

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Air Bersih

Pengertian air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping.

Pengertian air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan yang dapat diminum. Yang membedakan kualitas air bersih dengan air minum adalah standar kualitas setiap parameter fisik, kimia, biologis dan radiologis maksimum yang diperbolehkan (Sarwoko, 1985).

3.2. Persyaratan Dalam Penyediaan Air Bersih

Ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih, antara lain adalah persyaratan kualitatif, kuantitatif dan kontinuitas (Dirjen Cipta Karya, 1998).

3.2.1. Persyaratan Kualitatif

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, kimia, biologis dan radiologis.

Syarat-syarat tersebut berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas, hal ini dapat dilihat pada lampiran 14.

3.2.2. Persyaratan Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia, artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang akan dilayani. Selain itu jumlah air yang dibutuhkan sangat tergantung pada tingkat kemajuan teknologi dan sosial masyarakat setempat. Sebagai contoh, negara-negara yang telah maju memerlukan air bersih yang lebih banyak dibandingkan dengan masyarakat di negara-negara sedang berkembang (Dirjen Cipta Karya, 1998).

3.2.3. Persyaratan Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas untuk penyediaan air bersih sangat erat hubungannya dengan kuantitas air yang tersedia, yaitu air baku yang tersedia di alam. Arti kontinuitas disini adalah air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan (Dirjen Cipta Karya, 1998).

3.3. Sumber Air

Air baku adalah air yang berasal dari sumber air yang perlu atau tidak perlu diolah menjadi air minum untuk keperluan rumah tangga. Dalam memilih sumber air baku harus diperhatikan persyaratan utama yang meliputi kualitas, kuantitas, kontinuitas dan biaya yang murah dalam proses pengambilan sampai pengolahan (Dirjen Cipta Karya, 1998).

3.3.1. Air Permukaan

Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber atau bahan baku air adalah bendungan, sungai, danau dan mata air.

Dari segi kualitas air permukaan telah terkontaminasi oleh berbagai macam zat polutan yang berbahaya bagi kesehatan, kecuali mata air. Dari segi kualitas mata air sangat baik bila dipakai sebagai sumber air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar.

Dilihat dari segi kuantitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas, sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu. Begitu pula bila mata air tersebut terus menerus di ambil maka semakin lama akan habis, dan terpaksa penduduk mencari sumber mata air yang baru.

Air waduk, sungai dan danau, kontinuitas dan kuantitasnya dapat dianggap tidak menimbulkan masalah yang besar untuk penyediaan air bersih.

3.3.2. Air Tanah

1. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal adalah air tanah bebas yang terdapat dalam tanah dengan kedalaman muka air kurang atau sama dengan dua puluh meter. Air tanah dangkal merupakan sumber air yang dapat dimanfaatkan dengan cara membuat sumur sampai kedalaman batas muka air tanah. Cara pengambilan umumnya dengan pembuatan sumur gali dan banyak dimanfaatkan oleh masyarakat.

2. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam adalah air tanah yang terdapat di dalam tanah yang kedalaman muka airnya lebih besar dari dua puluh meter atau air tanah yang terdapat di dalam akifer tertekan dimana akifer ini berada dalam kedalaman lebih dari dua puluh meter.

3.4. Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih adalah suatu sistem suplai air bersih yang meliputi sistem pengambilan air baku, proses pengolahan, transmisi, proses pengolahan air baku sistem transmisi dan reservoir serta 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 (Dirjen Cipta Karya, 1998).

Untuk menentukan sistem penyediaan air bersih pada masyarakat, maka perlu dilakukan klasifikasi sistem penyediaan air bersih yang meliputi sistem

individual dan sistem komunal. Sistem individual dan sistem komunal dalam penyediaan air bersih masih dapat dijumpai pada masyarakat pedesaan *rural urban* maupun masyarakat perkotaan *urban*.

