

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang :

Air merupakan unsur utama bagi kelangsungan hidup seluruh makhluk di bumi. Dengan semakin berkembangnya suatu daerah maka kebutuhan air akan meningkat sebanding dengan perkembangan jumlah penduduk dan keadaan sosial ekonomi, dengan kata lain berkembangnya suatu daerah membutuhkan air yang memenuhi kualitas layak pakai dan kuantitasnya harus mencukupi kebutuhan sehari-hari serta tersedia setiap waktu.

Saat ini, masalah penyediaan air bersih menjadi perhatian khusus baik bagi negara-negara maju maupun negara berkembang. Indonesia sebagaimana negara berkembang lain tidak luput dari permasalahan penyediaan air bersih bagi masyarakatnya. Salah satu penyediaan air bersih adalah dengan jaringan air bersih. Suatu sistem penyediaan air bersih yang modern meliputi : sumber-sumber penyediaan, sarana-sarana penampungan, sarana-sarana penyaluran, sarana-sarana pengolahan, serta sarana-sarana distribusi. Dengan adanya sarana-sarana tersebut diharapkan kebutuhan air sehat akan terpenuhi. Namun dalam kenyataannya, tidak jarang air yang diterima oleh masyarakat kurang sesuai dengan kualitas dan

kuantitas air seperti standar mutu yang telah ditetapkan. Masalah yang timbul antara lain aliran air kadang macet, terjadinya kehilangan air, air yang ada kurang sehat (berbau, berwarna, berasa).

Untuk menjaga agar kualitas dan kuantitas air yang didistribusikan sesuai dengan persyaratan, maka Dirjen Cipta Karya menetapkan bahwa kehilangan air yang diperbolehkan adalah maksimal sebesar 20% dari total distribusi.

Kenyataan yang ada menunjukkan bahwa kehilangan air yang terjadi pada PDAM adalah rata-rata sebesar 30% yang diakibatkan oleh banyak hal. Diantaranya adalah karena kebocoran pipa, pencurian air, untuk hidran pemadam kebakaran, kesalahan administrasi, dan lain-lain. Kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pada pipa menempati urutan teratas, yakni sebesar 60% dari total kehilangan air yang terjadi. Penyebab utama dari kebocoran tersebut adalah karena pipa yang merupakan peninggalan Belanda telah melewati umur operasional. Kehilangan air yang terjadi pada PDAM Tirta Marta sangat jauh dari persyaratan yang ditetapkan oleh Dirjen Cipta Karya sehingga banyak kerugian yang dialami oleh PDAM, yang diantaranya adalah distribusi air yang berkurang sehingga pendapatan yang diterima otomatis akan berkurang pula.

Salah satu usaha yang dilakukan untuk menekan kehilangan air yang terjadi adalah dengan melakukan pergantian pipa yang telah rusak. Tentu saja hal ini akan mempengaruhi biaya operasional dan pemeliharaan yang harus dikeluarkan oleh PDAM Tirta Marta sebagai perusahaan pengadaan air bersih. Namun dengan adanya pergantian pipa, diharapkan kehilangan air tersebut dapat

2.3.1 Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air ini menjadi kotor selama pengalirannya yang disebabkan oleh lumpur, barang, daun, kotoran industri kota, dan sebagainya. Sebab pengotoran ini, untuk masing-masing permukaan berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. Jenis-jenis kotoran yang ada merupakan kotoran fisik, kimia dan bakteriologi. Setelah mengalami suatu pengotoran, pada suatu saat air ini akan mengalami proses pembersihan sendiri.

Air tanah yang biasanya digunakan sebagai sumber atau bahan baku air adalah bendungan, sungai, danau dan mata air

1. Air Sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum, haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi sekali. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum, pada umumnya dapat mencukupi. Tetapi pada saat sekarang ini tinggal sedikit yang bisa dimanfaatkan.

2. Air danau

Kebanyakan air danau ini berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organis yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat. Dengan terjadinya pembusukan dimana kadar zat organis tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan O₂ yang sangat sedikit, maka unsur-unsur Fe dan Mn ini akan larut

sehingga pada akhirnya permukaan air akan tumbuh lumut karena adanya sinar matahari dan O₂.

Jadi untuk pengambilan air, sebaiknya pada kedalaman tertentu agar endapan-endapan Fe dan Mn tak terbawa.

2.3.2 Air Tanah

1. Air tanah Dangkal

Air tanah dangkal adalah air tanah bebas yang terdapat dalam tanah dengan kedalaman muka air tidak terlalu dalam. Terjadi karena adanya proses penyerapan air dari permukaan tanah. Lapisan tanah yang ada berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, proses pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada lapisan air yang dekat dengan muka tanah. Setelah aliran air mencapai lapisan rapat air, air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal (sumur gali).

