

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 ditenankan 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

unitnya. Disamping itu perlu diperhatikan bahwa tenaga operator yang mempunyai keahlian dibidangnya sangat berpengaruh akan kelancaran dan keamanan dari suatu proses operasi.

3.3 Pemeliharaan

Kinerja serta umur produktivitas sebuah bangunan IPAL dan alat-alat konstruksi amat tergantung dari cara pemeliharaannya. Apalagi suatu bangunan beserta alat-alatnya mempunyai teknologi, kapasitas, dan kompleksibilitas tinggi maka perawatannya harus sangat diperhatikan, sehingga fungsi kerja dari bangunan dan peralatannya dapat selalu berjalan, karena kinerjanya (operasi) sangat berpengaruh pada kelancaran dan kelangsungan dari suatu proses kegiatan.

Pemeliharaan dapat terlaksana dengan baik jika ada suatu sistem atau organisasi yang bertanggung jawab terhadap operasional, pengendalian dan penyusunan kebijakan, serta pemeliharaan yang lengkap dan berjangka waktu (periodik). Dalam penyusunan program pemeliharaan sebaiknya dihubungi pihak konsultan sebagai perencana dan pihak penjual alat agar dapat memberikan *input-input* yang penting pada proses pemeliharaan.

Bentuk kegiatan pemeliharaan pada waktu lampau hanya dilakukan jika terjadi kerusakan baru dilaksanakan perbaikan. Pada saat ini seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi hal tersebut sudah tidak efektif dan efisien lagi, karena untuk menjaga produktivitas dan kinerja suatu

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.

Kebutuhan air perkapita juga meningkat karena perubahan pola hidup masyarakat maupun perubah fisik dan jumlah penduduk kota. Menurut IAHS/AISH-UNESCO (1977) untuk kota-kota moderen bahkan telah mencapai 2000 liter/orang/hari dengan kebutuhan untuk rumah tangga (domestik) saja diperlukan 600 liter/orang/hari. Peningkatan jumlah kebutuhan air untuk kota Surakarta berarti peningkatan jumlah limbah cair rumah tangga yang dihasilkan dapat diperhitungkan dengan peningkatan jumlah penduduk terhadap tingkat pertambahan penduduk pertahun.

Jumlah penduduk pada n tahun dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) berikut ini.

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad \dots \dots \dots (3.2)$$

- dengan: P_n = jumlah penduduk setelah n tahun,
 P_0 = jumlah penduduk pada saat acuan (nol tahun),
 r = tingkat pertambahan penduduk, dan
 n = jumlah tahun.

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

- a. Dengan langsung menggunakan data sensus penduduk tahun 1994-1997, yaitu sebesar 0,492%.
- b. Dengan merata-ratakan tingkat pertambahan penduduk di kota Surakarta mulai tahun 1990-2000, dengan menggunakan persamaan (3.3) berikut ini.

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

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:

$$r = \frac{P_n - P_o}{P_o} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

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.

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

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). Penggunaannya ditekankan kepada manfaat (*benefit*) bagi kepentingan umum dan bukan keuntungan *finansial* perusahaan. BCR diperoleh dengan menggunakan persamaan (3.6) berikut ini.

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

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 (C_f), sehingga persamaan (3.7) menjadi:

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

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:

$$BCR = \frac{R - (C)_{op}}{C_f} \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan: R = nilai sekarang pendapatan,

(C)_{op} = biaya diluar biaya pertama, dan

C_f = 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.

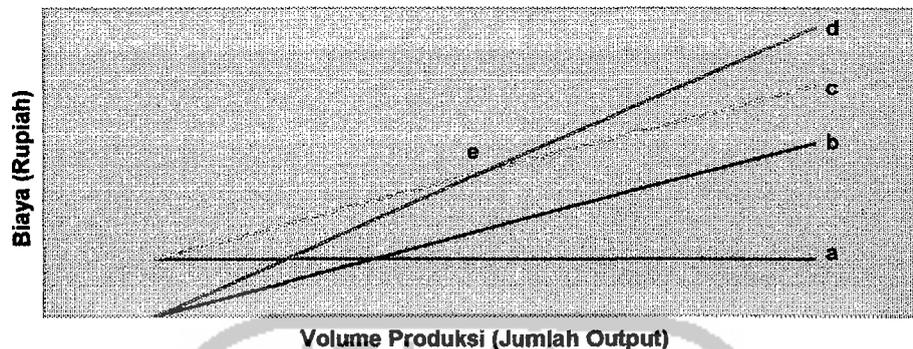
Adapun kriteria BCR akan memberikan petunjuk sebagai berikut:

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:

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

$$\text{jadi: } Q_i \times P = FC + (Q_i \times VC) \dots \dots \dots (3.10)$$

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

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

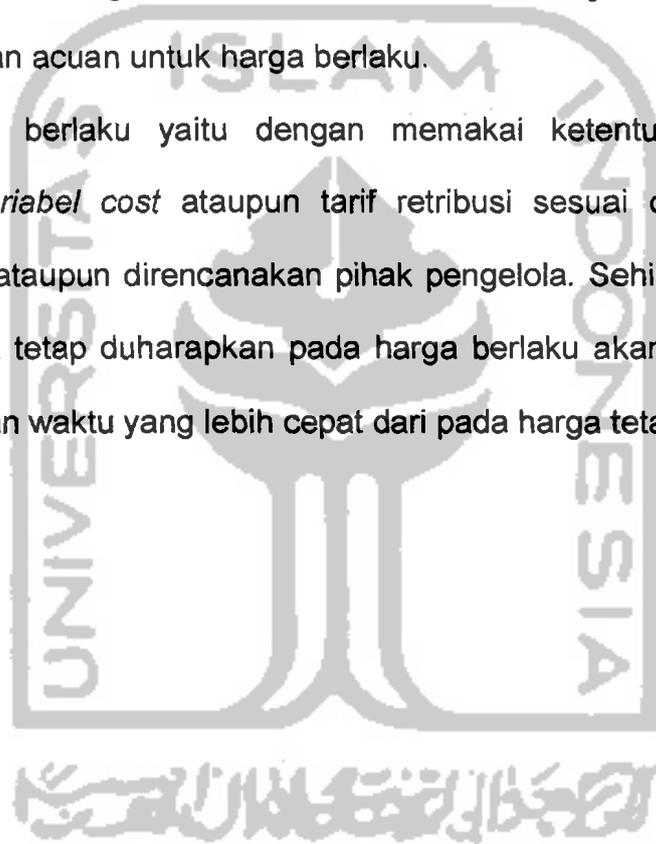
FC = biaya tetap,

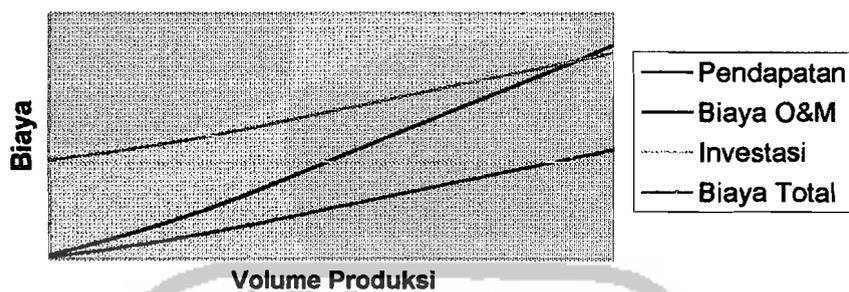
P = harga penjualan per unit, dan

VC = biaya tidak tetap per unit.

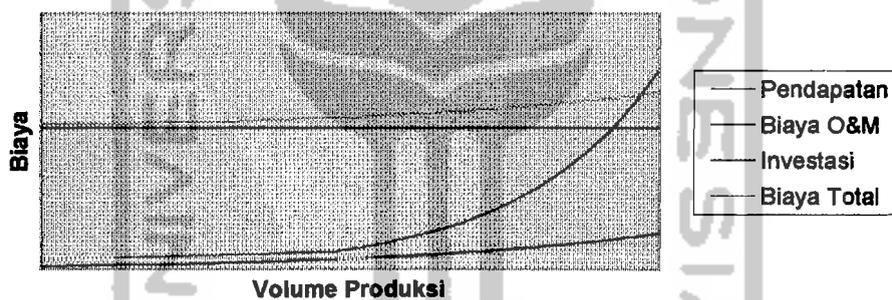
Tugas akhir disini dalam menentukan titik impas dipakai dua macam teori yaitu teori harga tetap dan teori harga berlaku.

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.





Gambar. 3.2: Hubungan Pendapatan, Total Biaya dan Titik Impas dengan Harga Tetap



Gambar. 3.3 Hubungan Pendapatan, Total Biaya dan Titik Impas dengan Harga Berlaku

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:

- Minimum yang diperbolehkan (1), (3), dan (5).
- Maksimum yang diperbolehkan (2), (4), dan (6).

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