Sistem individual dititikberatkan pada usaha pemenuhan kebutuhan air bersih secara individu atau perorangan, sedangkan sistem komunal pemenuhannya dilakukan secara terorganisasi melalui sistem pipanisasi.

3.5. Kriteria Perancangan

Dalam penentuan kapasitas sistem penyediaan air bersih diperlukan suatu dasar standar perencanaan yang dijadikan sebagai acuan dalam perancangan (penulis mengacu pada ketentuan Dirjen Cipta Karya). Dalam kriteria tersebut tercakup :

1. Kebutuhan air domestik dan non domestik
2. Tingkat pelayanan
3. Waktu operasi sistem
4. Periode perencanaan
5. Kehilangan air

3.5.1. Kebutuhan Air Bersih

Yang dimaksud kebutuhan air bersih adalah banyaknya air bersih yang harus tersedia untuk keperluan penduduk beserta sarana dan prasarannya, termasuk juga menentukan besarnya fluktuasi kebutuhan air bersih di 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, masak, mandi, cuci dan wudhu. Pelayanan per orang dipakai besaran yang dipakai di Indonesia, besarnya berkisar 60 - 90 liter/orang/hari (Dirjen Cipta Karya, 1998) dengan perkiraan :

- a. Kebutuhan untuk minum : 2 liter
- b. Masak, mencuci pakaian : 8 - 18 liter
- c. Mandi, mencuci pakaian : 30 - 40 liter
- d. Pembilasan : 20 - 30 liter

Pemenuhan kebutuhan air domestik melalui :

- a. Sambungan langsung

Sambungan langsung adalah jenis sambungan pelanggan yang mensuplai airnya langsung ke rumah-rumah, biasanya berupa sambungan pipa-pipa distribusi air melalui meter air dan instalasi pipanya di dalam tanah.

Dirjen Cipta Karya mensyaratkan besarnya pemakaian air pada sambungan rumah :

- 1) Kategori Kota Kecil : 90 liter orang hari
- 2) Kategori Ibukota Kecamatan : 60 liter orang hari
- 3) Kategori Pedesaan : 60 liter orang hari

b) Sambungan umum

Sambungan umum adalah jenis pelayanan pelanggan sistem air minum perpipaan atau non perpipaan dengan sambungan per kelompok pelanggan dan tingkat pelayanan hanya untuk memenuhi kebutuhan air minum, dengan cara pengambilan oleh masing-masing pelanggan ke pusat penampungan. Besarnya pemakaian air adalah 30 liter/orang/hari.

2. Kebutuhan Non Domestik

a. Berdasarkan ketentuan Dirjen Cipta Karya :

1) Kebutuhan air untuk keperluan niaga komersial

- a) Hotel : 90 - 200 liter/bed hari
- b) Pasar : 5000 liter unit hari
- c) Bioskop : 10 liter kursi hari
- d) Toko kios : 250 liter unit hari

2) Kebutuhan air untuk fasilitas kantor pemerintah

- a) Kebutuhan air untuk kantor pemerintah : 20 liter orang hari
- b) Kebutuhan air untuk militer : 60 liter orang hari

3) Kebutuhan air untuk fasilitas sosial

- a) Kebutuhan air untuk peribadatan : 1500 - 3000 liter unit hari
- b) Kebutuhan air untuk pendidikan : 20 liter orang hari
- c) Kebutuhan air untuk fasilitas kesehatan : 200 liter bed hari

b. Berdasarkan data Zona Tata Guna Air Bawah Tanah (Dinas Pertambangan DIY, 1998).

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1) Kebutuhan air untuk industri | |
| a) Industri besar/średang | : 986,1 liter/unit hari |
| b) Industri kecil | : 689,6 liter/unit hari |
| c) Industri rumah tangga | : 142,36 liter/unit/hari |
| 2) Warung makan | : 380,16 liter/unit hari |

3.5.2. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan yang diberikan meningkat sesuai dengan periode perencanaan, hal ini disesuaikan 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 perbandingan tingkat pelayanan antara pelayanan sambungan langsung dan kran umum diharapkan meningkat sesuai dengan kemampuan konsumen.

