027	45492

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 35 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

$$BCR = \frac{R - (C)_{op}}{C_f}$$

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-35) tahun

(C)_{op} = biaya O&M dengan hasil selisih investasi (1-35) Tahun

C_f = Investasi

BCR untuk IPAL Mojosongo pada tahun ke- 35 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)_{op}}{C_f} = 1,033$$

dengan : R = Rp. 45.492.000.000,-

(C)_{op} = Rp. 31.208.000.000,-

C_f = Rp. 13.819.000.000,-

IPAL Mojosongo sebelum Tahun ke-35 sudah mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=1,033

Titik impas IPAL Mojosongo menggunakan asumsi harga tetap pada tabel 60. Untuk mencapai titik impas yang lebih cepat maka tarif dapat dinaikan, atau persentase suku bunga bank dapat diturunkan.

2. IPAL Semarang

Pada tabel. 61 memakai perhitungan sebagai berikut:

- Kenaikan biaya O&M berdasarkan kenaikan jumlah pelanggan yaitu sebesar 5% per tahun sampai kapasitas penuh yaitu tahun 2015.
- Untuk investasi naik dengan bunga sebesar 2,5% pertahun sampai kapasitas penuh.
- Untuk investasi perhitungan tarif berdasarkan bahwa investasi akan diangsur selama 25 tahun atau sampai tahun ke-25.

Tabel.61 Kenaikan Biaya O&M dalam Juta Rupiah serta Tarif per Bulan dan Investasi dalam Juta Rupiah serta tarif per bulan, dengan Kapasitas Belum Penuh selama 13 Tahun untuk IPAL Semarang

Tahun	Jumlah Pelanggan	Biaya O&M	Investasi dgn Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Berbunga dengan Investasi Tetap	Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Tarif per Bulan Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Tarif Per Bulan Biaya Investasi	Total Tarif Per Bulan
2003	12000	620	33369	0	620	4500	6500	11000
2004	12600	1271	34203	834	2105	4500	6500	11000
2005	13230	1955	35058	1689	3644	4500	6500	11000
2006	13892	2672	35935	2566	5238	4500	6500	11000
2007	14586	3426	36833	3464	6890	4500	6500	11000
2008	15315	4217	37754	4385	8602	4500	6500	11000
2009	16081	5048	38698	5329	10377	4500	6500	11000
2010	16885	5920	39665	6296	12217	4500	6500	11000
2011	17729	6836	40657	7288	14124	4500	6500	11000
2012	18616	7798	41673	8304	16103	4500	6500	11000
2013	19547	8808	42715	9346	18154	4500	6500	11000
2014	20524	9869	43783	10414	20283	4500	6500	11000
2015	21550	10982	44878	11509	22491	4500	6500	11000

Sumber: Data Diolah 2000

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa IPAL Semanggi kapasitasnya penuh pada tahun ke-13 dan Biaya O&M totalnya sebesar Rp. 10.982.000.000,- untuk tarifnya didapat dari tarif perbulan dari angsuran O&M dengan selisih investasi, dan tarif dari angsuran investasi tetap . Pada tabel 62. akan dilihat pendapatan selama 13 tahun saat kapasitas IPAL belum penuh dimana pendapatan didapat dari jumlah pelanggan dikalikan tarif selama 12 bulan.

Tabel.62 Pendapatan dari Tarif OM dan Investasi dengan Bunga 2,5% Per Tahun IPAL Semanggi selama 13 Tahun saat Kapasitas Belum Penuh

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif Total per Bulan	Pendapatan Tiap Tahun	Total Pendapatan
2003	12000	11000	1584	1584
2004	12600	11000	1663	3247
2005	13230	11000	1746	4994
2006	13892	11000	1834	6827
2007	14586	11000	1925	8753
2008	15315	11000	2022	10774
2009	16081	11000	2123	12897
2010	16885	11000	2229	15126
2011	17729	11000	2340	17466
2012	18616	11000	2457	19923
2013	19547	11000	2580	22504
2014	20524	11000	2709	25213
2015	21550	11000	2845	28057

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 13 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

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

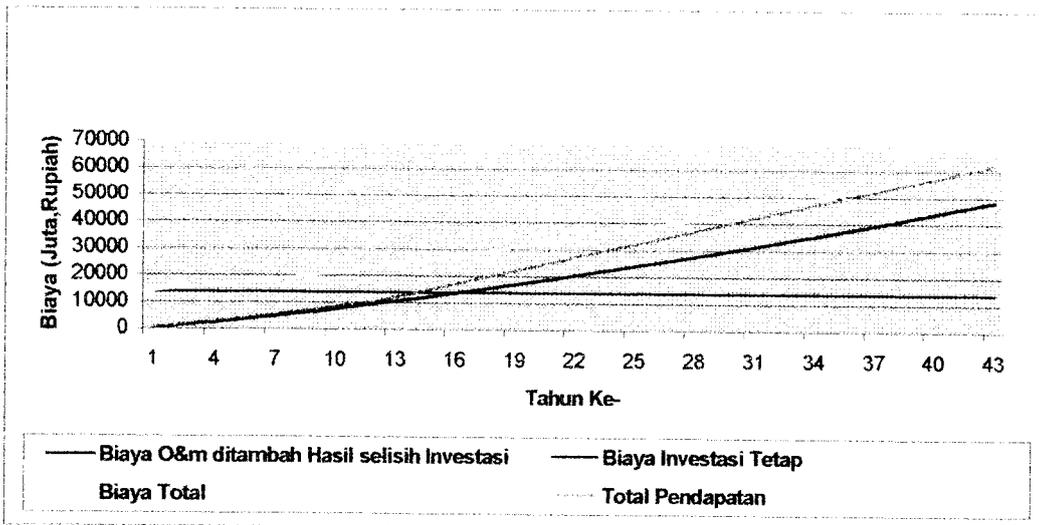
dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-13) tahun

(C)op = biaya O&M (1-13) Tahun

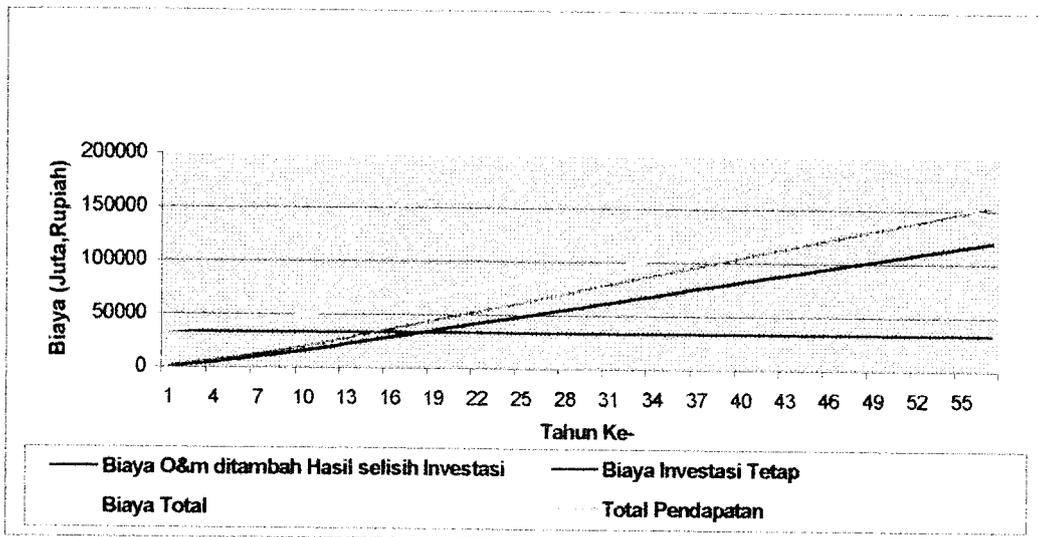
Cf = biaya pertama

2014	20524	11000	9869	43783	10414	20283	33369	53652	25213
2015	21550	11000	10982	44878	11509	22491	33369	55860	28057
2016	21550	11000	12095	45972	12603	24699	33369	58068	30901
2017	21550	11000	13209	47067	13698	26907	33369	60276	33745
2018	21550	11000	14322	48161	14792	29115	33369	62484	36589
2019	21550	11000	15436	49256	15887	31323	33369	64692	39433
2020	21550	11000	16549	50350	16981	33531	33369	66900	42277
2021	21550	11000	17663	51445	18076	35739	33369	69108	45121
2022	21550	11000	18776	52540	19171	37947	33369	71316	47965
2023	21550	11000	19889	53634	20265	40155	33369	73524	50809
2024	21550	11000	21003	54729	21360	42363	33369	75732	53653
2025	21550	11000	22116	55823	22454	44571	33369	77940	56497
2026	21550	11000	23230	56918	23549	46779	33369	80148	59341
2027	21550	11000	24343	58013	24644	48987	33369	82356	62185
2028	21550	11000	25457	59107	25738	51195	33369	84564	65029
2029	21550	11000	26570	60202	26833	53403	33369	86772	67873
2030	21550	11000	27684	61296	27927	55611	33369	88980	70717
2031	21550	11000	28797	62391	29022	57819	33369	91188	73561
2032	21550	11000	29910	63485	30116	60027	33369	93396	76405
2033	21550	11000	31024	64580	31211	62235	33369	95604	79249
2034	21550	11000	32137	65675	32306	64443	33369	97812	82093
2035	21550	11000	33251	66769	33400	66651	33369	100020	84937
2036	21550	11000	34364	67864	34495	68859	33369	102228	87781
2037	21550	11000	35478	68958	35589	71067	33369	104436	90625
2038	21550	11000	36591	70053	36684	73275	33369	106644	93469
2039	21550	11000	37704	71147	37778	75483	33369	108852	96313
2040	21550	11000	38818	72242	38873	77691	33369	111060	99157
2041	21550	11000	39931	73337	39968	79899	33369	113268	102001
2042	21550	11000	41045	74431	41062	82107	33369	115476	104845
2043	21550	11000	42158	75526	42157	84315	33369	117684	107689
2044	21550	11000	43272	76620	43251	86523	33369	119892	110533
2045	21550	11000	44385	77715	44346	88731	33369	122100	113377
2046	21550	11000	45498	78809	45440	90939	33369	124308	116221
2047	21550	11000	46612	79904	46535	93147	33369	126516	119065
2048	21550	11000	47725	80999	47630	95355	33369	128724	121909
2049	21550	11000	48839	82093	48724	97563	33369	130932	124753
2050	21550	11000	49952	83188	49819	99771	33369	133140	127597
2051	21550	11000	51066	84282	50913	101979	33369	135348	130441
2052	21550	11000	52179	85377	52008	104187	33369	137556	133285
2053	21550	11000	53292	86471	53102	106395	33369	139764	136129
2054	21550	11000	54406	87566	54197	108603	33369	141972	138973
2055	21550	11000	55519	88661	55292	110811	33369	144180	141817
2056	21550	11000	56633	89755	56386	113019	33369	146388	144661
2057	21550	11000	57746	90850	57481	115227	33369	148596	147505
2058	21550	11000	58860	91944	58575	117435	33369	150804	150349
2059	21550	11000	59973	93039	59670	119643	33369	153012	153193

Sumber: Data Diolah 2000



Gambar.8.1 Grafik Titik Impas Selama 40 Tahun IPAL Mojosongo dengan Investasi Berbunga 2,5 % per Tahun untuk Harga Tetap



Gambar.8.2 Grafik Titik Impas Selama 55 Tahun IPAL Semanggi dengan Investasi Berbunga 2,5% per Tahun untuk Harga Tetap

9.2.2 Hasil Analisis Harga Berlaku

Pada saat ini pengelola belum mendapatkan pendapatan untuk pengelolaan kedua IPAL kerana belum dikeluarkan Perdana biaya retribusi bagi pelanggan. Saat ini pihak PDAM kodya Surakarta sedang merencanakan besarnya biaya retribusi bagi pelanggan, perhitungan biaya retribusi meliputi:

1. Penetapan Tarif

Penetapan tarif untuk masing-masing periode, sesuai dengan tabel.45 adalah sebagai berikut :

Tabel.64 Penetapan Tarif Retribusi

No.	Tahun	Penetapan Tarif Didasarkan
1.	2003-2008	a). Kemampuan riil masyarakat. b). Unsur biaya per satuan penyediaan jasa
2.	2009-2015	a). Unsur biaya per satuan penyediaan jasa. b). Unsur target keuntungan perusahaan yang dikehendaki. c) Biaya investasi untuk mengembangkan (Tarif progresif sesuai besarnya inflasi serta unsur keuntungan dan investasi yang kenaikannya setiap tiga tahun).

Sumber : DPU, Kodya Surakarta

2. Penggolongan Tarif, berdasarkan :

Tabel.65 Penggolongan Tarif Retribusi

No.	Kategori	Keterangan
1.	Rumah tangga (A)	- Rumah dengan luas lantai <45m ² - Atau pemakaian air bersih rata-rata perbulan <15 m ³
2.	Rumah tangga (B)	- Rumah dengan luas lantai <45m ² - Atau pemakaian air bersih per bulan >15 m ³
3.	Sosial	

Sumber : DPU, Kodya Surakarta.

3. Kemampuan Riil Masyarakat.

Kemampuan riil masyarakat diperkirakan dari survey sosio-ekonomi yang pernah dilaksanakan pada tahun 1997, meskipun terjadi krisis ekonomi dimana angka inflasi naik sampai rata-rata 87%, maka

asumsi setelah tahun 2000 terjadi pertumbuhan ekonomi yang positif. Kemampuan riil masyarakat Kodya Surakarta dalam membayar iuran retribusi adalah maksimal 10 % dari besarnya pendapatan keluarga per bulan, nilai ini berdasarkan kenaikan pendapatan perkapita penduduk sebesar 14% pertahun. Kemampuan membayar masyarakat seperti tabel.66.