2. Air tanah Dalam

Air tanah dalam adalah air yang berada di bawah lapisan tanah yang kedap air. Untuk membuat sumur air tanah dalam harus mendapatkan ijin dari departemen pertambangan dan energi selaku pembuat kebijakan.

Pengambilan air tanah dalam tidak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa ke dalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100-300m) akan didapatkan suatu lapisan air. Jika tekanan air besar, maka air dengan sendirinya akan menyembur keluar.

Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya, maka dibantu dengan pompa untuk mengeluarkannya.

Pada umumnya kualitas air tanah dalam lebih baik dari air tanah dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri.

2.4 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih adalah suatu sistem suplai air bersih yang meliputi sistem pengambilan air baku, proses pengolahan, transmisi, sistem distribusi atau perpipaan yang dioperasikan sedemikian rupa sehingga terdapat tekanan yang cukup setiap saat pada seluruh bagian sistem perpipaan dan dapat digunakan setiap saat.

Untuk menentukan sistem penyediaan air bersih pada masyarakat, maka perlu dilakukan klasifikasi sistem penyediaan air bersih yang meliputi sistem individual dan sistem komunal.

1. Sistem Individual

Sistem individual dititikberatkan pada usaha pemenuhan kebutuhan air bersih secara perorangan. Pada umumnya masyarakat melakukan penggalian sumur sendiri guna memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sistem ini kebanyakan memanfaatkan air tanah dangkal yang banyak mengandung zat-zat kimia (garam-garam yang terlarut) sebagai air baku sehingga kurang layak apabila dikonsumsi untuk air minum.

2. Sistem Komunal

Sistem komunal pemenuhannya dilakukan secara terorganisasi melalui sistem pipanisasi dengan memanfaatkan jasa dari perusahaan air minum. Untuk masalah kualitas air baku, sistem ini lebih baik dibandingkan dengan sistem individual karena pemenuhan air baku yang ada banyak memanfaatkan air tanah dalam sebagai sumber air baku.

Untuk daerah Yogyakarta khususnya daerah kodya pendistribusian dilakukan dengan metode gravitasi yaitu dengan sumber yang berada di tempat yang tinggi ke konsumen yang berada lebih rendah (tanpa pompa). Suatu sistem penyediaan seperti pohon dengan banyak titik ujung yang mati tidaklah memuaskan, karena air dapat berhenti di ujung-ujung sistem tersebut. Lebih dari itu, bila diperlukan perbaikan, suatu daerah yang luas harus ditutup penyaluran airnya. Akhirnya, kebutuhan local yang besar saat terjadi kebakaran, kehilangan tekanan yang sangat tinggi, kecuali bila pipa cukup besar.

2.5 Sistem Pengolahan Air Bersih

Sistem ini dimaksudkan untuk memperoleh kualitas sumber air baku yang memenuhi standar-standar yang telah ditetapkan karena air baku dari sumber tidak dapat langsung diminum melainkan harus diolah terlebih dahulu agar terbebas dari zat-zat ataupun bakteri-bakteri yang dapat membahayakan.

Untuk mengolah air baku menjadi air bersih, ada tiga macam pengolahan air yang kita kenal, diantaranya adalah :

a. Fisik : Ditujukan untuk mengurangi kotoran-kotoran yang

kasar, penyisihan Lumpur dan pasir serta mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air.

b. Kimia : Pengolahan menggunakan zat-zat kimia untuk membantu proses pengolahan misalnya pembubuhan tawas.

c. Bakteriologis : Pengolahan untuk membunuh bakteri-bakteri yang terkandung dalam air dengan membubuhkan kaporit (zat desinfektan).

2.6 Unit Pengolahan

2.6.1 Air Baku

Membutuhkan bangunan penangkap air. Bentuk dan konstruksi bangunan ini bergantung pada jenis dan macam sumber air yang tertangkap.

2.6.2 Pengendapan Pertama

Bak pengendapan pertama berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel padat dari air melalui pengaruh gravitasi. Pada proses ini tidak ada pembubuhan zat kimia. Yang perlu diperhatikan :

- a. Aliran air harus dijaga agar aliran tenang. Dengan demikian pengendapan gravitasi bisa berjalan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur pintu masuk dan keluar pada unit ini.
- b. Pembersihan terhadap kotoran yang mengendap agar terhindar dari pembusukan guna menjaga efektifitas ruang pengendapan.

2.6.3 Pemberian Zat Kimia/Koagulant

Koagulant adalah bahan kimia yang dipakai untuk membantu proses pengendapan partikel kecil yang tidak mengendap secara gravitasi. Sesuai dengan nama dari unit ini, maka unit ini berfungsi untuk membubuhkan koagulant secara teratur sesuai kebutuhan. Alat pembubuh koagulant yang banyak kita kenal saat ini, dapat dibedakan kepada cara pembubuhannya yaitu secara gravitasi dimana zat kimia mengalir dengan sendirinya serta memakai pompa. Yang harus diperhatikan adalah aliran koagulant harus kontinyu dan pipa yang tersumbat harus dibersihkan. Jenis koagulant yang sering digunakan adalah aluminium sulfat (tawas) dan amoniak alum (dipakai untuk kolam renang, pabrik es batu).