Persentase sambungan langsung tergantung dari hasil studi dan kebijakan daerah yaitu berkisar antara 60 - 80 % dari pelayanan. Untuk sambungan umum berkisar 20 - 40 % dari pelayanan (Dirjen Cipta Karya, 1998).

3.5.3. Waktu Operasi Sistem

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

1. Konsumen terus menerus mendapat air

2. Konsumen akan selalu mendapat air yang masih baru

3.5.4. Periode Perencanaan

Penentuan periode perencanaan digunakan untuk mengetahui besar kapasitas sistem yang diperlukan pada suatu jangka waktu. Sesuai dengan standar yang telah ditetapkan maka periode perencanaan untuk kategori kecamatan adalah 15 tahun.

3.5.5. Kehilangan Air

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. Kehilangan air bisa juga disebabkan oleh faktor non teknis, yaitu kehilangan yang biasanya dikarenakan oleh faktor *Human error* baik oleh pengelola maupun masyarakat yang berupa pencurian air.

3.6. Penentuan Kebutuhan Air Bersih

Dalam merencanakan sistem distribusi air bersih harus direncanakan agar dapat melayani kebutuhan air pada masa sekarang dan untuk masa yang akan datang. Untuk perencanaan masa yang akan datang harus diperkirakan perkembangan penduduk dan penambahan fasilitas daerah

3.6.1. Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk digunakan untuk memperkirakan jumlah penduduk untuk masa yang akan datang. Pertumbuhan penduduk tidak selalu tetap, hal ini dikarenakan pada suatu daerah jumlah kelahiran, kematian dan perpindahan penduduk tidaklah sama. Metode yang dipakai untuk perkiraan jumlah penduduk di masa yang akan datang adalah metode geometrik.

Metode Geometrik

Metode ini menganggap perkembangan jumlah penduduk akan berganda dengan sendirinya, penambahan jumlah penduduk akan membawa konsekuensi bertambahnya jumlah penduduk.

$$P_n = P_t (1 + r)^n$$

dengan :

$$r = \frac{P_t^{1/t} - P_0}{P_0} - 1$$

dengan :

P_n = jumlah penduduk tahun ke-n

P_t = jumlah penduduk pada akhir tahun data

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun data

t = periode tahun data

r = angka kenaikan penduduk

n = periode tahun proyeksi

3.6.2. Proyeksi Fasilitas Umum

Untuk menghitung proyeksi fasilitas umum diperlukan data perkembangan penduduk sebagai bahan pertimbangan. Hal ini sesuai dengan pengertian bahwa banyaknya fasilitas-fasilitas yang dibutuhkan masyarakat berbanding lurus dengan jumlah penduduk yang menggunakan fasilitas tersebut.

Untuk perhitungan dipakai rumus :

$$F_n = w \cdot F_0$$

dengan :

F_n = jumlah fasilitas tahun ke-n

F_0 = jumlah fasilitas tahun ke-0

w = perbandingan jumlah penduduk tahun ke-n dengan jumlah penduduk tahun ke-0

3.6.3. Perhitungan Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air pada daerah perencanaan dibagi atas :

1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air domestik didapat dengan mengalikan jumlah penduduk yang dilayani dengan besaran unit pelayanan.

2. Kebutuhan non Domestik

Kebutuhan air non domestik didapat dengan mengalikan masing-masing peruntukan dengan besaran unit pelayanan. Untuk daerah perencanaan yang

belum mempunyai perencanaan kota, besar kebutuhan air non domestik didapat dengan mengambil suatu persentase antara 5 - 20 % dari kebutuhan domestik.