Tabel.66 Kemampuan Riil Masyarakat

No.	Penghasilan keluarga per Bulan	Persentasi jumlah Penduduk sesuai dengan pendapatan Keluarga	Kemampuan membayar retribusi per bulan
1.	<Rp. 200.000,-	25,2%	<Rp.5.000,-
2.	Rp. 300.000,- s/d Rp. 500.000,-	51,7%	Rp.7.500,--Rp.12.500,-
3.	Rp.500.000,- s/d Rp.1.000.000,-	19,3%	Rp.12.500,-- Rp.25.000,-
4.	>Rp. 1.000.000,-	3,7%	>Rp.25.000,-

Sumber : DPU, Kodya Surakarta.

Dari data diatas, maka dapatlah dibuat suatu rencana besarnya tarif retribusi per pelanggan. Dengan menggunakan prinsip *cost Recovery* (penerimaan retribusi harus dapat menutupi biaya operasional dan pemeliharaan, penyusutan, untuk itulah kami memberi penawaran ataupun alternatif kenaikan tarif retribusi setiap tahun agar didapat titik impas yang tercepat dan sesuai dengan kemampuan masyarakat yang maksimal dapat membayar tarif sebesar 10% dari pendapatannya sebulan. Perhitungan tersebut menggunakan asumsi sebagai berikut :

- a. Jumlah satu keluarga lima orang
- b. Tarif retribusi diambil dengan cara coba-coba sehingga akan didapat tarif sesuai dengan kemampuan masyarakat dan mencapai titik impas sebelum 20 tahun

1.1 Tarif Harga Berlaku IPAL Mojosongo, dengan Kenaikan Tarif 10% per Tahun

Tabel.67 Pendapatan IPAL Mojosongo dari Tahun 2003-2024 dengan Harga Berlaku Menggunakan Kenaikan Tarif Retribusi 10% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi dgn Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Bunga 2,5% dengan Investasi Tetap	Investasi Tetap	Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Biaya Total	Pendapatan
2003	3500	8750	324	13819	0	13819	324	14143	357
2004	3675	9625	680	14164	345	13819	1026	14845	781
2005	3859	10588	1072	14519	700	13819	1772	15591	1272
2006	4052	11646	1504	14882	1063	13819	2566	16385	1838
2007	4254	12811	1978	15254	1435	13819	3413	17232	2492
2008	4467	14092	2500	15635	1816	13819	4316	18135	3247
2009	4690	15501	3074	16026	2207	13819	5281	19100	4120
2010	4925	17051	3705	16426	2607	13819	6313	20132	5128
2011	5171	18756	4400	16837	3018	13819	7418	21237	6291
2012	5430	20632	5164	17258	3439	13819	8603	22422	7636
2013	5701	22695	6004	17689	3870	13819	9875	23694	9188
2014	5986	24965	6929	18132	4313	13819	11241	25060	10982
2015	6285	27461	7945	18585	4766	13819	12711	26530	13053
2016	6285	30207	8962	19038	5219	13819	14182	28001	15331
2017	6285	33228	9979	19492	5673	13819	15652	29471	17837
2018	6285	36551	10996	19945	6126	13819	17122	30941	20594
2019	6285	40206	12013	20398	6579	13819	18592	32411	23626
2020	6285	44227	13030	20951	7032	13819	20062	33881	26962
2021	6285	48649	14046	21305	7486	13819	21532	35351	30631
2022	6285	53514	15063	21758	7939	13819	23002	36821	34667
2023	6285	58866	16080	22211	8392	13819	24473	38292	39107

Sumber: Data Olah.2000

Untuk melihat apakah selama 20 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

$$BCR = \frac{R - (C)_{op}}{C_f}$$

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-20) tahun

(C)_{op} = biaya O&M dengan hasil selisih investasi (1-20) Tahun

C_f = Investasi

2016	6285	53837	8962	19038	5219	13819	14182	28001	22837
2017	6285	61912	9979	19492	5673	13819	15652	29471	27507
2018	6285	71199	10996	19945	6126	13819	17122	30941	32877

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 20 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

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

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-20) tahun

(C)op = biaya O&M dengan hasil selisih investasi (1-20) Tahun

Cf = Investasi

BCR untuk IPAL Mojosongo pada tahun ke- 15 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,140$$

dengan : R = Rp. 32.877.000.000,-

(C)op = Rp. 17.122.000.000,-

Cf = Rp. 13.819.000.000,-

IPAL Mojosongo pada Tahun ke-15, sudah mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=1,140.

2. IPAL SEMANGGI

Penentuan tarif harga berlaku dipakai dibawah tarif harga tetap itu karena perhitungan pada harga berlaku tarif akan dinaikan setiap tahunnya jadi diambil tarif pertama IPAL Semanggi sebesar Rp.5.550,- agar dicapai titik impas sebelum tahun ke-20.

2.1 Tarif Harga Berlaku IPAL Semanggi, dengan Kenaikan Tarif 10% per Tahun

Tabel.69 Pendapatan IPAL Semanggi dari Tahun 2003-2025 dengan Harga Berlaku Menggunakan Kenaikan Tarif Retribusi 10% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi dengan Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Bunga 2,5% dengan Investasi Tetap	Investasi Tetap	Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Biaya Total	Pendapatan
2003	12000	5550	620	33369	0	33369	620	33989	799
2004	12600	6105	1302	34203	834	33369	2136	35505	1722
2005	13230	6716	2052	35058	1689	33369	3742	37111	2788
2006	13892	7387	2877	35935	2566	33369	5443	38812	4020
2007	14586	8126	3785	36833	3464	33369	7249	40618	5442
2008	15315	8938	4784	37754	4385	33369	9169	42538	7085
2009	16081	9832	5882	38698	5329	33369	11211	44580	8982
2010	16885	10815	7090	39665	6296	33369	13387	46756	11174
2011	17729	11897	8419	40657	7288	33369	15707	49076	13705
2012	18616	13087	9881	41673	8304	33369	18186	51555	16628
2013	19547	14395	11489	42715	9346	33369	20835	54204	20005
2014	20524	15835	13258	43783	10414	33369	23672	57041	23905
2015	21550	17418	15204	44878	11509	33369	26713	60082	28409
2016	21550	19160	17150	45972	12603	33369	29753	63122	33364
2017	21550	21076	19096	47067	13698	33369	32793	66162	38814
2018	21550	23184	21042	48161	14792	33369	35834	69203	44809
2019	21550	25502	22987	49256	15887	33369	38874	72243	51404
2020	21550	28052	24933	50350	16981	33369	41915	75284	58659
2021	21550	30858	26879	51445	18076	33369	44955	78324	66638
2022	21550	33943	28825	52540	19171	33369	47995	81364	75416
2023	21550	37338	30771	53634	20265	33369	51036	84405	85072

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 20 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

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

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-20) tahun

(C)op = biaya O&M dengan hasil selisih investasi (1-20) Tahun

Cf = Investasi

BCR untuk IPAL Semanggi pada tahun ke-20 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,019$$

dengan : R = Rp. 85.072.000.000,-

(C)op = Rp. 51.036.000.000,-

Cf = Rp. 33.369.000.000,-

IPAL Semanggi pada Tahun ke-20, sudah mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=1,019.

2.2 Tarif Harga Berlaku IPAL Semanggi, dengan Kenaikan Tarif 15% per Tahun

Tabel.70 Pendapatan IPAL Semanggi dari Tahun 2003-2019 dengan Harga Berlaku Menggunakan Kenaikan Tarif Retribusi 15% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi dengan Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Bunga 2,5% dengan Investasi Tetap	Investasi Tetap	Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Biaya Total	Pendapatan
2003	12000	5550	620	33369	0	33369	620	33989	799
2004	12600	6383	1302	34203	834	33369	2135	35505	1764
2005	13230	7340	2052	35058	1689	33369	3742	37111	2930

2006	13892	8441	2877	35935	2566	33369	5443	38812	4337
2007	14586	9707	3785	36833	3464	33369	7249	40618	6036
2008	15315	11163	4784	37754	4385	33369	9169	42538	8087
2009	16081	12837	5882	38698	5329	33369	11211	44580	10565
2010	16885	14763	7090	39665	6296	33369	13387	46756	13556
2011	17729	16978	8419	40657	7288	33369	15707	49076	17168
2012	18616	19524	9881	41673	8304	33369	18186	51555	21529
2013	19547	22453	11489	42715	9346	33369	20835	54204	26796
2014	20524	25821	13258	43783	10414	33369	23672	57041	33155
2015	21550	29694	15204	44878	11509	33369	26713	60082	40834
2016	21550	34148	17150	45972	12603	33369	29753	63122	49665
2017	21550	39270	19096	47067	13698	33369	32793	66162	59820
2018	21550	45161	21042	48161	14792	33369	35834	69203	71499

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 20 tahun IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

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

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-20) tahun

(C)op = biaya O&M dengan hasil selisih investasi (1-20) Tahun

Cf = Investasi

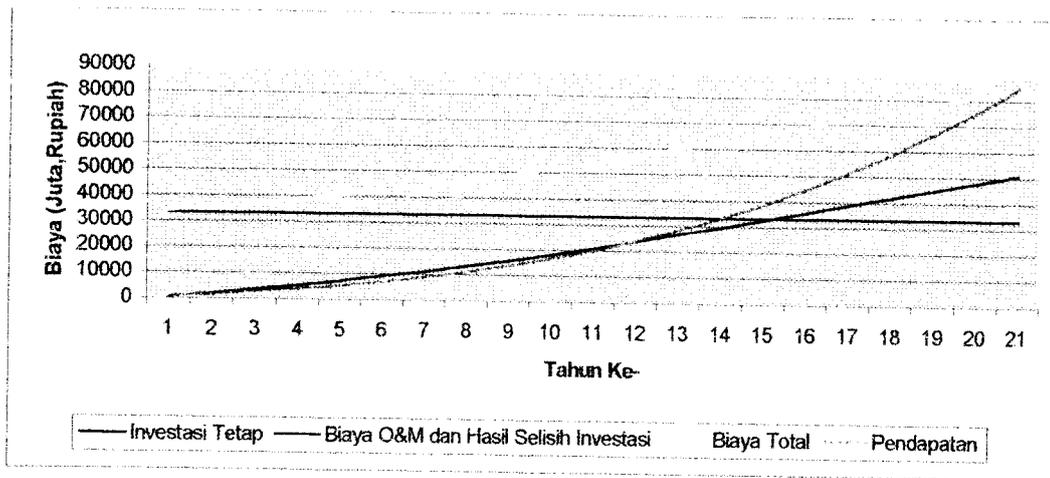
BCR untuk IPAL Semanggi pada tahun ke-15 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,067$$

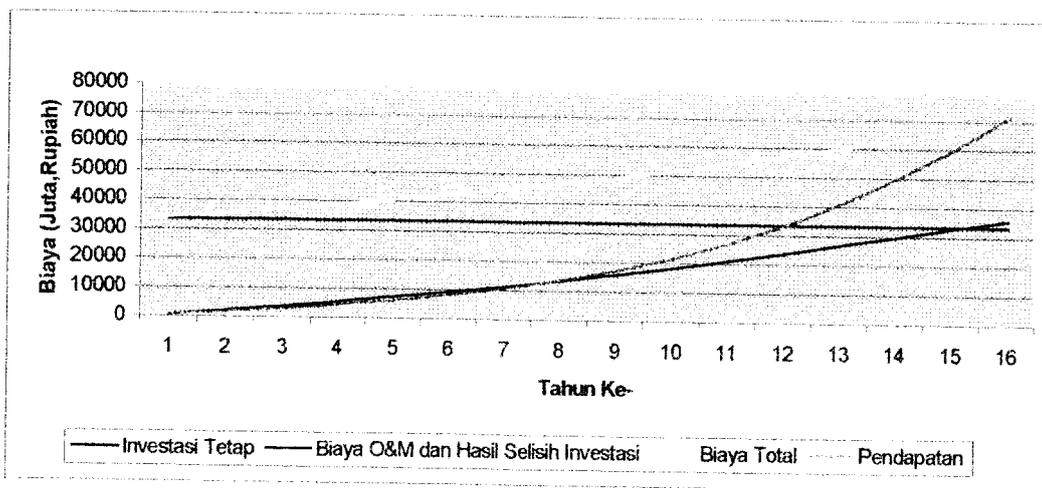
dengan : R = Rp. 71.449.000.000,-

(C)op = Rp. 35.834.000.000,-

Cf = Rp. 33.369.000.000,-



Gambar. 8.5 Grafik Titik Impas IPAL Semanggi Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 10% per Tahun



Gambar.8.6 Grafik Titik Impas IPAL Semanggi Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 15% per Tahun

IPAL Semanggi pada Tahun ke-15, sudah mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=1,067.

3. Tarif Harga Berlaku untuk Kedua IPAL

Tarif harga berlaku untuk kedua IPAL, dimaksud adalah untuk mengkondisikan agar adanya keseragaman dalam pemungutan tarif retribusi dari kedua IPAL, dan dalam manajemen keuangannya di buat sistem subsidi silang yang saling memberikan kekurangan dan kelebihan dalam hal dana pembiayaan operasional dan pemeliharaan kedua IPAL. Tarif awal yang digunakan adalah Rp. 8500,-.