2.6.4 Pencampuran

Unit ini untuk meratakan koagulant supaya dapat bercampur dengan air secara sempurna. Cara pengadukan biasa dengan mekanis atau dengan bantuan udara (kompresor).

2.6.5 Pengendapan kedua

Unit berfungsi untuk mengendapkan *floc* yang terbentuk. Pengendapan ini dipengaruhi oleh gaya berat. Penanganan pada proses pengendapan kedua ini sama dengan pada pengendapan pertama. Ada beberapa instalasi yang menggabungkan unit pencampuran dengan pengendapan kedua menjadi satu unit.

2.6.6 Penyaringan/*filter*

Di dalam proses penjernihan air minum dikenal dua macam *filter* :

- a. saringan pasir cepat

- b. saringan pasir lambat

2.6.7 Pembubuhan zat pembunuh kuman/*disinfektan*

Desinfeksi harus dibedakan dari istilah sterilisasi. Desinfeksi adalah membunuh bakteri patogen yang ada dalam air sedangkan sterilisasi adalah membunuh kuman-kuman yang terdapat dalam air.

Desinfeksi air dapat dilakukan dengan berbagai cara :

- a. Pemanasan
- b. Penyinaran
- c. Ion-ion logam (copper dan silver)
- d. Asam dan basa
- e. Senyawa-senyawa kimia
- f. *Chlorinasi*

Diantara cara-cara tersebut hanya *chlorinasi* yang dapat dijalankan terhadap air minum secara ekonomis. Untuk Indonesia senyawa chlor yang banyak digunakan adalah gas chlor dan kaporite.

2.7 Kriteria Perancangan

Dalam penentuan kapasitas sistem penyediaan air bersih diperlukan suatu dasar/standar perencanaan yang dijadikan sebagai acuan dalam perancangan

Dalam kriteria tersebut tercakup:

1. Kebutuhan air domestik dan non domestik
2. Tingkat pelayanan

3. Waktu operasi sistem

4. Kehilangan air

2.7.1 Kebutuhan Air Bersih

Yang dimaksud kebutuhan air bersih adalah banyaknya air bersih yang harus tersedia untuk keperluan penduduk beserta sarana dan prasarananya, termasuk juga menentukan besarnya fluktuasi kebutuhan air bersih pada masa yang akan datang. Kebutuhan air bersih dibedakan atas kebutuhan domestik dan non domestik.

1. Kebutuhan Air Domestik

Yang dimaksud kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air untuk keperluan rumah tangga, meliputi kebutuhan dasar seperti air minum, memasak, mandi, mencuci, dan wudlu. Pelayanan perorang dipakai besaran yang dipakai di Indonesia, biasanya berkisar 160 – 250 liter/orang/hari dengan perkiraan :

- a. Kebutuhan untuk minum : 2 liter
- b. Masak, mencuci peralatan : 30 – 50 liter
- c. Mandi, mencuci pakaian : 60 – 110 liter
- d. Pembilasan : 40 – 60 liter
- e. Lain-lain : ± 30 liter

Pemenuhan kebutuhan air domestik melalui :

a. Sambungan langsung

Sambungan langsung adalah jenis sambungan pelanggan yang mensuplai air langsung ke rumah-rumah, biasanya berupa sambungan

pipa-pipa distribusi air melalui meter air dan instalasi pipanya di dalam rumah.

b. Sambungan umum

Sambungan umum adalah jenis pelayanan pelanggan sistem air minum perpipaan dengan sambungan berkelompok pelanggan dan tingkat pelayanan hanya untuk memenuhi kebutuhan air minum, dengan cara pengambilan oleh masing-masing pelanggan ke pusat penampungan..

2. Kebutuhan Non Domestik

- 1) Kebutuhan air untuk keperluan niaga/komersil
 - a) Hotel/penginapan : 250 - 300 liter/bed/hari
 - b) Restoran : 200 liter/unit/hari
 - c) Gedung pertunjukan : 30 liter/kursi/pertunjukan
 - d) Bioskop : 10 liter/kursi/pertunjukan
 - d) Toko/kios : 200 liter/unit/hari
- 2) Kebutuhan air untuk fasilitas kantor pemerintah
 - a) Kebutuhan air untuk kantor pemerintah : 20 liter/orang/hari
 - b) Kebutuhan air untuk asrama militer : 60-100 liter/orang/hari
- 3) Kebutuhan air untuk fasilitas sosial dan umum
 - a) Kebutuhan air untuk peribadatan : 10 liter/orang/hari
 - b) Kebutuhan air untuk pendidikan : 40-80 liter/orang/hari
 - c) Kebutuhan air untuk perpustakaan : 200 liter/unit/hari