3.6.4. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Pada umumnya kebutuhan air untuk masyarakat tidak tetap, tetapi berfluktuasi akibat dari perubahan musim dan aktifitas masyarakat. Besarnya fluktuasi pemakaian air dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Pemakaian jam puncak *peak hour*, yaitu kejadian pada jam-jam tertentu dalam satu hari dimana pemakaian air lebih besar daripada kebutuhan air rata-rata per hari.
2. Pemakaian hari maksimum *maksimum day*, yaitu kejadian dalam hari-hari tertentu pada setiap minggu, bulan dan tahun dimana pemakaian air lebih besar daripada kebutuhan air rata-rata per hari.

Besarnya pemakaian air hari maksimum dan jam puncak dapat ditentukan dengan mengalikan pemakaian air dari rata-rata per hari dengan faktor pemakaian hari maksimum dan jam puncak. Untuk mendapatkan data fluktuasi pemakaian air secara tepat untuk perencanaan bangunan pengolahan air bersih umumnya dengan cara membandingkan daerah yang direncanakan dengan daerah lain yang telah direncanakan (sudah mempunyai data fluktuasi pemakaian air).

1. Faktor kebutuhan hari maksimum, besarnya 1,1 kali kebutuhan air rata-rata
2. Faktor kebutuhan jam puncak, besarnya 1,4 kali kebutuhan air rata-rata

Setelah didapatkan fluktuasi kebutuhan air, kemudian dihitung deposit pemakaian air guna menghitung dimensi bak reservoir.

Tabel 3.1. Perbandingan Persentase Pemakaian Air (Sarwoko, 1985)

Waktu (Jam)	Persentase Pemakaian Air		
	Pedesaan	Yogyakarta	Jakarta
00-01	0	0,75	1,5
01-02	0	0,75	1,4
02-03	0	0,75	1,7
03-04	0	0,75	2,9
04-05	0	0,75	4,9
05-06	5	4	5,6
06-07	10	6	6,2
07-08	10	8	6,3
08-09	10	8	6,1
09-10	4,17	6	5,6
10-11	4,17	5	5,1
11-12	4,17	5	4,6
12-13	7,50	5	4,3
13-14	7,50	6	4,7
14-15	3,75	6	5
15-16	3,75	6	5,2
16-17	8,33	6	5,2
17-18	8,33	10	4,9
18-19	8,33	4,5	4,5
19-20	1,67	4,5	3,9
20-21	1,67	3	3,3
21-22	1,67	1,75	2,8
22-23	0	0,75	2,4
23-24	0	0,75	2,8
Durasi pemakaian (jam)	17	24	24

Tabel 3.2. Kriteria Perencanaan Kota Kategori IKK

Uraian	Besaran	Keterangan
Jumlah catu pada sambungan rumah/langsung	60 liter/orang/hari	
Jumlah catu pada kran umum	30 liter/orang/hari	
Tingkat pelayanan	50 - 100 %	Dari jumlah penduduk
Kebocoran dan kehilangan	10 - 20 %	Dari sub total
Faktor puncak harian maximum	1,1	Untuk mendisain reservoir dan sistem transmisi
Jumlah orang tiap rumah	1,4	Untuk mendisain sistem distribusi perpipaan
Jumlah orang tiap kran umum	5 - 6 orang	
Sisa tekan pada sistem distribusi	100 mka	
Periode perencanaan	10 tahun	
Waktu pengoperasian	24 jam	Tergantung pada sistem pelayanan

3.7. Perancangan Jaringan Air Bersih

3.7.1. Sistem Transmisi Air Bersih

Sistem transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan atau pengolahan air bersih ke bangunan reservoir atau jaringan distribusi. Kriteria teknis yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem transmisi perpipaan adalah (Ahmad, A., dkk, 1980):

1. Sisa tekanan minimum yang harus tersedia 10 mka (meter kolom air)
2. Tekanan maksimum yang diperbolehkan 80 mka
3. Bila tekanan melebihi 80 mka, maka diperlukan bangunan pelepas tekan

3.7.2. Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan. Kriteria teknis yang perlu diperhatikan dalam perencanaan sistem distribusi air bersih adalah :