3.1 Tarif Harga Berlaku untuk Kedua IPAL dengan Kenaikan Tari 10% per Tahun

Tabel.71 Pendapatan Kedua IPAL dari Tahun 2003-2020 dengan Harga Berlaku Menggunakan Kenaikan Tarif Retribusi 10% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi dgn Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Bunga 2,5% dengan Investasi Tetap	Investasi Tetap	Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Biaya Total	Pendapatan
2003	15500	8500	944	47188	0	47188	944	48132	1581
2004	16275	9350	1982	48368	1180	47188	3152	50350	3407
2005	17089	10285	3125	49577	2389	47188	5514	52702	5516
2006	17943	11314	4381	50816	3628	47188	8009	55197	7952
2007	18840	12445	5763	52087	4899	47188	10662	57850	10766
2008	19782	13689	7264	53389	6201	47188	13484	60672	14015
2009	20771	15058	8956	54724	7536	47188	16492	63680	17769
2010	21810	16564	10795	56092	8904	47188	19699	66887	22104
2011	22901	18221	12819	57494	10306	47188	23125	70313	27111
2012	24046	20043	15045	58931	11743	47188	26786	73976	32894
2013	25248	22047	17493	60405	13217	47188	30710	77898	39574
2014	26510	24251	20187	61915	14727	47188	34914	82102	47289
2015	27836	26677	23149	63463	16275	47188	39424	86612	56200
2016	27836	29344	26112	65010	17822	47188	43935	91123	66002

3.2 Tarif Harga Berlaku untuk Kedua IPAL dengan Kenaikan Tarif 15% per Tahun

Tabel.72 Pendapatan Kedua IPAL dari Tahun 2003-2016 dengan Harga Berlaku Menggunakan Kenaikan Tarif Retribusi 15% per Tahun

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif	Biaya O&M	Investasi dengan Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Bunga 2,5% dengan Investasi Tetap	Investasi Tetap	Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Biaya Total	Pendapatan
2003	15500	8500	944	47188	0	47188	944	48132	1581
2004	16275	9775	1982	48368	1180	47188	3162	50350	3162
2005	17089	11241	3125	49577	2389	47188	5514	52702	5071
2006	17943	12927	4381	50816	3628	47188	8009	55197	7376
2007	18840	14867	5763	52087	4899	47188	10662	57850	10160
2008	19782	17097	7284	53389	6201	47188	13484	60672	13521
2009	20771	19661	8956	54724	7536	47188	16492	63680	17579
2010	21810	22610	10795	56092	8904	47188	19699	66887	22480
2011	22901	26002	12819	57494	10306	47188	23125	70313	28398
2012	24046	29902	15045	58931	11743	47188	26766	73976	35543
2013	25248	34387	17493	60405	13217	47188	30710	77898	44171
2014	26510	39545	20187	61915	14727	47188	34914	82102	54590
2015	27836	45477	23149	63463	16275	47188	39424	86612	67170
2016	27836	52299	26112	65010	17822	47188	43935	91123	82361
2017	27836	60143	29075	66558	19370	47188	48445	95633	99830

Sumber: Data Diolah 2000

Untuk melihat apakah selama 20 tahun Kedua IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

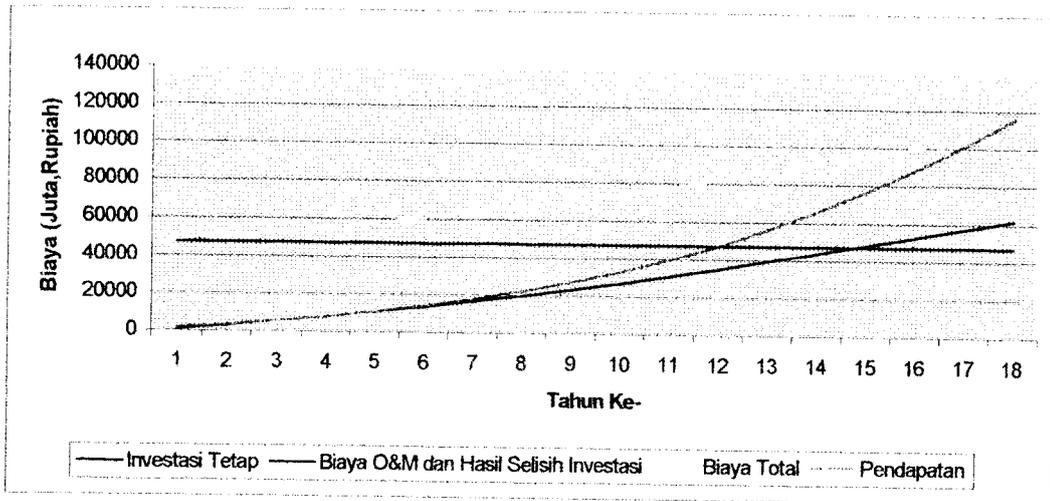
$$BCR = \frac{R - (C)_{op}}{C_f}$$

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-20) tahun

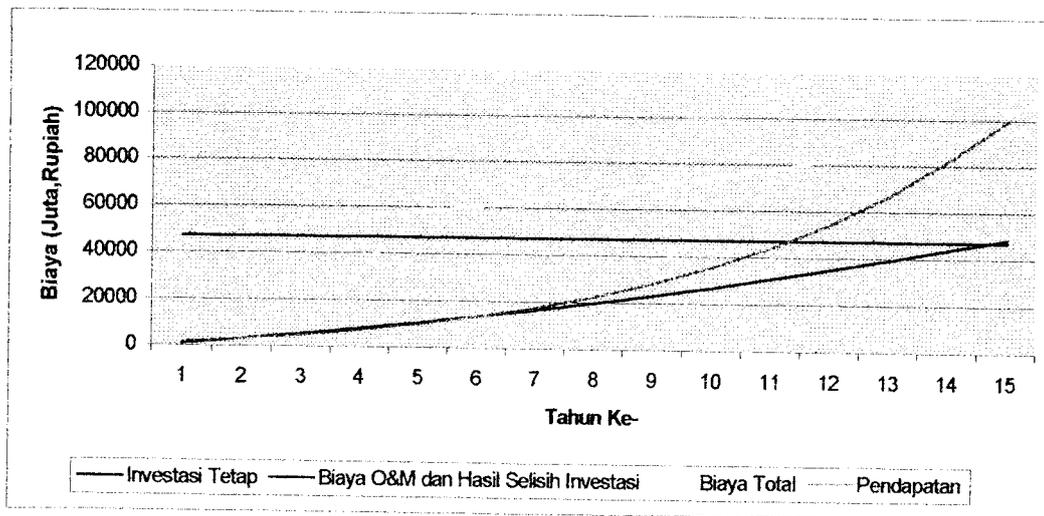
(C)_{op} = biaya O&M dengan hasil selisih investasi (1-20) Tahun

C_f = Investasi

BCR untuk Kedua IPAL pada tahun ke-14 adalah :



Gambar.8.7 Grafik Titik Impas Kedua IPAL Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan Tarif Retribusi 10% per Tahun



Gambar.8.8 Grafik Titik Impas Kedua IPAL Menggunakan Harga Berlaku dengan Kenaikan 15% per Tahun

3.3 Tarif Harga Tetap untuk Kedua IPAL, dengan Investasi Berbunga 2,5% Per Tahun

Pada tabel. 73 memakai perhitungan sebagai berikut.

- Kenaikan biaya O&M berdasarkan kenaikan jumlah pelanggan yaitu sebesar 5% per tahun sampai kapasitas penuh yaitu tahun 2015.
- Untuk investasi naik dengan bunga sebesar 2,5% pertahun sampai kapasitas penuh.
- Untuk investasi perhitungan tarif berdasarkan bahwa investasi akan diangsur selama 25 tahun atau sampai tahun ke-25.

Tabel.73 Kenaikan Biaya O&M dalam Juta Rupiah serta Tarif per Bulan dan Investasi dalam Juta Rupiah serta tarif per bulan, dengan Kapasitas Beium Penuh selama 13 Tahun untuk Kedua IPAL

Tahun	Jumlah Pelanggan	Biaya O&M	Investasi dgn Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi Berbunga dengan Investasi Tetap	Biaya O&M dengan Hasil Selisih Investasi	Tarif per Bulan dari Biaya O&M dan Hasil Selisih Investasi	Tarif Per Bulan dari Biaya Investasi	Total Tarif Per Bulan
2003	15500	944	47188	0	944	5000	7100	12100
2004	16275	1935	48368	1180	3115	5000	7100	12100
2005	17089	2976	49577	2389	5365	5000	7100	12100
2006	17943	4069	50816	3628	7697	5000	7100	12100
2007	18840	5216	52087	4899	10115	5000	7100	12100
2008	19782	6421	53389	6201	12622	5000	7100	12100
2009	20771	7686	54724	7536	15222	5000	7100	12100
2010	21810	9014	56092	8904	17918	5000	7100	12100
2011	22901	10409	57494	10306	20715	5000	7100	12100
2012	24046	11874	58931	11743	23617	5000	7100	12100
2013	25248	13411	60405	13217	26628	5000	7100	12100
2014	26510	15026	61915	14727	29753	5000	7100	12100
2015	27836	16721	63463	16275	32996	5000	7100	12100

Sumber : Data Diolah,2000

Tabel.74 Pendapatan dari Tarif OM dan Investasi dengan Bunga 2,5% Per Tahun Kedua IPAL selama 13 Tahun saat Kapasitas Belum Penuh

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif Total per Bulan	Pendapatan Tiap Tahun	Total Pendapatan
2003	15500	12100	2251	22506
2004	16275	12100	2363	24869
2005	17089	12100	2481	27350
2006	17943	12100	2605	29956
2007	18840	12100	2736	32691
2008	19782	12100	2872	35564
2009	20771	12100	3016	38580
2010	21810	12100	3167	41747
2011	22901	12100	3325	45072
2012	24046	12100	3491	48563
2013	25248	12100	3666	52229
2014	26510	12100	3849	56078
2015	27836	12100	4042	60120

Sumber : Data Diolah,2000

Tabel.75 Pendapatan dalam Juta Rupiah dari tahun 2003-2033 untuk Kedua IPAL

Tahun	Jumlah Pelanggan	Tarif Total per Bulan	Biaya O&M	Investasi dgn Bunga 2,5% per tahun	Selisih Investasi dgn Bunga dan Investasi Tetap	Biaya O&M dengan Hasil selisih Investasi	Biaya Investasi Tetap	Biaya Total	Total Pendapatan
2003	15500	12100	944	47188	0	944	47188	48132	22506
2004	16275	12100	1935	48368	1180	3115	47188	50303	24869
2005	17089	12100	2976	49577	2389	5365	47188	52553	27350
2006	17943	12100	4069	50816	3628	7697	47188	54885	29956
2007	18840	12100	5216	52087	4899	10115	47188	57303	32691
2008	19782	12100	6421	53389	6201	12622	47188	59810	35564
2009	20771	12100	7686	54724	7536	15222	47188	62410	38580
2010	21810	12100	9014	56092	8904	17918	47188	65106	41747
2011	22901	12100	10409	57494	10306	20715	47188	67903	45072
2012	24046	12100	11874	58931	11743	23617	47188	70805	48563
2013	25248	12100	13411	60405	13217	26628	47188	73816	52229
2014	26510	12100	15026	61915	14727	29753	47188	76941	56076
2015	27836	12100	16721	63463	16275	32996	47188	80184	60120
2016	27836	12100	18416	65010	17822	36239	47188	83427	64164
2017	27836	12100	20112	66558	19370	39482	47188	86670	68208
2018	27836	12100	21807	68106	20918	42725	47188	89913	72252
2019	27836	12100	23502	69654	22466	45968	47188	93156	76296
2020	27836	12100	25197	71202	24014	49211	47188	96399	80340
2021	27836	12100	26893	72750	25562	52455	47188	99643	84384
2022	27836	12100	28588	74298	27110	55698	47188	102886	88428
2023	27836	12100	30283	75846	28658	58941	47188	106129	92472
2024	27836	12100	31979	77393	30205	62184	47188	109372	96516
2025	27836	12100	33674	78941	31753	65427	47188	112615	100560

2026	27836	12100	35369	80489	33301	68670	47188	115858	104604
2027	27836	12100	37065	82037	34849	71914	47188	119102	108648
2028	27836	12100	38760	83585	36397	75157	47188	122345	112692
2029	27836	12100	40455	85133	37945	78400	47188	125588	116736
2030	27836	12100	42150	86681	39493	81643	47188	128831	120780
2031	27836	12100	43846	88229	41041	84886	47188	132074	124824
2032	27836	12100	45541	89776	42588	88129	47188	135317	128868
2033	27836	12100	47236	91324	44136	91372	47188	138560	132912
2034	27836	12100	48932	92872	45684	94616	47188	141804	136956
2035	27836	12100	50627	94420	47232	97859	47188	145047	141000
2036	27836	12100	52322	95968	48780	101102	47188	148290	145044
2037	27836	12100	54017	97516	50328	104345	47188	151533	149088
2038	27836	12100	55713	99064	51876	107588	47188	154776	153132
2039	27836	12100	57408	100611	53423	110831	47188	158019	157176
2040	27836	12100	59103	102159	54971	114075	47188	161263	161220
2041	27836	12100	60799	103707	56519	117318	47188	164506	165264

Sumber : Data Diolah,2000

Untuk melihat apakah selama 20 tahun Kedua IPAL sudah mengalami keuntungan dapat dicari memakai rumus BCR (*Benefit cost Ratio*) yaitu:

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

dengan : R = nilai sekarang pendapatan (1-20) tahun

(C)op = biaya O&M dengan hasil selisih investasi (1-20) Tahun

Cf = Investasi

BCR untuk Kedua IPAL pada tahun ke-38 adalah :

$$BCR = \frac{R - (C)op}{Cf} = 1,016$$

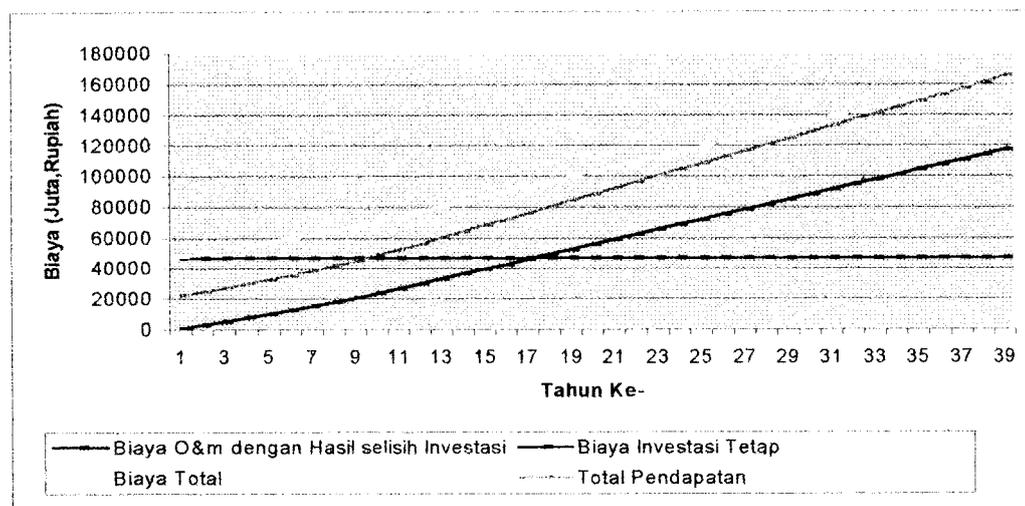
dengan : R = Rp. 165.264.000.000,-

(C)op = Rp. 117.318.000.000,-

Cf = Rp. 47.188.000.000,-

Kedua IPAL pada Tahun ke-39, sudah mengalami keuntungan ataupun titik impas dengan nilai BCR=1,016.

Berikut ini gambar grafik titik impas untuk kedua IPAL dengan harga tetap selama 39 tahun.



Gambar.8.9 Grafik Titik Impas Kedua IPAL Selama 40 Tahun dengan Investasi Berbunga 2,5% per Tahun

9.3 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan investasi berbunga 2,5% per tahunnya, dapat disimpulkan bahwa selisih dari nilai bunga investasi terhadap nilai investasi tetap atau 0% per tahun dimasukan kedalam biaya O&M karena dianggap sebagai akibat beban bunga yang harus ditanggung oleh biaya operasional dan pemeliharaan. Kenaikan suku bunga konstan setiap tahunnya, dan kenaikan biaya O&M konstan sampai IPAL penuh setelah itu naik secara komulatif seperti dapat dilihat pada tabel perhitungan sebelumnya. Beberapa alternatif dari hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel. 76 Rekapitulasi Tarif Retribusi dari Perhitungan Investasi dengan Bunga 2,5% per Tahun, Per Sambungan Rumah dari Semua Alternatif yang Ditawarkan

ALTERNATIF I	ALTERNATIF II	ALTERNATIF III	ALTERNATIF IV
Harga Tetap	Harga Berlaku	Harga tetap	Harga Berlaku
I.Mojosongo:Rp.16.200,- BEP tahun ke- 33	Kenaikan Tarif 10% per tahun I. Mojosongo tarif awal: Rp.8.750,- BEP tahun ke- 20: Tarif akhir Rp.58.866,-		Kenaikan Tarif 10% per tahun Tarif awal kedua IPAL Rp.8.500,- BEP tahun ke-17: Tarif akhir Rp.42.963,-
	Kenaikan Tarif 15% per tahun I. Mojosongo: Rp.8.750,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.71.199,-	Tarif kedua IPAL Rp.12.100,- BEP tahun ke-38	
I. Semanggi:Rp.11.000,- BEP tahun ke- 53	Kenaikan tarif 10% per tahun I.Semanggi:Rp.5.550,- BEP tahun ke- 20: Tarif akhir Rp. 37.338,-		Kenaikan tarif 15% per tahun Tarif awal Kedua IPAL RP.8.500,- BEP tahun ke-14: Tarif akhir Rp.60.143,-
	Kenaikan tarif 15% per tahun I. Semanggi:Rp.5.550,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.45.161,-		

Setelah kami menganalisa hasil hitungan kami, maka kami merekomendasikan hasil analisa pada alternatif ke-IV dengan kenaikan 10% per tahun dan titik impas dicapai pada tahun ke-17 dengan tarif terakhir Rp. 42.963,-. Model subsidi silang untuk kedua IPAL dipakai agar terjadi keseragaman harga tarif yang dibebankan kepada masyarakat pengguna kedua IPAL, pertimbangan yang diambil dalam penetapan tarif retribusi adalah:

1. Segi Finansial pihak pengelola, pendapatan pihak pengelola harus dapat menutup biaya operasional dan pemeliharaan (O&M).
2. Segi Kemampuan Masyarakat dalam membayar tarif retribusi.
3. Segi Investasi, investasi dan bunganya sebesar 2,5% per tahun harus dapat terlunaskan oleh pihak pengelola, maka sebelum tahun ke-20 (umur bangunan) pihak pengelola harus mendapatkan keuntungan.

Namun masih ada kemungkinan lain untuk diterapkan, pada pokoknya pemungutan tarif retribusi haruslah tidak membebani masyarakat karena IPAL di bangun adalah untuk memfasilitasi sarana kebutuhan fisik dan lingkungan untuk masyarakat.

BAB IX

KESIMPULAN DAN SARAN

9.1 Kesimpulan

Pada masa sekarang ini instalasi pengolahan air limbah yang ada di IPAL Mojosongo dan di IPAL Semanggi belum dijadikan sebagai instalasi yang mempunyai nilai *benefit* (bangunan yang menghasilkan keuntungan), karena kondisi perekonomian sekarang ini baru berusaha bangkit dari kemerosotan sehingga menimbulkan dampak yang cukup sulit bagi masyarakat untuk membayar fasilitas dari pemerintah yang mereka gunakan. Namun pihak PEMDA dan PDAM Kodya Surakarta berusaha semaksimal mungkin untuk menyusun dan menyiapkan sosialisasi penggunaan IPAL bagi masyarakat Kodya Surakarta lewat iklan masyarakat dikoran daerah, radio dan penelitian ilmiah seperti yang kami lakukan saat ini. Dari hasil penelitian kami dapat menyimpulkan beberapa *point* yang dapat disumbangkan kepada pihak pengelola yaitu PDAM Kodya Surakarta, dimana kami menghitung biaya berdasarkan asumsi pada saat kedua IPAL sudah berdiri dibangun dan ber operasi.

9.1.1 Kemampuan IPAL

Dari hasil analisis di depan dapat diketahui bahwa penggunaan sistem yang dipakai pada IPAL Semanggi jauh lebih baik dan terkendali dengan biaya operasional dan pemeliharaan yang cukup rendah. Karena kemampuan pengolahan air limbah sebesar 300ltr/det per hari dan dengan jumlah sambungan rumah sebanyak 25000 maka biaya operasional dan pemeliharaan lebih rendah dari IPAL Mojosongo yang hanya mempunyai kapasitas pengolahan 155ltr/det dengan jumlah pelanggan 6300. Dengan demikian dapat dilihat bahwa biaya operasional dan pemeliharaan IPAL Semanggi lebih optimal daripada IPAL Mojosongo. IPAL Mojosongo bukannya mempunyai sistem yang tidak bagus, sistem pengolahannya juga sangat bagus dan cocok diterapkan pada daerah sektor utara yang mempunyai keadaan geografis dan topografi yang seperti disana.

Tetapi apabila sistem pengolahan ataupun sistem jaringan IPAL Semanggi diterapkan pada IPAL Mojosongo akan mengeluarkan banyak biaya untuk penyesuaian di berbagai tempat dan sistem pengolahan IPAL Semanggi memang didisain untuk kapasitas pengolahan yang besar, selain itu juga disebabkan karena berbedanya keadaan lingkungan di kedua daerah tersebut. Maka dari itulah sistem yang digunakan sudah tetap pada masing-masing daerah.

ini juga memperhitungkan umur bangunan konstruksi yaitu selama 20 tahun.

Penyamaan tarif ini juga untuk menghindari kecemburuan sosial dan diskriminasi harga antara kedua masyarakat di daerah tersebut, sehingga akan terlihat bahwa tidak terjadi perbedaan tarif yang mencolok dan masyarakat tidak beranggapan salah satu dari IPAL mempunyai tarif retribusi yang mahal.

9.1.3 Pengendalian Mutu

Disain IPAL Semanggi dalam hal pengendalian mutu sangatlah baik itu dapat dilihat dari konsentrasi BOD *influent* yang masuk, dimana sebelum masuk konsentrasi BOD telah tereduksi sebesar 50% pada akhir pipa interseptor yaitu sebesar 38mg/ltr setelah masuk kedalam sektor pengolahan berkurang hingga 60% menjadi 15 mg/ltr. Konsentrasi sebesar 15mg/ltr ini masuk kedalam ambang batas badan air kelas A, walaupun IPAL Mojosongo konsentrasi BODnya tidak berbeda jauh tetapi mengalami proses yang cukup lama yaitu 3,7 hari sedangkan untuk IPAL Semanggi hanya butuh waktu 4-6 jam saja. Untuk pengendalian tersuspensinya IPAL Semanggi mempunyai angka yang lebih kecil dibanding IPAL Mojosongo yaitu untuk IPAL Semanggi sebesar 0,04kg/m³ sedangkan untuk IPAL Mojosongo 0,35kg/m³.

9.2 Saran

Untuk menjadikannya sebagai instalasi yang menghasilkan keuntungan sebaiknya pengelola IPAL Semanggi meningkatkan pelayanan terhadap masyarakat dengan memberikan kesadaran kepada mereka tentang pentingnya mengalirkan air limbah pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Apabila masyarakat menyadari pentingnya mengalirkan air limbah melalui IPAL akan membantu proses pengembangan Kodya Surakarta yang bersih dan sehat.

9.2.1 Kemampuan IPAL

Dengan kemampuan IPAL Semanggi mampu melayani 25000 SR secara maksimal diharapkan dapat dicapai pada tahun ke-13 yaitu tahun 2015 dari masa pengoperasiannya dapat terpenuhi. Diharapkan dalam pengolahan air limbah pihak pengelola dapat memaksimalkan pelayanannya dan mengusahakan pengembangan unit pengolahan air limbah lainnya agar seluruh wilayah kodya Surakarta dapat dilayani.

9.2.2 Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Walaupun biaya operasional dan pemeliharaan telah tertutupi dengan tarif retribusi tetapi biaya operasional harus ditekan seminimum mungkin sehingga tidak membebani masyarakat tanpa harus mengorbankan kapasitas dan umur bangunan IPAL. Dengan mengalokasikan anggaran biaya operasional dan pemeliharaan serealitis mungkin untuk memaksimalkan umur pakai aset, pemeliharaan aset dan

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

9.2.3 Pemulihan Biaya Operasional dan Pemeliharaan

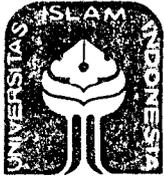
Pemulihan biaya operasional dan pemeliharaan IPAL selain dari tarif retribusi diambil juga dari tarif pemasangan sambungan baru, tetapi tidak juga melupakan potensi dari retribusi non domestik seperti hotel, restoran dan tempat hiburan sangat besar jumlahnya karena daerah Surakarta termasuk katagori kota pariwisata dimana setiap tahun terus berkembang baik dari segi pasilitas maupun jumlah pengunjungnya. Dengan penerapan tarif retribusi yang lebih tinggi dari limbah domestik. Daerah Surakarta menetapkan untuk sambungan non domestik atau namanya sambungan khusus yang meliputi sambungan niaga besar dan industri besarnya tarif dihitung dari satuan beban pencemaran organik yang diproduksi, dalam kg BOD/m^3 per hari. Selain dari tarif retribusi dan biaya penyambungan awal untuk IPAL Mojosongo pada kolam sedimentasi dapat digunakan sebagai kolam ikan yang nantinya dapat dijadikan pemancingan dan dijual ke masyarakat. ataupun pupuk-pupuk yang berasal dari *sludge drying bed* dihasilkan dari sampingan IPAL juga dapat dijual, sehingga memberi tambahan pendapatan selain itu dapat menutupi biaya operasional dan pemeliharaan.

Daftar Pustaka

- Anonim, 1977, *Peraturan Menteri Kesehatan R.I No. 173*, Departemen Kesehatan Jakarta.
- Anonim, 1999, *Laporan Tentang Proyek Pembangunan Instalasi Pengolahan Limbah Kodya Surakarta*, Dinas Pekerjaan Umum Surakarta.
- Mahida, UM. 1985, *Perencanaan Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, Penerbit Rajawali, Jakarta.
- Metclaf dan Eddy, 1979, dalam Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Muslim. A dan Antoni. H. I, 1999, "Analisa Biaya Operasional dan Pemeliharaan (OM) pada Proyek Instalasi Unit Pengolahan Limbah" *Tugas akhir S-1 Teknik Sipil UII Yogyakarta*.
- Purdum. P.W, 1980, dalam Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Salvato. Y. A. 1972, *Environmental Engineering and Sanitation*, Wiley-Interscience, New York.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Suhardjo. 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*.
- Suharto. I, 1997, *Manajemen Proyek*, Penerbit Erlangga Jakarta.