2.7.2 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan yang diberikan meningkat sesuai dengan periode perencanaan, hal ini sesuai dengan penambahan penduduk dan pertumbuhan kota. Tingkat pelayanan dapat berkisar antara 50 – 100 % dari jumlah penduduk administrasi dan disesuaikan dengan target yang telah ditentukan pemerintah dalam kebijaksanaan pengadaan air bersih. Sedangkan tingkat pelayanan antara pelayan sambungan langsung dan kran umum diharapkan meningkat sesuai dengan kemampuan konsumen.

2.7.3 Waktu Operasi Sistem

Waktu operasi sistem adalah kontinyu yang berlangsung selama 24 jam, dengan keuntungan :

1. Konsumen terus menerus mendapatkan air
2. Konsumen akan selalu mendapatkan air yang masih baru

2.7.4 Kehilangan Air

1. Kehilangan Air Secara Fisik

Kehilangan air secara fisik adalah kebocoran-kebocoran yang terjadi pada komponen sistem yaitu :

a. Kerusakan pada pipa

Yang dimaksud dengan kerusakan pada pipa adalah terjadinya retakan atau celah pada pipa sehingga menyebabkan air dapat keluar masuk melalui celah tersebut.

b. Perusakan pipa secara mekanis atau pengaruh luar

Yang dimaksud dengan perusakan pipa dengan cara ini adalah terjadinya retakan pada pipa akibat sebab-sebab atau bekerjanya gaya mekanis atau sejenis yang terlalu besar pada pipa, gaya ini bisa disebabkan oleh :

- 1) Daya dukung tanah yang tidak merata, gempa, dan sebagainya.
 - 2) Tebal timbunan tanah, mempengaruhi proses perusakan jenis ini, terutama untuk penanaman pipa yang berada di bawah jalur lalu-lintas ramai.
 - 3) *Water hammer* yang disebabkan tekanan balik yang tiba-tiba.
- c. Kurang baiknya sambungan pipa atau perlengkapannya
- Penyambungan pipa yang kurang baik dapat menyebabkan kebocoran, walaupun saat ini penyambungan/pengetesan tidak terjadi kebocoran, akan tetapi setelah beberapa waktu dapat terjadi kebocoran.

2. Kehilangan Air Non Fisik

Kehilangan air non fisik adalah air yang secara fisik tidak terlihat, tetapi dapat diketahui dari perhitungan atau catatan dari jumlah air yang didistribusikan pada pelanggan. Kehilangan air non fisik ini mencakup berbagai kesalahan dan kelemahan administrasi dan manajemen, serta kesalahan dan kelemahan perlengkapan sistem.

Kesalahan dan kelemahan tersebut antara lain :

- a. Kesalahan pembacaan dan pencatatan pada meter air.

Pembaca meteran yang belum berpengalaman kadang-kadang dapat melakukan kesalahan pembacaan atau pencatatan pada meter air.

- b. Rendahnya disiplin petugas pembaca meteran

Petugas pembaca meteran yang tidak disiplin kadang-kadang melakukan penyimpangan-penyimpangan yakni mencatatkan jumlah air yang terpakai lebih kecil dari semestinya.

c. Kesalahan/kelemahan pada meter air

Keakuratan meter air seringkali menjadi penyebab besarnya kehilangan air.

Meter air yang sudah lama atau tidak pernah dikalibrasi dan kaca meter air yang telah buram sehingga sulit dibaca oleh petugas dapat menimbulkan penyimpangan.

d. Sambungan liar atau pencurian

Sambungan liar dapat terjadi tanpa sepengetahuan perusahaan dan dapat pula terjadi dengan sepengetahuan oknum petugas perusahaan.

e. Pemakaian air tidak dibayar

Penggunaan air dengan adanya air mancur, penggunaan air untuk pemadam kebakaran, dan lain-lain.

f. Kesalahan pada administrasi rekening

Bagian pembuat rekening seringkali membuat kesalahan dalam pemindahan angka (*stand meter*) dari buku pencatatan meteran untuk menjadi rekening.