1. Daerah layanan dan jumlah penduduk serta fasilitas yang akan dilayani meliputi wilayah IKK atau wilayah kabupaten dan kotamadya
2. Debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan
3. Kondisi topografi daerah layanan untuk menentukan pola jaringan dan sistem aliran yang sesuai

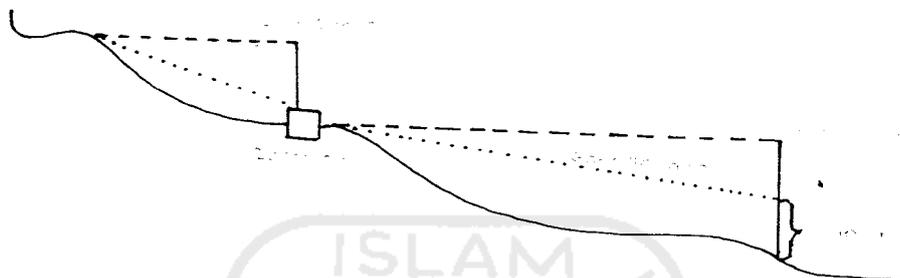
3.7.3. Sistem Pengaliran

Sistem pengaliran tergantung dari kondisi topografi daerah dan lokasi reservoir. Sistem pengaliran air meliputi aliran gravitasi dan aliran secara pemompaan. Sistem pengaliran secara gravitasi diterapkan bila tekanan air pada titik terjauh yang diterima konsumen masih mencukupi. Jika kondisi tidak terpenuhi maka pengaliran harus menggunakan sistem pemompaan (Raswari, 1986).

1. Sistem Pengaliran Gravitasi

Dengan memanfaatkan tinggi energi dari kondisi topografi daerah, sistem pengaliran gravitasi dapat diterapkan jika seluruh area pelayanan untuk sumber

air dan reservoir yang sama dapat menjamin kriteria tinggi tekan minimum 10 mka.



Gambar 3.1 Sistem pengaliran gravitasi

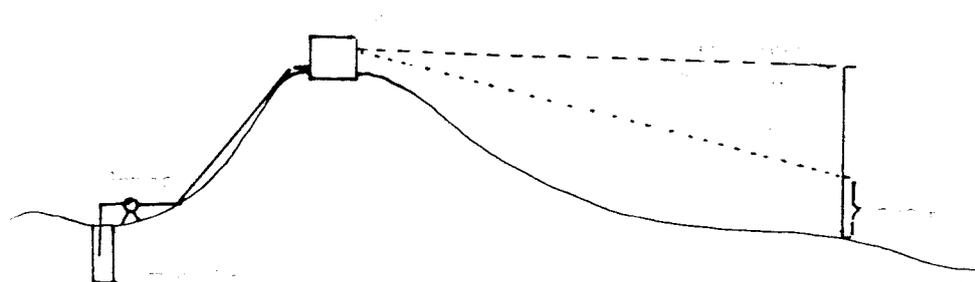
2. Sistem Pengaliran Pemompaan

a. Sistem pemompaan langsung

Pada sistem pemompaan langsung pendistribusian air langsung ke jaringan distribusi dengan pompa dari sumber pengambilan, dimana tekanan dari pompa disesuaikan dengan tekanan minimum pada titik terjauh yang diterima konsumen.

b. Sistem pemompaan dengan elevated reservoir

Air bersih didistribusikan dengan aliran pemompaan dari elevated reservoir. Sistem pengaliran ini memungkinkan tinggi tekanan terjaga di seluruh jaringan.



Gambar 3.2. Sistem pengaliran pemompaan

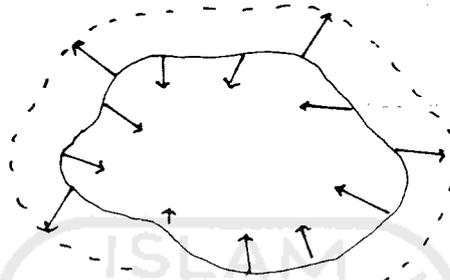
3.7.4. Pola jaringan

Pendistribusian air ke konsumen biasanya berupa jaring-jaring pipa atau lazim disebut jaring-jaring distribusi air yang berupa jaring distribusi melingkar dan jaring distribusi terbuka (Bambang Triatmodjo, 1994).