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kartu Peserta Tugas Akhir
2. Surat Permohonan Bimbingan Tugas Akhir
3. Surat Permohonan Izin Penelitian dan Permohonan Data
4. Surat Izin Pelaksanaan Penelitian
5. Data Pendapatan Regional Perkapita Kodya Surakarta atas Dasar Harga Berlaku Tahun 1997-1998
6. Data Penduduk, Luas Wilayah, Tingkat Kepadatan di Kodya Surakarta
7. Standar Operasional Prosedur dan Manual Operasi Prosedur IPAL Mojosongo
8. Gambar Rumah Pompa Sibela di Mojosongo
9. Perhitungan Pengendalian Mutu Untuk IPAL Mojosongo
10. Disain *Pre Treatment* Tempuran Semanggi
11. Data Perencanaan Subsidi Biaya Operasional dan Pemeliharaan untuk Tahun 2001-2003
12. Standar Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan *Sewerage* Surakarta
13. Data Perencanaan Jumlah Pegawai
14. Perencanaan Struktur Organisasi Unit Pengolahan Air Limbah PDAM DATI II Surakarta
15. Data Biaya Laboratorium untuk Kedua IPAL



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

1.75 = 3 m
 Proposal 1.02
 RL

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	WAN YUSUARINI M.	93 310 012		TSM
2.	LIVIA MARLITA	94 310 101		TSM

JUDUL TUGAS AKHIR : PERENCANAAN BIAYA OPERASIONAL DAN PERAWATAN (OM) PADA INSTANSI PENGELOLAAN AIR LIMBAH (IPAL) STUDI KASUS* KOTA SOLO.

Dosen Pembimbing I : DR. IR. EBY PURWANTO, CES, DEA
 Dosen Pembimbing II : DR. IR. H. DRADJAT SUHARDJO, SU

1

2



Yogyakarta, 11 JULI 2000
 Dekan
 Ketua Jurusan Teknik Sipil

IR. H. T. ADJUDDIN B. M. ARIS, MS



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 30 / D.II/JTS / VI / 2000
Lamp. :
Hal :
DIBINBINGAN TUGAS AKHIR.

Yogyakarta, 12 Juli 2000

Kepada Yth. : Dr. Ir. Edy Purwanto, Ces, Dea
Di -
Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : Wan Yusuarinni Monita
No. Mhs : 93 310 012
N.I.R.M. : 930051013114120012
Bidang Studi : Mankon
Tahun Akademik : 1999/2000 (Genap)

Nama : Livia Marlita
No. Mhs : 94 310 101
N.I.R.M. : 940051013114120100
Bidang Studi : Mankon
Tahun Akademik : 1999/2000 (Genap)

Dapat diberikan petunjuk pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.
Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing.

Sebagai berikut. I : Dr. Ir. Edy Purwanto, Ces, Dea
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. H. Dradjat Suhardjo, SU
Dosen pemencambil topik :

PERENCANAAN BIAYA OPERASIONAL DAN PERAWATAN (OM) PADA INSTANSI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) STUDI KASUS KOTA SOLO.

Demikian atas bantuan serta kerjasannya diucapkan terima kasih.
mengajukan untuk melaksanakan Tugas Akhir, dapat diberikan petunjuk, pengarahan serta bimbingan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Dr. H. Dekan

Ketua Jurusan Teknik Sipil

(DR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS)

Cembusan :
Mahasiswa vbs.
Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 30 / D II / JIS / VI / 2000 Yogyakarta , 12 Juli 2000
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Kepada Yth. : **Dr. Ir. H. Dradjat Suhardjo, SU**
Di -
Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

L. Nama : **Wan Yusuarini Monita**
No. Mhs : 93 310 012
N.I.R.M. : 930051013114120012
Bidang Studi : Mankon
Tahun Akademi : 1999/2000 (Genap)

Nama : **Livia Marlita**
No Mhs. : 94 310 101
N.I.R.M. : 940051013114120100
Bidang Studi : Mankon
Tahun Akademi : 1999/2000 (Genap)

Dapat diberikan petunjuk pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing

Sebagai berikut. I : **Dr. Ir. Edy Purwanto, Ces, Dea**
Dosen Pembimbing II : **Dr. Ir. H. Dradjat Suhardjo, SU**
Dengan mengambil topik :

PERENCANAAN BIAYA OPERASIONAL DAN PERAWATAN (OM) PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) STUDI KASUS : KOTA SOLO

Demikian atas bantuan serta kerjasanannya diucapkan terima kasih. menyajikan untuk melaksanakan Tugas Akhir, dapat diberikan petunjuk, pengarahan serta bimbingan/pancainan terima kasih.

Wasalamu'adaikum Wr.Wb

a/n. Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil

(DR. H. TADJUDDIN B.M. ARIS, MS

Tembusan :
Mahasiswa ybs.
Assid.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 133 /JTS/ VII / 2000
Lamp. : -
Hal : Ijin Penelitian /Permohonan Data

Yogyakarta, 18 Juli 2000

Kepada Yth : **KEPALA BAPPEDA
TINGKAT II SURAKARTA
DI
SURAKARTA.**

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. **Wan Yusuarini M.** No. Mhs. : **93 310 012**
2. **Livia Marlita** No. Mhs. : **94 310 101**

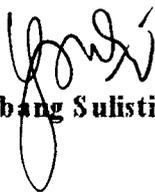
Berkenaan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan data /informasi yang mendukung untuk penyusunan tugas akhir , maka dengan ini kami mohon kepada Bapak / Ibu sudilah kiranya dapat memberikan bantuan yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul :

**PERENCANAAN BIAYA OPERASIONAL DAN PERAWATAN (OM) PADA
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL).
(STUDI KASUS KOTA SOLO, SURAKARTA.**

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

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

**A/n D e k a n
Pembantu Dekan I**


Ir. Bambang Sulistiono, MSCE

Tembusan

1. Mahasiswa Ybs.
2. Arsip.



P E M E R I N T A H K O T A S U R A K A R T A
B A D A N P E R E N C A N A A N P E M B A N G U N A N D A E R A H

JLN. JENDRAL SUDIRMAN NO. 2 SURAKARTA TELP. 55277 - 633268 - 42020/208

Surakarta, 20 Juli 2000

Nomor : 070/284-VII/2000 Kepada Yth.
Lampiran :
Perihal : Pelaksanaan Penelitian

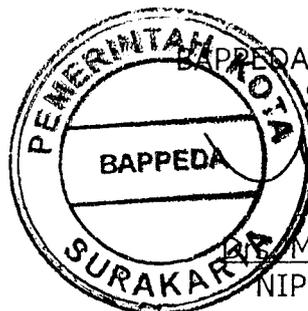
Di - S U R A K A R T A

Bersama ini dengan hormat saya sampaikan sehubungan dengan Surat dari Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta nomor 133/JTS/VII/2000 tentang Ijin penelitian / permohonan data. Untuk tugas akhir mahasiswa bernama :

- | | | | | |
|---|------------------|---------|---|------------|
| 1 | WAN YUSNARINI M. | NO. MHS | : | 93.310.012 |
| 2 | LIVIA MARLITA | NO. MHS | : | 94.310.101 |

Dengan judul : Perencanaan Beaya Operasi dan Perawatan (O&M) IPAL di Kota Surakarta. Untuk itu kami mohon Bp./Ibu/Sdr. Membantu memberikan data & Informasi yang diperlukan.

Demikian atas bantuan dan kerjasamanya yang baik disampaikan terimakasih.



BAPPEDA KOTA SURAKARTA
Sekretaris,

[Handwritten Signature]
BIS. MAMIEK M. HADI
NIP. 500 073 704

**TABEL 10 : PENDAPATAN REGIONAL PERKAPITA KOTAMADIA SURAKARTA
 ATAS DASAR HARGA BERLAKU TAHUN 1997 - 1998**

U R A I A N	1997	1998
(1)	(2)	(3)
01. Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Pasar (jutaan rupiah)	1.725.142,86	2.220.348,20
02. Penyusutan (jutaan rupiah)	123.413,72	133.025,17
03. Produk Domestik Regional Netto Atas Dasar Harga Pasar (jutaan rupiah)	1.601.729,14	2.087.323,03
04. Pajak Tak Langsung (jutaan rupiah)	121.325,81	156.152,60
05. Produk Domestik Regional Netto Atas Dasar Biaya Faktor (jutaan rupiah)	1.480.403,33	1.931.170,43
06. Jumlah Penduduk pertengahan tahun	538.126	540.644
07. Pendapatan Perkapita (rupiah)	2.751.034,76 ✓	3.572.047,69 ✓
08. Produk Domestik Regional Perkapita (rupiah)	3.205.834	4.106.858

BAB I OPERASI SISTEM AIR LIMBAH

1.1 Pengantar

Buku petunjuk operasi (SOP = *Standar Operation Prosedure*, MOP = *Manual Operation Prosedure*) ini akan memberikan penjelasan mengenai operasi secara rinci terhadap sistem jaringan air limbah yang dibagi menjadi 2 (*dua*) sektor yaitu :

1. Sektor Penangkapan

Sektor penangkapan adalah menangkap air limbah dari bangunan perumahan dan bangunan-bangunan non perumahan yang mempunyai produk air limbah.

Unit penangkapan ini meliputi Sambungan Rumah (SR), Jaringan Perpipaan, Manhole (*lubang pemeriksaan*), rumah pompa dan pompa pengangkat (*lokasi : Sibela, Maiabar, dan Dempo*), Bak Penangkap Pasir I, Bak Penangkap Pasir II serta rumah pompa dan pompa pengangkat (*lokasi : Kalianyar*).

2. Sektor Pengolahan

Sektor pengolahan adalah menerima air limbah dari hasil tangkapan samapai pada effluent (*air yang siap dibuang ke badan air penerima (BAP)*).

Unit pengolahan air limbah meliputi Bak Pengendap Awal, Aerated Facultative Lagoon I (*kolam aerasi I*), Aerated Facultative Lagoon II (*kolam aerasi II*), Sedimentation Pond (*kolam sedimentasi*), Sludge Drying Bed (*bak pengering lumpur*), dan Bak Penampang Supernatur dari Bak pengering Lumpur.

1.2 Penjelasan Terhadap Sistem

1.2.1 Gambaran Umum

Sistem air limbah secara umum dapat dilihat pada GAMBAR I.1, dan GAMBAR I.2 yang dijelaskan secara singkat sebagai berikut :

- Air limbah yang diproduksi dari kegiatan rumah tangga maupun non rumah tangga diterima oleh Sambungan Rumah (SR).
- Air limbah dari Sambungan Rumah (SR) mengalir secara gravitasi ke jaringan perpipaan dan mengalir secara gravitasi pula sampai pada pipa utama.
- Sebagian daerah pelayanan (SR) tidak dapat mengalir langsung secara gravitasi menuju ke pipa utama, tetapi Sambungan Rumah (SR) tersebut mengalir secara gravitasi sampai menuju suatu tempat yaitu Bak Penampung (*sump pum*) dan dari bak penampung kemudian dipompa sampai menuju titik tertinggi dan setelah itu mengalir secara gravitasi ke pipa utama.
- Air limbah yang terkumpul pada pipa utama akan mengalir secara gravitasi menuju ke Bak Penangkap Pasir I dan II.

- e. Dari Bak Penangkap Pasir II air limbah mengalir secara gravitasi ke Bak Pengumpul (*sump pump*). Apabila air limbah sudah memenuhi Bak Pengumpul atau dengan kata lain level (*tinggi*) air di Bak Penangkap pasir II sama dengan tinggi air di Bak Pengumpul maka air limbah di Bak Penangkap pasir II akan over flow (*meluap*) melalui pipa dan mengalir menuju kaliyanar.
- f. Air limbah yang tertampung di bak Pengumpul, kemudian dipompa ke Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) yang berlokasi di Kedungtungkul Mojosongo.

1.2.2 Gambaran IPAL (*Instalasi Pengolahan Air Limbah*)

Sistem aliran air limbah di dalam instalasi mengalir secara gravitasi seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR I.3 dan GAMBAR I.4 dan dijelaskan sebagai berikut :

- a. Bak Pengendap Awal
Air limbah yang dipompa dari Bak Pengumpul (*sump pump*) akan masuk ke Bak Pengendap Awal. Bila Gate Valve pada posisi terbuka air limbah akan mengalir langsung ke Bak Aerasi I (*Aerated Facultative Lagoon I*). Bila gate valve pada posisi tertutup air limbah akan ke Bak Pengendap Awal, pada bak ini pasir yang terbawa aliran akan diendapkan dan air limbahnya akan menuju ke Bak Aerasi I (*Aerated Facultative Lagoon I*).
- b. Aerated Facultative Lagoon I dan II
Air limbah yang tertampung pada Bak Aerasi I dan setelah itu akan mengalir secara gravitasi ke Bak Aerasi II. Pada Bak Aerasi I dan II, air limbah perlu ditambah oksigen (O_2) dengan menjalankan aerator. Air limbah sudah ditingkatkan kadar oksigennya, akan mengalir secara gravitasi ke Bak Pengendap (*Sedimentation Pond*).
- c. Sedimentation Pond (*Bak Pengendap*)
Bak Pengendap ini adalah penampungan terakhir air limbah dan terjadinya proses pengendapan dari partikel-partikel yang belum terendapkan pada proses sebelumnya yaitu Bak Pengendap Awal dan Bak Aerasi I dan II. Dari bak ini air limbah akan mengalir secara gravitasi melalui saluran dan kemudian menuju ke Badan Air Penerima yaitu Kaliyanar.