Kehilangan air dapat disebabkan kebocoran teknis (pada instalasi dan sistem perpipaan). Dirjen Cipta Karya mensyaratkan kehilangan air berkisar antara 10 – 20 % dari total kebutuhan air. Alat yang digunakan untuk mengetahui kebocoran pipa yang terjadi antara lain :

a. Pengetesan dengan TDM

TDM adalah alat untuk mengetahui keadaan aliran, besar tekanan, dan besarnya debit air yang ada pada pipa distribusi tanah. Caranya adalah alat dipasang pada pipa setelahn itu dalam monitor akan terlihat bagaimana keadaan aliran, besarnya tekanan air, dan besar debit air. Jika terjadi perbedaan besaran dengan pipa induk berarti telah terjadi kebocoran dan dilakukan pemeriksaan.

b. Pengetesan dengan *Correlator*

Correlator adalah alat yang digunakan untuk mengetahui daerah (lokasi) pipa yang mengalami kebocoran. Caranya adalah memasang 2 kabel, sebagai stasiun A dan stasiun B. Jika alat dihidupkan maka dalam monitor akan diketahui posisi terjadinya kebocoran.

c. Pengetesan dengan *Electronic Bar*

Setelah diuji dengan *Correlator* maka untuk mengetahui posisi tepatnya dimana terjadi kebocoran terjadi digunakan alat ini. Caranya adalah menggeserkan alat pada permukaan tanah dan dihubungkan dengan *tuning control*, maka jika letak kebocoran ditemukan akan terdengar sinyal berbunyi.

2.8 Operasi

Dalam kegiatan operasi harus diusahakan penggunaan alat-alat konstruksi seoptimal mungkin, atau waktu mengganggu sekecil-kecilnya. Untuk maksud tersebut, disusun jadwal pemakaian bagi masing-masing unitnya. Disiplin

operasi harus betul-betul ditegakkan, agar jangan sampai terjadi peralatan tertentu digunakan untuk tugas yang lain.

2.9 Pemeliharaan

Kinerja serta umur produktivitas alat-alat konstruksi amat tergantung dari pemeliharaan, lebih-lebih pada saat ini dengan bertambahnya kapasitas. Bila alat dengan kapasitas dalam sehari saja tidak beroperasi maka akan menimbulkan dampak yang cukup terhadap kemajuan dan kelangsungan kegiatan tersebut.

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

2.10 Biaya Operasional dan Pemeliharaan

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

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

Tabel 2.1 Komponen biaya produksi dan operasi

No.	Komponen biaya operasi dan produksi
1.	Bahan mentah dan bahan kimia <ul style="list-style-type: none"> a. bahan mentah b. bahan kimia dan katalis
2.	Tenaga kerja dan penyelia <ul style="list-style-type: none"> a. upah tenaga kerja b. gaji dan uang lembur pekerja dan penyelia c. tunjangan, jaminan, dan bonus
3.	Utiliti dan penunjang <ul style="list-style-type: none"> a. tenaga listrik b. bahan bakar dan minyak pelumas c. uap air, air pendingin, air pendingin, dan udara tekan d. bahan-bahan pencegah kebakaran
4.	Administrasi dan manajemen <ul style="list-style-type: none"> a. gaji dan tunjangan tenaga administrasi b. kompensasi manajemen c. <i>fee</i> tenaga ahli (konsultan)
5.	<i>Overhead</i> dan lain-lain <ul style="list-style-type: none"> a. <i>overhead</i> b. pajak

c. asuransi
d. suku cadang
e. pengemasan
f. lain-lain pengeluaran untuk produksi

Sumber : Imam Suharto, Manajemen Proyek, 1995, hal:399

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

$$O = A + B + C + D + E \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

O adalah biaya operasional,

A adalah biaya bahan mentah dan bahan kimia,

B adalah biaya tenaga kerja dan penyelia,

C adalah biaya utility dan penunjang,

D adalah biaya administrasi dan manajemen, dan

E adalah biaya *overhead* dan lain-lain.

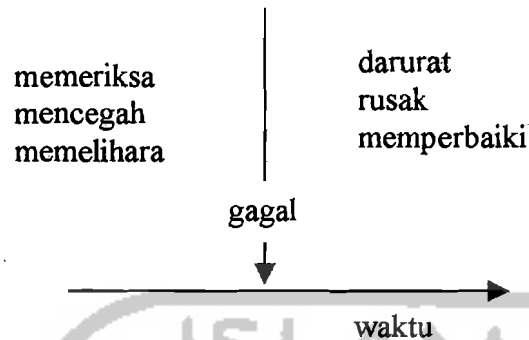
Pemeliharaan dalam tatanan kerja sangat penting untuk mencapai tingkat kualitas dan ketahanan tertentu serta suatu kerja yang efisien. Peralatan yang paling baik pun tidak akan bekerja secara memuaskan kecuali terpelihara. Biaya kerusakan dalam suatu sistem menjadi tinggi, tidak hanya dalam arti keuangan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

harus dipelihara melalui latihan, motivasi, pemeliharaan kesehatan serta penyimpanan dan penanganan yang baik untuk bahan-bahan.