1. Pola jaringan distribusi melingkar *loop*

Pada pola distribusi lingkaran sirkulasi air lebih baik dan pembagian air terbagi merata karena perencanaan diameter pipa berdasarkan jumlah kebutuhan air total. Biasanya pada bagian-bagian dari daerah pembagian dilingkari oleh pipa pembagi induk. Keuntungannya, debit terbagi lebih merata karena perencanaan diameter berdasarkan jumlah kebutuhan total, jika terjadi kerusakan pipa (pipa pecah bocor) daerah hilir masih mendapat suplay air dari jurusan lain

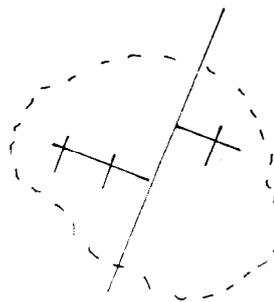
Kerugiannya saluran induk menjadi lebih panjang dan perhitungan dimensi pipa membutuhkan kecermatan agar debit yang masuk merata pada setiap pipa.



Gambar 3.3. Pola jaringan distribusi lingkaran

2. Pola jaringan distribusi terbuka *dead end*

Pada pola distribusi terbuka, pipa pembagi induk diletakkan pada titik percabangan agar debit dapat dibagi berdasarkan cabang pipa pelayanan. Keuntungannya, saluran induk airnya lebih cepat sampai ke daerah pelayanan dan saluran induk lebih pendek. Kerugiannya, pembagian debit tidak merata dan jika terjadi pecah pada pipa saluran induk, daerah hilir akan kering sama sekali.



Gambar 3.4. Pola jaringan distribusi terbuka

3.7.5. Perlengkapan Jaringan Pipa

Perlengkapan jaringan pipa berguna untuk menunjang kelancaran operasional jaringan yang terdiri dari bangunan utama dan bangunan pelengkap (Dirjen Cipta Karya, 1998).

1. Bangunan Utama

Bangunan utama dari perlengkapan jaringan pipa terdiri dari :

a. Pompa

Pompa berguna untuk memompa air atau menaikkan air dari sumber ke reservoir melalui pipa transmisi.

b. Rumah pompa

Rumah pompa berguna untuk melindungi pompa dari gangguan-gangguan yang mungkin dapat menyebabkan kerusakan pompa, misalnya hujan.

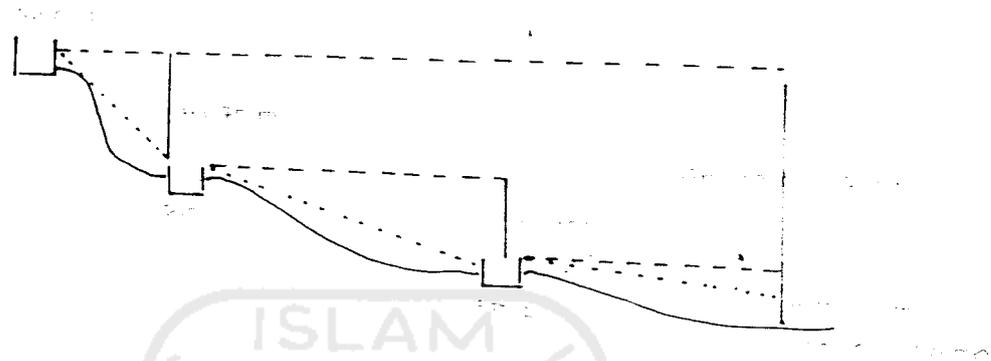
c. Reservoir

Reservoir berguna untuk menampung air sementara sebelum didistribusikan ke konsumen. Dimensi reservoir direncanakan berdasarkan fluktuasi kebutuhan air.