1.3 Sektor Penangkapan

1.3.1 Sambungan Rumah / Sambungan Air Limbah

Semua jaringan perpipaan dan pertengkapannya sampai pada batas pagar kepemilikan rumah. Sambungan ini berfungsi menangkap semua produk air limbah (*khususnya limbah domestik*) yang berasal dari closet (*air tinja*), air bekas mandi, cucian, dapur.

GAMBAR I.5 menunjukkan contoh tipe dari sambungan rumah. Dari sambungan rumah inilah awal dari produk air limbah sehingga perlu diperhatikan adanya kemungkinan benda-benda lain (*misalnya plastik, potongan kain/Map*) yang akan terbawa ke dalam saluran air limbah. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, maka sambungan air limbah harus dilengkapi Bak Kontrol sebelum air limbah memasuki pipa service atau pipa tersier.

1.3.2 Jaringan Perpipaan

Jaringan perpipaan untuk penyaluran air limbah tergantung pada topografi dari daerah/lokasi penanaman pipa. Menurut kebiasaan, jaringan perpipaan/saluran air limbah selalu mengikuti sistem jalan yang ada karena untuk memudahkan penyambungan rumah-rumah.

Didalam Buku Petunjuk Operasi ini tidak dilampirkan gambar dari jaringan perpipaan. Jaringan perpipaan sudah termuat di *As Built Drawing* yang dibuat oleh Kontraktor.

Jenis bahan pipa yang dipergunakan untuk menyalurkan air limbah pada sub sistem Mojosongo terdiri dari :

- a. Pipa PVC (*Polyvinyl Chlorida*)
Pipa PVC terpasang pada seluruh jaringan penangkapan (*untuk air bersih disebut jaringan distribusi*) dan Sambungan Rumah (SR) serta sebagian jalur pipa utama (*transmisi*).
 - Diameter pipa pada Sambungan Rumah (SR), 50 - 100 mm
 - Diameter pipa pada jaringan penangkapan, 200 - 300 mm
 - Diameter pipa utama (*transmisi*), 300 - 400 mm
- b. Galvanis Steel Pipe (*GSP*)
Pipa GS terpasang pada jalur pipa tekan yaitu mulai dari pompa (*Sibela, Malabar, dan Dempo*) sampai mencapai titik tertinggi dari masing-masing daerah tersebut. Diameter pipa GS yang dipergunakan adalah 100 mm.
- c. Pipa Beton
Pipa beton terpasang pada jalur transmisi (*pipa utama*) dengan diameter 300 - 400 mm.
- d. Pipa AC (*Asbestos Cement*)
Pipa AC terpasang pada jalur pipa utama yaitu didaerah sepanjang Kalianyar dengan diameter 300 mm.

1.3.3 Manhole

Manhole digunakan untuk memudahkan dalam pemeriksaan dan pembersihan saluran (*sistem pemeliharaan*) bila terjadi penyumbatan seperti yang terlihat pada GAMBAR 1.6. Jarak penempatan manhole tergantung pada diameter saluran/pipanya. Pada umumnya lokasi penempatan manhole dengan batasan diameter saluran dan atau pada tempat-tempat tertentu misalnya pada setiap perubahan diameter pipa, arah aliran, slope pipa, pertemuan aliran, percabangannya dan pada setiap pertemuan dengan bangunan-bangunan lainnya.

1.3.4 Rumah Pompa dan Pompa Pengangkat

Ada 4 (*empat*) lokasi dalam jaringan air limbah yang memerlukan sarana pemompaan diantaranya adalah :

- Memindahkan air limbah dari suatu zone ke zone lain, yang terdapat pada 3 (*tiga*) lokasi yaitu rumah pompa Sibela, Malabar dan Dempo.
- Mengangkat air limbah dari suatu tempat yang rendah ke tempat lebih tinggi, yang terdapat pada lokasi rumah pompa Kalianyar.

Untuk tujuan keamanannya, maka pompa ditempatkan pada suatu ruangan (*rumah pompa*) yang dilengkapi dengan bak pengumpul (*sump pump*) untuk mengantisipasi debit puncak, seperti yang ditunjukkan pada **GAMBAR 1.7** dan **GAMBAR 1.8**. Peralatan pompa yang dipergunakan adalah pompa submersible (*rendam/celup*) non-clogging.

A. Rumah Pompa Malabar / Dempo

Kedua rumah pompa ini masing-masing untuk penampung ± 200 sambungan rumah (SR) atau setara dengan 1000 jiwa. Dengan asumsi kebutuhan air bersih 160 l/or/hr (*pada tahun 2012*), faktor generasi air limbah 85% dan besarnya infiltrasi 5% maka pompa tersebut dioperasikan selama 6,3 jam/hari dengan interval waktu yang terputus-putus dimana akan menyesuaikan, kapasitas air limbah yang masuk sump pump.

Pompa submersible ini dilengkapi alat otomatis (*berupa penampung*) dimana pada level air tinggi pompa akan hidup (*on*). Kapasitas pompa terpasang 7 l/det dan masing-masing rumah pompa 1 unit.

B. Rumah Pompa Sibela

Rumah pompa ini untuk menampung ± 400 sambungan rumah (SR) atau setara dengan 2000 jiwa. Pompa submersible yang terpasang 2 (*dua*) unit dengan kapasitas masing-masing sebesar 7 l/det. Dengan asumsi seperti yang tersebut pada rumah pompa diatas maka pompa dioperasikan selama 6,3 jam/hari. Sistem otomatisasi dari pompa Sibela sama dengan yang dipergunakan di pompa Dempo/Malabar.

C. Rumah Pompa Kalianyar

Rumah pompa ini untuk menampung seluruh air limbah dari sub sistem jaringan di Perumnas Mojosongo. Menurut desain, jumlah pelayanan adalah 18000 jiwa pada tahun 2012. Jumlah pompa submersible yang terpasang 3 (*tiga*) unit dengan kapasitas masing-masing 20 l/det dan head 28 m, tetapi kapasitas aktual sebesar 25 l/det.

1.3.5 Bak Penangkap Pasir

Bak penangkap pasir, pada awalnya disebut dengan septic tank, tetapi pada Buku Petunjuk Operasi ini akan disebut bak penangkap pasir dengan alasan tidak memenuhi kriteria sebagai septic tank. Lokasi bak penangkap pasir terletak \pm 50 s/d 70 m sebelah barat dari Rumah Pompa Kalianyar.

Jumlah Bak Penangkap Pasir ada 2 (*dua*) buah yaitu :

a. Bak Penangkap Pasir I

Bangunan ini merupakan bak empat persegi panjang dengan ukuran 1,5 m x 2,5 m dan dalam tebal 1,5 m, tutup bak dari beton cor ukuran 0,5 m x 1,5 m dan tebal 10 cm.

b. Bak Penangkap Pasir II

Bak penangkap pasir ini dilengkapi dengan screen (*saringan*) untuk menahan sampah atau material terapung dengan ukuran besar yang terbawa dalam aliran air limbah.

1.4 Sektor Pengolahan

1.4.1 Bak Pengendap Awal

Apabila air limbah tidak diharapkan untuk melewati bak ini maka gate valve (*katup*) diposisikan dalam keadaan terbuka sehingga air akan mengalir langsung menuju bak aerasi I (*aerated facultative Lagoon I*). Tetapi apabila air limbah diinginkan untuk melewati bak maka gate valve (*katup*) diposisikan dalam keadaan tertutup sehingga akan melimpah melalui weir (*pelimpah*) dan masuk ke ruang pengukur dimana diruang ini terpasang skala (*disebelah selatan*) dan alat ukur V_{notch} untuk mengetahui debit air limbah yang sedang dipompakan dari rumah pompa Kalianyar. Besarnya debit air limbah dapat dilihat pada TABEL I.1.

Air limbah yang terjun dari V_{notch} memasuki ruang pengendapan, maka pada ruang ini, pasir yang terbawa aliran diharapkan mengendap. Sedangkan sampah terapung dan busa ditahan oleh penyekat yang kemudian diambil secara manual dan kemudian dibuang ke tempat sampah.

Air limbah yang melewati penyekat akan mengalir menuju pipa outlet dan masuk ke bak aerasi I, maka ditunjukkan GAMBAR I.11. Hasil endapan dari bak ini perlu dikuras setiap 3 bulan.

1.4.2 Aerated Facultative Lagoon I (*Bak Aerasi I*)

Air limbah yang masuk pada bak aerasi perlu dibiarkan selama 1 s/d 2 minggu untuk dapat berkembangbiaknya mikro organisme. Untuk mempercepat berkembangnya mikro organisme, biasanya pada permulaan perlu dilakukan seeding dengan cara menanam lumpur aktif dari tangki septik ke dalam bak aerasi.

Bak Aerasi I dilengkapi dengan 3 (*tiga*) unit aerator yang mempunyai kemampuan 2,2 kw per unitnya dan 1 (*satu*) kw akan menghasilkan 1,345 kg O₂/jam. **GRAFIK I.1.** menunjukkan kebutuhan aerator dan beban BOD pada operasional yang dibutuhkan. Bila pemberian oksigen ini berkurang akan ditandai dengan timbulnya bau dimana akan terjadi proses an-aerobik. Maka untuk menimbulkan bau yang tidak sedap, operator harus menjalankan aerator sampai dianggap mencukupi.

1.4.3 Aerated Facultative Lagoon II (*Bak Aerasi II*)

Pada prinsipnya Bak Aerasi II sama dengan Bak Aerasi I, Bak Aerasi I dan II akan terjadi endapan lumpur di dasar bak sehingga perlu adanya pengurasan secara periodik. Untuk pengurasan lumpurnya disediakan pompa centrifugal self priming dan ponton serta pipa fleksibel untuk hisap maupun tekan. Pompa lumpur tersebut kapasitasnya 8 l/det dan head 8 m.

1.4.4 Sedimentation Pond (*Bak Sedimentasi*)

Air limbah dari aerated facultative lagoon II, mengalir secara gravitasi ke sedimentation pond. Air yang telah diaerasi dari bak aerasi I dan II, sebagian besar partikel-partikelnya akan mengendap didalam bak ini. Dari bak ini air limbah sudah boleh dibuang ke badan air penerima, melalui saluran disebelah utara dan timur dari IPAL kemudian mengalir masuk ke Kalianyar.

Endapan lumpur akan terkumpul pada dasar kolam yang kemudian diperlukan pengurasan setelah lumpur berumur 2 (*dua*) tahun. Untuk pengurasan yang pertama, dan selanjutnya dilakukan pengurasan setiap 6 (*enam*) bulan sekali. Untuk pengurasan lumpurnya disediakan pompa centrifugal self priming dan ponton untuk meletakkan pompa serta dilengkapi pipa fleksibel untuk hisap dan tekan. Pompa lumpur mempunyai kapasitas 8 l/det dan head 8 m.

1.4.5 Bak Pengering Lumpur (*Sludge Drying Bed*)

Bangunan ini berfungsi untuk menampung lumpur yang diproduksi dari aerated facultative lagoon I dan II, bak sedimentasi serta bak pengendap awal. Dari bak-bak yang menghasilkan endapan lumpur tersebut, lumpur dipompakan melalui jaringan pipa lumpur dan diterima disaluran terbuka disebelah kiri dan kanan dari bak pengering lumpur, saluran terbuka ini dilengkapi dengan pintu-pintu pengatur aliran lumpur sehingga cara pengisian petak-petak dapat dilakukan bergiliran. Untuk masing-masing petak, ketebalan lumpurnya adalah 30 cm.

1.4.6 Bak Penampang Supernatan

Bak penampang supernatan berfungsi untuk menampung air pematasan dari lumpur yang dikeringkan dalam bak pengering lumpur. Air yang terkumpul di dalam bak akan dipompakan kembali ke Bak Aerasi I. Jaringan perpipaan untuk pipa lumpur dan air supernatan ditunjukkan pada **GAMBAR I.3.**

APPENDIX A

OPERATION AS AN AERATED LAGOON IN 2012

1. Cell Concentration

$$\begin{aligned} \text{Flow} &= 2,056 \text{ m}^3/\text{day} \\ \text{BOD} &= 385 \text{ mg/l} = \text{Li} \\ \text{Temperature} &= 26 \text{ deg. Celcius} \end{aligned}$$

$$\text{Faecal coliform} = 5 \times 10^7 \text{ per 100 MI} = \text{Ni}$$

$$\theta = 3.7 \text{ days}$$

$$\text{Fe} = \frac{\text{Li}}{1 + K\theta} = \frac{385}{[1 + (6.15 \times 3.7)]} = 16 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned} \text{Cell Concentration } X &= y (\text{Li} - \text{Fe}) / (1 + r \theta) \\ &= 0.65 (385 - 16) / [1 + (0.1 \times 3.7)] \\ &= 175 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Where

Fe	= Soluble effluent BOD
K	= rate constant
	= $5 (1.035)^{T-20}$
	= 6.15 d^{-1} for 26 deg. Celcius.
y	= yield coefficient
	= 0.65
r	= Autoxidation rate
	= 0.1 d^{-1} at 26 deg. Celcius.