Tujuan pemeliharaan :

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

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



Gambar 2.1 Waktu kegagalan

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

Pemeliharaan preventif yang resmi dapat mengambil empat bentuk :

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

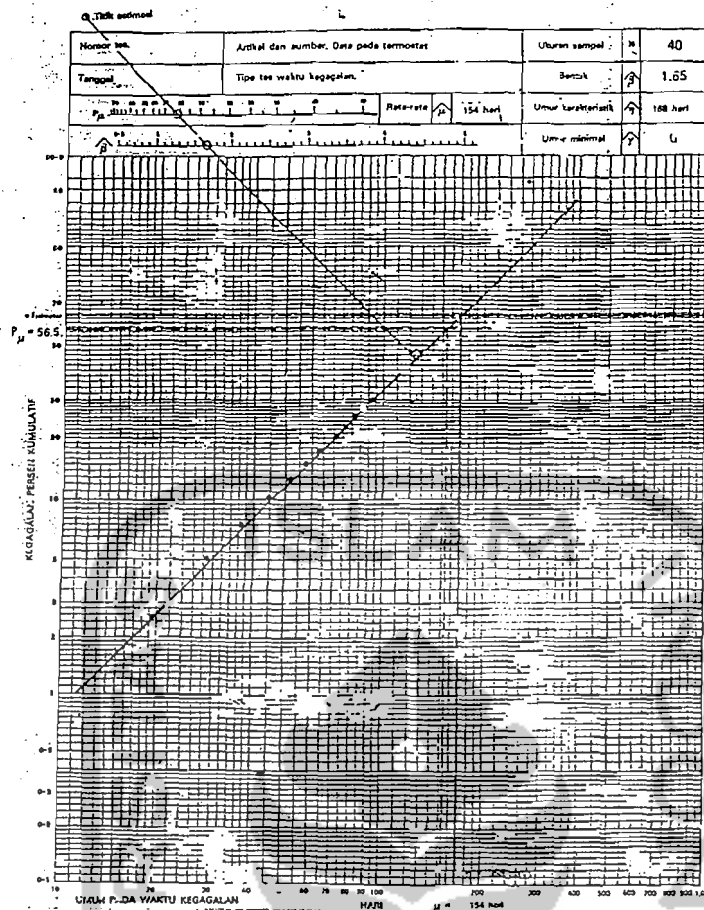
Rencana-rencana pemeliharaan, apabila dirancang baik dapat mengurangi terjadinya pemeliharaan darurat. Suatu kerusakan peralatan pada satu operasi

dengan cepat akan menyebabkan semua operasi terhenti sama sekali. Program pemeliharaan preventif secara ekstensif merupakan hal yang mengurangi frekuensi dan hebatnya gangguan arus kerja. Efektifitas kebijakan dan program pemeliharaan hendaknya dipertimbangkan, terhadap keadaan darurat bukan kemampuan melaksanakan perbaikan darurat.

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

1. Membuat diagnosa sebab-sebab timbulnya masalah kegagalan peralatan,
2. Membuat resep pemecahan terhadap masalah-masalah ini.

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



Gambar 2.2 Grafik tingkat kegagalan sistem produksi

Dalam gambar 2.2 dimana β adalah waktu kegagalan :

Titik A kegagalan awal ($\beta < 1$). Kegagalan ini dihubungkan dengan suatu periode operasi (*running-in*) dan mungkin berkenaan dengan komponen-komponen di bawah standar dari produk atau jasa. Peningkatan perbaikan dalam tingkat kegagalan dapat dibuat dengan desain yang lebih baik serta pengoperasian dan penyesuaian yang cermat selama berjalan.

Titik B. probabilitas kegagalan konstan ($\beta = 1$). Kegagalan ini terjadi karena berbagai kombinasi keadaan. Untuk mengurangi tingkat kegagalan dalam periode ini perlu diperiksa desain dan operasi peralatan.

Titik C. kegagalan karena aus ($\beta > 1$). Peralatan tersebut terbebas dari periode kegagalan, akan menghadapi tingkat kegagalan yang meningkat karena

aus. Pada tahap ini hubungan antara umur dan tingkat kegagalan dapat diprediksi dan pemeliharaan preventif dapat diukur.

2.11 Penduduk

Jumlah penduduk sangat berpengaruh dalam menganalisis biaya operasional dan pemeliharaan, dimana bertambahnya jumlah penduduk maka air bersih yang dikonsumsi semakin bertambah. Kebutuhan air meningkat karena adanya perubahan pola hidup maupun perubahan kota baik dari perubahan fisik dalam arti ukuran dan jumlah penduduk kota maupun perubahan sektor pekerjaan. Peningkatan jumlah air dapat diperhitungkan dengan peningkatan jumlah penduduk dengan tingkat pertambahan penduduk pertahun.