2. Power for Complete Mixing

$$\begin{aligned} \text{Lagoon volume} &= Q \times \theta \\ &= 2,056 \times 3.7 \\ &= 7,607 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Power for Complete mixing} &= 5 + (0.004 X) \text{ W/m}^3 \\ &\quad (\text{ref. Horan " Biological Waste Water Treatment Systems", Wiley 1990}). \\ &= 5 + (0.004 \times 175) \\ &= 5.7 \text{ W/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Total Power} = 5.7 \times 7,607/1000 \text{ kw} = 43.4 \text{ kw.}$$

3. Power for Bio-Oxidation

$$\begin{aligned} \text{Bio-Oxidation power} &= \frac{[1.5 (L_i - F_e) Q - 1.42 Q X] \text{ kg O}_2/\text{Hr}}{1000 \times 24} \\ &= \frac{[1.5 (385 - 16) 2,056 - 1.42 \times 2,056 \times 175]}{24,000} \\ &= 26 \text{ kg O}_2/\text{Hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Output O}_2 \text{ from Aerator} &= N_o \alpha (1.024)^{T-20} \left[\frac{\beta C_{S26} - C_L}{C_{S20}} \right] \\ &= 2.4 (0.7) (1.024)^6 \times \frac{[0.9 \times 8.12 - 1]}{9.08} \quad \begin{array}{l} C_{S26} = 8.12 \\ C_{S20} = 9.08 \\ C_L = 1 \\ \alpha = 0.7 \\ \beta = 0.9 \end{array} \\ &= 1.345 \text{ kg O}_2/\text{kw Hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Oxidation Power} &= 26/1.345 \\ &= 19.33 \text{ kW} \end{aligned}$$

Power for mixing is greater than that for bio-oxidation thus mixing power of 43.4 kW must be installed.

4. Sludge Production

$$\begin{aligned} \text{Feed SS} &= 350 \text{ (original SS in sewage)} + \frac{X}{0.8} = 350 + \frac{175}{0.8} \\ &= 350 + 219 \\ &= 569 \text{ mg/l TSS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mass of solid into sedimentation pond} &= [569 - 30] \times 2,056 \text{ m}^3/\text{day} \times 365 \text{ days/year} \times 10^{-6} \text{ tonnes} \\ &= 404 \text{ tonnes/year} = 404 \times 0.7 \text{ VSS} \rightarrow 283 \text{ tonnes VSS} \\ &\quad 404 \times 0.3 \text{ Fixed solids} \rightarrow 121 \text{ tonnes FSS} \end{aligned}$$

Where : 30 mg/l = final effluent quality

APPENDIX B

OPERATION AS AN AERATED FACULTATIVE LAGOON IN 1996

FLOW = 964 m³/day
 BOD = 360 kg/day
 BOD concentration = 373 mg/l

$$K_e = 0.5$$

$$\frac{1}{p} = \frac{L_o}{L_i} = \frac{373}{50} = 7.46$$

$$p = 0.134$$

$$\begin{aligned}
 K_e T &= N [(n\sqrt{1/p}) - 1] \\
 0.5 \cdot T &= 2 [(\sqrt{1/0.134}) - 1] \\
 T &= 6.9
 \end{aligned}$$

Aeration of Ponds

Standard text recommends 13-26 hp/million gallons of basin volume.
 This is equivalent to 2.13 - 4.27 kW/1,000 m³ of basin volume.
 For an aeration volume of 7,649 m³ utilize 16.3 - 32.7 kW
 Initially adopt 21.7 kW - this figure being half the aerated lagoon requirement.
 i.e. install 50% of aeration units in 1996.

FC Reduction

$$\begin{aligned}
 FC &= \frac{Ni}{(1 + K_T \times Q_{A1}) (1 + K_T \times Q_{A2}) (1 + K_T \times Q_M)} \\
 &= \frac{5 \times 10^7}{(1 + 7.38 \times 3.99) (1 + 7.38 \times 3.95) (1 + 7.38 \times 8.66)} \\
 &= 839 \text{ MPN/100 ml}
 \end{aligned}$$

BAB II

PRE-TREATMENT TEMPURAN

Usulan untuk membuat PreTreatment pada Outfall di tempuran Bengawan Solo pertama dilontarkan oleh Komisi D, DPRD Tk.I Jawa Tengah pada pertemuan tanggal 2 Mei 2000.

Pertemuan berikutnya yang mendukung gagasan pre treatment ini antara lain :

- Pertemuan di Dinas Cipta Karya Tk.I tanggal 25 Mei 2000
- Hasil studi pendahuluan UKL/UPL yang dijelaskan oleh DR.Endrowuryatno, dari UNS
- Meeting di P3P Jateng, tanggal 2 Juni 2000

Atas dasar tersebut Konsultan PT Indra Karya membuat detail disain Pre Treatment ini dengan menghitung 2 alternatif system pengolahan yaitu (1) System Combined UASB & Intermittent Aeration System dan (2) System Bio-Activated Sludge System.

2.1. PRE-TREATMENT TEMPURAN

Pre-treatment Tempuran adalah modifikasi khusus sump pump outfall Interseptor dengan menambah suplai oksigen kedalam tangki untuk mereduksi BOD sampai sedikitnya 50%.

Pre treatment ini adalah merupakan bagian dari IPAL Tempuran Semanggi yang dituangkan kedalam Basic Disain IPAL Semanggi, dari UKL/UPL terdahulu.

Didalam basic disain IPAL Semanggi, disinggung bahwa IPAL lengkap baru akan dibangun pada tahun 2004/05, dengan mengambil asumsi setelah beban BOD Bengawan Solo melebihi ambangbatas badan air kelas B setelah dapat limpasan air limbah dari Interseptor Sanitasi Surakarta.

Konsep IPAL Semanggi menurut Studi UKL/UPL & Basic Disain adalah sebagai berikut :

Tahap I 2005

Debit Air Limbah : 70 ltr/det
Debit Puncak : 140 ltr/det.
Debit Pengglontor : 250 ltr/det.
Disain Flow Pipa Interseptor : 470 ltr/det

Tahap II 2012

Debit Air Limbah : 212 ltr/det
Debit Puncak : 420 ltr/det.
Debit Pengglontor : 50 ltr/det.

Disain Flow Pipa Interseptor : 470 ltr/det

Kapasitas disain :

Module tergantung dari banyaknya Sambungan Rumah yang dilayani. Untuk system mangkunenagan dan Kasunanan jumlah sambungan rumah yang dilayani adalah sisa / setelah dikurangi jumlah sambungan rumah yang dilayani oleh system utara (Mojosongo), dengan kapasitas maksimum 5000 SR. Jumlah ini bertambah, mengacu pada hasil komitmen dengan PDAM tanggal 28 Juni 2000 dan 1 Juli 2000 di PDAM Surakarta, dimana PDAM menghendaki agar sambungan rumah yang akan ditambah, dikonsentrasikan ke Sistem Mojosongo, yang saat ini baru melayani 3028 SR.

Target Sambungan Rumah dan debit IPAL menurut Rencana Jangka Panjang PDAM.

	2001	2005	2008	2012
Jumlah Sambungan Rumah	11.000	12.000	17.500	25.000
Sistim Kasunanan & Mangku.	6.000	8.000	12.500	20.000
Jumlah Jiwa Per KK	4.5	5	5	6
Prod. Air Limbah Per Jiwa	85 l/c/d	102	110	122.5
Total Prod. Air Limbah (l/det)	21	40	75	131

Beban debit pengglontor untuk disain IPAL **tidak diperhitungkan**, karena pada saat pengglontoran 'full-flushing capacity' wash-out di Siphon Kali Jenes dibuka, dan air pengglontoran masuk Bendung Demangan lewat Kali Jenes.

Konsentrasi pencemar diperhitungkan dalam mg BOD/l menurut PJM beban BOD : 40 g / orang / hari dan meningkat menjadi 55 g / orang / hari pada tahun 2012

Beban & Konsentrasi BOD pada titik akhir Interseptor

	2001	2005	2008	2012
Produksi Air Limbah (l/det)	21	40	75	131
Produksi BOD (kg/hari)	1200	1600	2750	4800
Debit rata-rata Interseptor (l/det)	30	48	90	157
Konsentrasi BOD (mgr/l)	36	38	35	36

BAB III UASB & INTERMITTENT AERATION SYSTEM

3.1. DISAIN KRITERIA

Debit air limbah tanpa penggelontor	: 40 l/det
Debit dengan penggelontor	: 240 l/det
Produksi BOD	: 1600 kg BOD/hari
Konsentrasi murni BOD	: 38 mg BOD/l

VOLUME TANGKI EKUALISASI & AERASI

Lamanya beban puncak	: 4 jam
Debit puncak	: 66 ltr/det (factor n = 1.65)
Volume tangki Aerasi	= 950 m ³ = 900 m ³
Kedalaman air pada tangki	: 3.50 m.

SISTEM AERASI

Low-pressure Medium bubble aeration.
Media : Stainless steel pipe

TANGKI SEDIMENTASI

Volume tangki	: 44 m ³
Kedalaman tangki	: 2.75 m
Bentuk Bulat	D = 5.00 m
Motor scraper	: Low RPM
Sludge loading	
Sludge production	: 4 kg / day

SISTIM POMPA

Elevasi dasar pipa interceptor, bar screen	: + 92.40
Elevasi muka air pada akhir Grit Chamber	: + 91.75
Elevasi dasar Sump Pump	: + 88.50
Static Head Pompa	: 5.50 m
Elevasi muka air setelah pompa	: + 97.50

Debit rata-rata air limbah	: 40 ltr/det
Debit rata-rata + rembesan	: 48 ltr/det
Debit puncak	: 66 ltr/det
Debit disain pompa	: 80 ltr/det
Unit pompa	: 5 x 40 ltr/det

PIPA OUTFALL

Kapasitas Disain	: 200 ltr/det
Kemiringan maksimum	: 0.001
Diameter pipa	: 600 mm
Jenis pipa	: Pipa RFC Drainase

3.2. DESIGN NOTE

3.2.1. SISTIM PENGOLAHAN DAN GRADIENT HIDROLIS

Sistim Mengacu pada hasil Basic Design IPAL Semanggi, konsep pengolahan IPAL Semanggi adalah UASB & Intermittent Aeration System, maka yang disebut PRE TREATMENT ini adalah Tangki Ekualisasi dan Aerasi yang berfungsi penuh (sebelum UASB belum dibangun) , dan tetap akan berfungsi sebagai tangki Aerasi pada saat IPAL Semanggi dibangun.

Pre Treatment ini terdiri dari bangunan :

1. Bar Screen
2. Grit Chamber / Primary Settling
3. Tangki Ekualisasi dan Aerasi
4. Final Clarifier dengan Scraper putaran rendah
5. Pompa
6. Pipa Outfall.

Lokasi masing2 unit pengolahan tersebut dapat dilihat pada gambar 1, sedangkan skema gradien hidrolis pada gambar 2.

3.2.2. TANGKI EKUALISASI & AERASI

Tangki ekualisasi berguna untuk menampung debit puncak pada jam puncak. Jam puncak untuk pembuangan rumah tangga terjadi pasda jam 05.00 s/d 09.00 (4 jam)

Mengacu pada hasil Basic Design IPAL Semanggi, konsep pengolahan IPAL Semanggi adalah UASB & Intermittent Aeration System, maka yang disebut Tangki Ekualisasi dan Aerasi ini pada saat IPAL Semanggi dibangun, akan tetap berfungsi sebagai Tangki Ekualisasi, sebelum masuk UASB.

UNIT EKUALISASI & SUMP PUMP

Debit puncak	: 4 jam
Besarnya debit puncak	: 66 ltr/det
Volume dalam 4 jam	: 1000 m ³
Volume tangki ekualisasi	: 30 % dari Volume beban Puncak = 300 m ³
Lebar Kompartemen	: 9.00 m
Kedalaman tangki	: 4.00 m
Panjang tangki	: 9.50 m.
Elevasi muka air pada akhir Grit Chamber	: + 91.75
Elevasi dasar Sump Pump	: + 88.50
Elevasi muka air setelah pompa	: + 97.50

UNIT TANGKI AERASI

Volume tangki Aerasi : 60 % dari Volume beban Puncak
= 600 m³

Lebar Kompartemen : 10.00 m
Kedalaman tangki : 4.00 m
Panjang tangki : 12.50 m.

Elevasi dasar tangki : + 93.00
Elevasi muka air pada tangki : + 97.50
Elevasi pada outlet : + 97.50
Pipa outlet ke ST :
Diameter pipa ke ST : 600 mm.
Material Pipa : Steel pipe

AERATION UNIT

Sistim aerasi : Medium-Fine Bubble Aeration – High Pressure

Volume tangki : 450 m³

$G = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{sec}$

Immersion depth / kedalaman diffuser = 3.50 m.

Kapasitas oksigenasi (oxygenation capacity) = 0.025 gO₂/m³.sec

Tipe diffuser :

Kehilangan tinggi tekan pada pipa dan diffuser : 0.50 m.w.c.