Dengan menggunakan rumus:

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (2.2)$$

dimana :

P_n = jumlah penduduk setelah n tahun

P_o = jumlah penduduk pada saat acuan

r = tingkat pertumbuhan penduduk

n = jumlah tahun

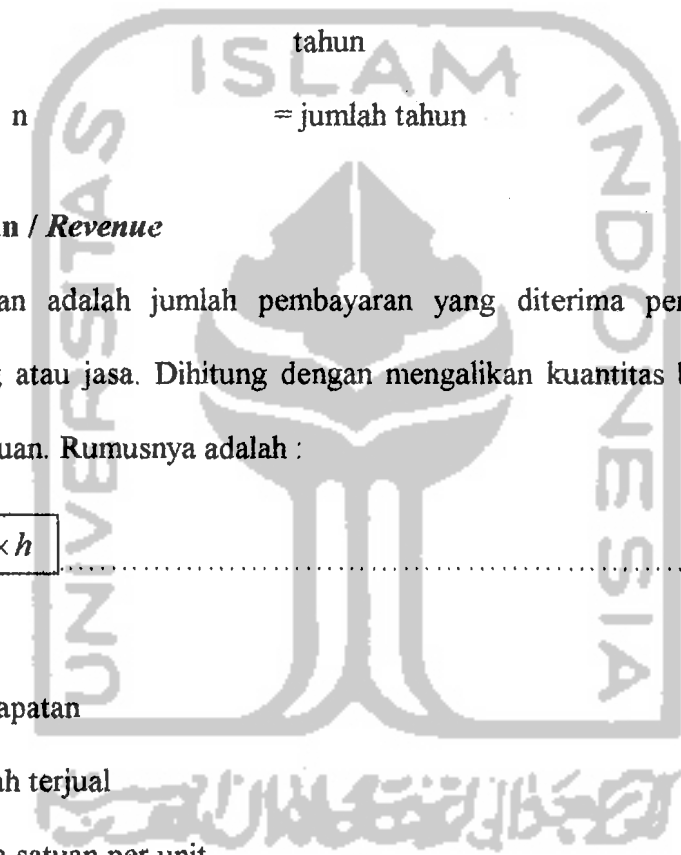
Cara untuk mengetahui tingkat pertambahan penduduk (r) adalah sebagai berikut :

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

b., dengan merata-ratakan tingkat pertumbuhan penduduk di Kotamadya Yogyakarta mulai tahun 1990 sampai tahun 1999;

$$r = \sqrt[n]{r_1 \times r_2 \times r_3 \times \dots \times r_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan, r = tingkat rerata pertumbuhan penduduk
 $r_1 \times r_2 \times r_3 \times \dots \times r_n$ = prosentase pertumbuhan penduduk tiap



n tahun
 = jumlah tahun

2.12 Pendapatan / Revenue

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

$$R = D \times h \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

- R = pendapatan
- D = jumlah terjual
- h = harga satuan per unit

2.13 Benefit Cost Ratio (BCR)

Untuk mengkaji kelayakan proyek sering digunakan pula kriteria yang disebut *Benefit Cost Ratio* (BCR).

$$BCR = \frac{(PV)B}{(PV)C} \dots\dots\dots (2.5)$$

BCR = perbandingan manfaat terhadap biaya

(PV) B = nilai sekarang benefit

(PV)C = nilai sekarang biaya

Adapun kriteria BCR akan memberikan petunjuk sebagai berikut :

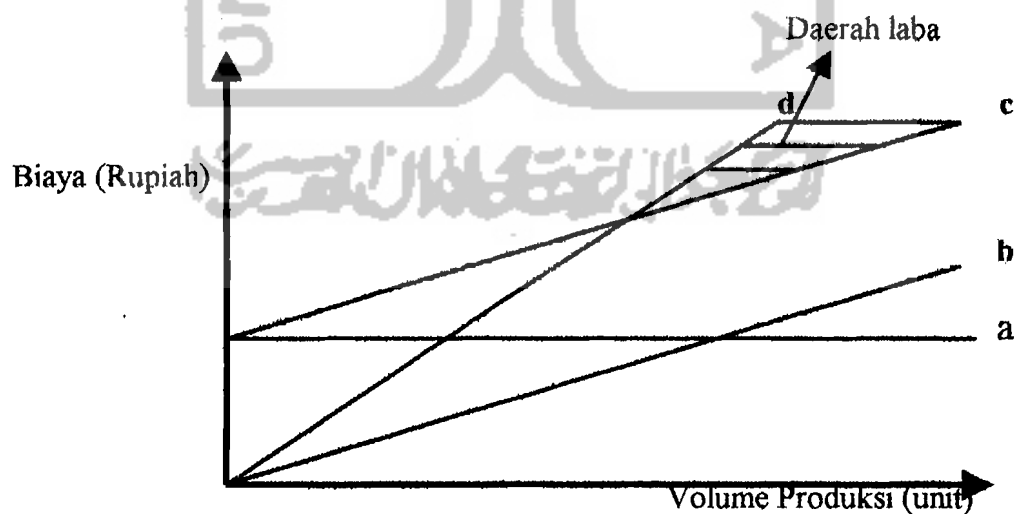
BCR > 1 perusahaan tersebut mendapat keuntungan

BCR = 1 perusahaan tersebut telah mencapai titik impas

BCR < 1 perusahaan tersebut mengalami kerugian

2.14 Titik Impas (Break Event)

Titik impas adalah titik dimana total biaya produksi sama dengan pendapatan. Titik impas memberikan petunjuk bahwa tingkat produksi telah menghasilkan pendapatan yang sama besarnya dengan biaya produksi yang telah dikeluarkan.



Gambar 2.3 Hubungan volume produksi, total biaya, dan titik impas

Dalam gambar 2.3 titik potong antara garis c dan d adalah menunjukkan titik impas. Garis a, b, c, berturut-turut adalah biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya total. Biaya total merupakan jumlah dari a dan b, sedangkan d adalah jumlah pendapatan dari jumlah penjualan produksi. Di atas titik impas, diantara garis d dan c, adalah daerah laba.

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

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

jadi,

$$Q_i \times P = FC + Q_i \times VC \quad (2.8)$$

$$Q_i = \frac{FC}{P - VC} \quad (2.9)$$

dimana :

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

FC = biaya tetap per unit

P = harga penjualan per unit

VC = biaya tidak tetap per unit

2.15 Tingkat Pengembalian (*Rate of Return*)

Apabila kita melakukan suatu investasi maka ada saat tertentu dimana terjadi keseimbangan antara semua pengeluaran yang terjadi dengan semua pendapatan yang terjadi dengan semua pendapatan yang diperoleh dari investasi tersebut. Keseimbangan ini akan terjadi pada tingkat pengembalian (yang sering dinyatakan sebagai tingkat bunga) tertentu. Tingkat bunga yang menyebabkan terjadinya keseimbangan antara pengeluaran dan semua pemasukan pada suatu periode tertentu disebut dengan *rate of return* yang biasa disebut dengan ROR. Ada dua RoR yang dikenal, yaitu

1. Tingkat Pengembalian Internal (*Internal Rate of return*)

Metoda tingkat pengembalian internal adalah metode tingkat pengembalian yang paling luas digunakan untuk menjalankan analisis ekonomi teknik. Metode ini memberikan solusi untuk tingkat bunga yang menunjukkan persamaan dari nilai akivalen dari arus kas masuk pada nilai ekivalen arus kas keluar. Tingkat bunga yang didapatkan merupakan tingkat pengembalian internal.

$$IRR = i' + \frac{NPV'}{(NPV' + NPV'')}(i'' - i')$$

i', i'' = tingkat suku bunga

NPV' = Net Present Value pada i'

$(NPV' - NPV'')$ Merupakan penjumlahan mutlak

2. Tingkat Pengembalian eksternal (*External Rate of Return*)

Metoda tingkat pengembalian eksternal merupakan metode yang secara langsung memperhitungkan tingkat bunga eksternal terhadap suatu yang pada

tingkat bunga ini arus kas yang dihasilkan oleh proyek selama umurnya dapat diinvestasikan kembali. Jika tingkat reinvestasi eksternal ini, yang biasanya sebesar MARR perusahaan, ternyata sama dengan IRR proyek, maka metode ERR memberikan hasil yang identik dengan metode IRR nya.

$$ERR = \sum_{k=0}^n E_k (P/F, e\%, n) (F/P, i\%, n) = \sum_{k=0}^n R_k (F/P, e\%, n)$$

R_k = Penerimaan dalam periode k

E_k = Pengeluaran dalam periode k

n = Umur proyek

e = tingkat reinvestasi eksternal

Adapun kriteria IRR dan ERR akan memberikan petunjuk sebagai berikut :

IRR/ERR \geq MARR = proyek dapat dikatakan layak,

IRR/ERR $<$ MARR = proyek dapat dikatakan tidak layak,

2.16 Laba/Keuntungan

Pertambahan permintaan akan menghasilkan laba. Jadi laba adalah selisih pendapatan total dikurangi biaya pengeluaran total. Dalam teori laba ada tiga macam yaitu :

1. *Present Value* (nilai sekarang)

$$P = \frac{F}{(1+i\%)^n} \quad \text{atau} \quad P = F(P/F, i\%, n)$$

2. *Future value* (nilai masa datang)

$$F = P(1+i\%)^n \quad \text{atau} \quad F = P(F/P, i\%, n)$$



3. Annuity value (nilai tahunan)

$$P_t = \frac{P(1+i\%)^n}{(1+i\%)^n - 1} \text{ atau } A = P(A/P, i\%, n)$$