Efisiensi motor blower : 0.80

Oxygen utilization (banyaknya oksigen yang terserap per m³ udara)

$OU = oc/G$

$$= 0.025/10^{-3}$$

$$= 25 \text{ g O}_2 / \text{m}^3 \text{ udara}$$

OU per meter kedalaman = $25/3.50 = 7.14 \text{ g O}_2 / \text{m}^3.\text{m}'$

Persentasi penyerapan oksigen :

$$OA = 0.3334 \quad OU = 0.334 \times 25 = 8.35 \%$$

Jumlah udara yang harus disuplai :

$$Qg = V \times G$$

$$= 450 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$$

GROSS POWER BLOWER

$$Pg = Qg \times h_{\text{tot}} \times \rho \times hg/\eta$$

$$\frac{450 \times 1000 \times 9.81 \times (3.50 + 0.50)}{0.80}$$

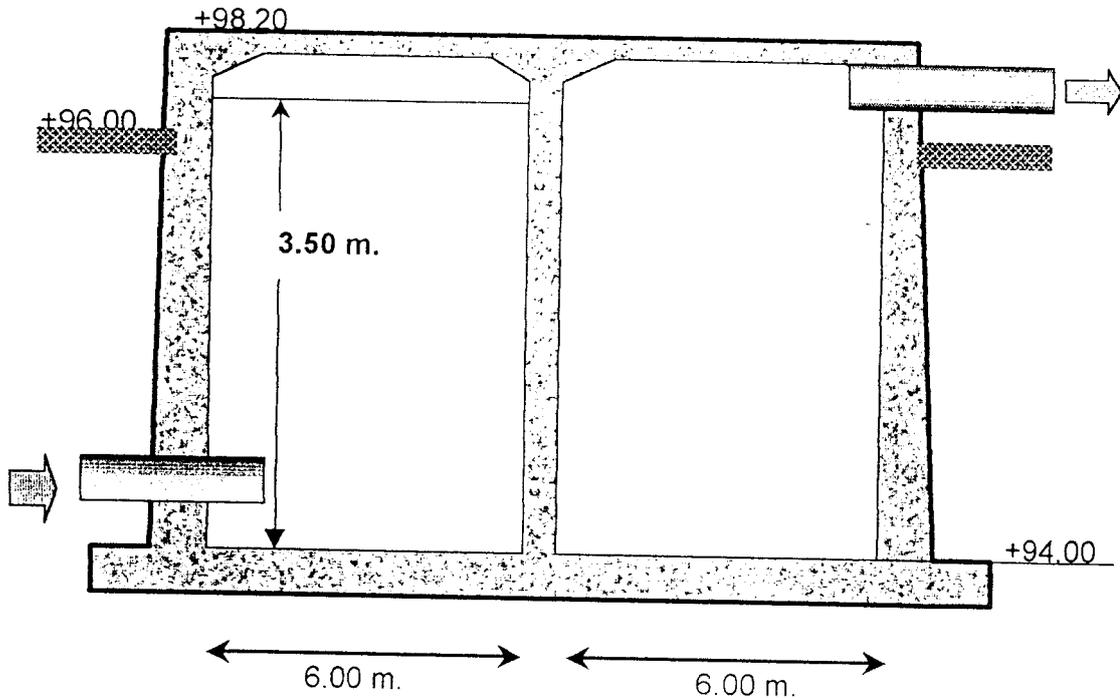
$$= 22 \text{ 000 watt}$$

$$Pg = 22 \text{ kWh}$$

Efisiensi penyerapan oksigen $OE = \frac{oc \times V}{Nc}$

$= 0.025 \times 450/22000 = 0.50 \text{ mg O}_2 / \text{J}$
 $= 5 \times 10^{-4} \times 3600 = 1.8 \text{ kg O}_2/\text{kWh}$

GAMBAR SKET POTONGAN TANGKI EKUALISASI & AERASI



PRODUKSI LUMPUR

Parameter Disain :

1. KONDISI SAAT INI (SEBAGAI PRE TREATMENT)

Sludge Load $\hat{=} 0.10 \text{ kg BOD /kg.MLSS.day}$

Beban BOD (2005) = 1600 kg/hari

BOD Volumetric Load VL = Beban BOD / volume AT
 $= 1600 / 950$
 $= 1.68 \text{ kgBOD/m}^3.\text{hari}$

Debit rata-rata = 40 ltr/det = 3456 m³/hari

Retensi waktu pada AT : $t = V/Q$
 $= 450 / 3456 = 0.13 \text{ hari} = 3.125 \text{ jam}$

MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) – konsentrasi Lumpur aktif, diasumsikan sebesar = 2 kg/m³

Sludge Load = VL/MLSS = 1.68 / 2 = 0.84 kg.BOD/kg.MLSS.hari

Klasifikasi : Medium-high loaded Activated Sludge dengan Intermittent Aeration

DARI GRAFIK 1 : Ditemukan Effluen BOD = 30 mg/ltr

DARI GRAFIK 2 : Ditemukan, SLUDGE Production = 1 (kg dry solid = kg BOD removed)
= 32 gr lumpur kering/orang per hari

Produksi Lumpur = 8000 SR = 40.000 orang
= 40.000 x 32 gr = 1280 kg/hari

Sludge Residence Time (SRT = umur sludge) = Sludge Growth/SL
= 1 / 0.84 = 1.2 hari

2. KONDISI SETELAH DITAMBAH UASB

Sludge Load = 0.10 kg BOD /kg.MLSS.day
Volume Tangki Aerasi tetap 900 m³.

Beban BOD (2008) = 2800 kg/hari

Setelah keluar dari UASB, efisiensi 70 %, Beban BOD Tinggal : 840 kgBOD/hari

BOD Volumetric Load VL = Beban BOD / volume AT
= 840 / 900
= 0.9 kgBOD/m³.hari

Debit rata-rata = 40 ltr/det = 3456 m³/hari

Retensi waktu pada AT : $t = V/Q$
= 450 / 3456 = 0.13 hari = 3.125 jam

MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) – konsentrasi Lumpur aktif, diasumsikan sebesar = 2 kg/m³

Sludge Load = VL/MLSS = .90 / 2 = 0.45 kg.BOD/kg.MLSS.hari

Klasifikasi : Low loaded Activated Sludge dengan Intermittent Aeration

DARI GRAFIK 3 : Ditemukan Effluen BOD = 15 mg/ltr (memenuhi kelas A)

DARI GRAFIK 4 : Ditemukan, SLUDGE Production = 0.8 (kg dry solid = kg BOD removed)
= 25.6 gr lumpur kering/orang per hari

Produksi Lumpur = 12500 SR = 62.500 orang
= 62.500 x 25.6 gr = 1600 kg/hari

Sludge Residence Time (SRT = umur sludge) = Sludge Growth/SL
= 1 / 0.4 = 2.2 hari
(DAPAT DIRESIRKULASI!)

PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN SEWERAGE SURAKARTA

1. **Komponen Sistem Sanitasi Surakarta.**

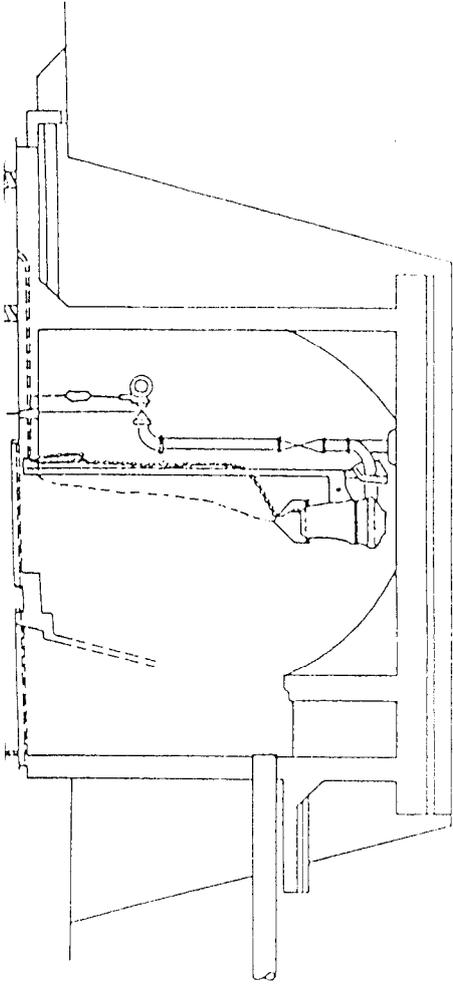
Berdasarkan SK Walikota Surakarta No. 002 tertanggal 26 Juni 1998, maka untuk pengelolaan manajemen pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sistem jaringan pengelolaan air limbah (sewerage) diserahkan sepenuhnya kepada PDAM Surakarta.

Pembangunan sistem jaringan sewerage saat ini merupakan penambahan dan melengkapi sistem sewerage yang sudah ada yang telah dibangun pada masa pemerintahan Belanda. Pekerjaan tersebut meliputi sistem jaringan Mangkunegaran, Jebres dan Kasunanan. Sedangkan prasarana sewerage yang selesai dibangun pada akhir tahun 2000 dalam proyek SSUDP – Surakarta Sewerage dan siap dioperasikan adalah sebagai berikut:

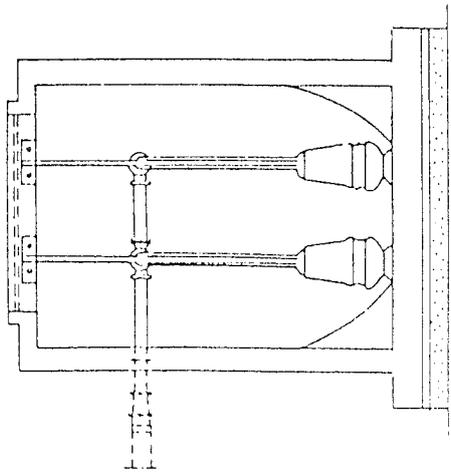
- Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Mojosongo
- Jaringan Utara atau Jaringan Mojosongo, dengan pipa pelayanan sepanjang 20,5 km dan 2.800 sambungan rumah.
- Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Putri Cempo
- Interceptor Kali Tanggul, terdiri dari pipa beton diameter 800 mm dan diameter 1000 mm sepanjang \pm 6 km.
- Interceptor Kali Jenes, terdiri dari pipa beton diameter 1000 mm sampai diameter 1300 mm sepanjang \pm 6.90 km.
- Sistem Jaringan Mangkunegaran, Kasunanan dan Jebres, dengan 7280 Sambungan rumah dan 11.90 km pipa pelayanan sekunder utama dan 36.90 km pipa sekunder.
- IPAL Semanggi, direncanakan akan dibangun setelah SSUDP dengan kapasitas 300 ltr/detik yang akan dibangun dalam 2 tahap, yang diperkirakan tahap I akan dibangun pada tahun 2003/2004 dan beroperasi pada tahun 2004/05
- Jaringan air pengglontor K.Larangan yang berasal dari bendung Kleco dan Jaringan pengglontor Sumber yang berasal dari Bendung Sumber dan Kali Sumber.

2. **Organisasi Pelaksana dan Kebutuhan Personil**

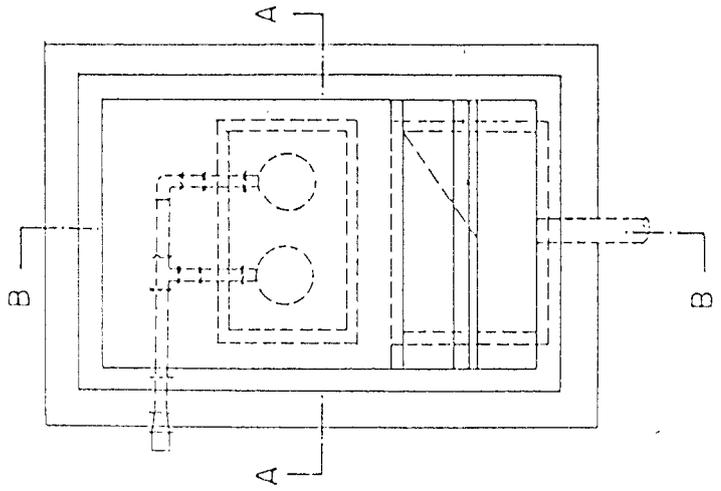
Pelaksanaan manajemen operasi dan pemeliharaan sistem sewerage ini dilakukan sepenuhnya oleh PDAM Kodya Surakarta, sedangkan struktur organisasi disusun mengacu pada SK Walikota No. 002 tentang Susunan Organisasi Tata Kerja PDAM Kodya Surakarta tanggal 26 Juni 1998. Bagan struktur organisasi tersebut disajikan pada Lampiran 1, sedangkan kebutuhan personil untuk masing-masing unit dan sub unit dapat dilihat pada Lampiran 2.



POT. B - B



POT. A - A



DENAH

Gambar I.8 Rumah Pompa Sibela

Dari hasil perhitungan tarif retribusi per sambungan rumah di atas dapat dibuat suatu rekapitulasi alternatif-alternatif tarif yang ditawarkan seperti pada tabel. 57 di bawah ini.

Tabel. 57 Rekapitulasi Tarif Retribusi Per Sambungan Rumahdari Semua Alternatif yang Ditawarkan

ALTERNATIF I	ALTERNATIF II	ALTERNATIF III	ALTERNATIF IV
Harga Tetap	Harga Berlaku	Harga tetap	Harga Berlaku
I. Mojosongo: Rp.15.051,- BEP tahun ke- 29	Kenaikan Tarif 10% per tahun I. Mojosongo tarif awal: Rp.7.500,- BEP tahun ke- 19: Tarif akhir Rp.45.869,-		Kenaikan Tarif 10% per tahun Tarif awal kedua IPAL Rp.5.500,- BEP tahun ke-19: Tarif akhir Rp.33.637,-
	Kenaikan Tarif 15% per tahun I. Mojosongo: Rp.7.500,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.61.028,-	Tarif kedua IPAL Rp.12.000,- BEP tahun ke-25	
I. Semanggi: Rp.9.465,- BEP tahun ke- 28	Kenaikan tarif 10% per tahun I. Semanggi: Rp. 4.500,- BEP tahun ke- 20: Tarif akhir Rp. 30.274,-		Kenaikan tarif 15% per tahun Tarif awal Kedua IPAL RP.5.500,- BEP tahun ke-14: Tarif akhir Rp.38.916,-
	Kenaikan tarif 15% per tahun I. Semanggi: Rp.4.500,- BEP tahun ke-15: Tarif akhir Rp.36.617,-		

Sumber: Data Diolah 2000