d. Bangunan pelepas tekan

Bangunan pelepas tekan (BPT) dibuat untuk menghindari tekanan yang tinggi, sehingga tidak akan merusak sistem perpipaan yang ada. BPT dibuat pada tempat dimana tekanan tertinggi mungkin terjadi sepanjang

jalur pipa transmisi. Dirjen Cipta Karya mensyaratkan tekanan maksimum yang boleh terjadi pada sistem perpipaan adalah 80 meter kolom air.



Gambar 3.5. Penentuan BPT berdasarkan ΔH

2. Bangunan Pelengkap

Agar sistem dapat berfungsi dengan baik maka diperlukan beberapa bangunan perlengkapan pada jaringan pipa.

a. *Valve*

Untuk mengatur besarnya pengaliran air dalam pipa, membuka/menutup aliran dan untuk menanggulangi kelebihan tekanan atau kekurangan tekanan pada jaringan pipa.

b. *Air Valve*

Untuk mengeluarkan udara yang terkumpul/terakumulasi di dalam pipa pada daerah cembungan pipa.

c. **Blow Off**

Untuk mengeluarkan kotoran atau endapan yang tertahan pada daerah cekungan pipa.

e. Blok angkur **trust block**

Sebagai penguat atau penahan pipa akibat tekanan yang terjadi pada pipa.

f. **Fitting**

Untuk menyambung pipa pada berbagai posisi.

g. **Bend**

Digunakan bila pada jalur pipa terdapat belokan.

g. Meter air

Diperlukan untuk mengetahui jumlah air yang diproduksi, jumlah air yang dipakai pada sambungan rumah dan sambungan umum.

3.7.6. Perancangan Pipa

1. Pipa Transmisi

Perhitungan dimensi pipa berdasarkan rumus persamaan kontinuitas :

$$Q = A \cdot v$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

dengan :

Q = debit aliran dalam pipa (m^3/dt)

A = luas penampang pipa (m^2)

v = kecepatan aliran (Dirjen Cipta Karya mensyaratkan 0,3 – 2,5 m/dt)

D= diameter pipa (m)

2. Pipa Distribusi

Perhitungan dimensi pipa dan debit pada jaringan pipa distribusi menggunakan paket program Loop versi 5. Rumus dalam program berdasarkan penurunan rumus Hazen William.

$$v = 0,354 \cdot C_{HW} \cdot D^{0,63} \cdot S^{0,54}$$

$$\frac{Q}{A} = 0,354 \cdot C_{HW} \cdot D^{0,63} \cdot S^{0,54}$$

$$Q = 0,354 \cdot C_{HW} \cdot D^{0,63} \cdot S^{0,54} \cdot \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$Q = 0,278 \cdot C_{HW} \cdot D^{2,63} \cdot S^{0,54}$$

$$S = \frac{H_f}{L}$$

dengan :

Q = debit aliran dalam (m³/dt)

A = luas penampang pipa (m²)

v = kecepatan aliran (Dirjen Cipta Karya mensyaratkan 0,3 – 2,5 m/dt)

D = diameter pipa (m)

C_{HW} = koefisien Hazen William

S = gradien hidrolis

L = panjang pipa (m)

H_f = kehilangan tekanan pada pipa (m)

Prinsip perhitungan looping program untuk jaring distribusi lingkaran harus ditentukan terlebih dahulu arah dan debit yang melalui sistem pipa dengan

metode Hardy Cross (“balancing head”). Metode Hardy Cross digunakan untuk mendapatkan koreksi debit aliran dalam pipa sehingga diperoleh keseimbangan aliran sedemikian rupa dimana ΔQ dan ΣH_f pada setiap titik sadap mendekati nilai 0 (nol). Faktor koreksi dihitung dengan persamaan :

$$\Delta Q = \frac{\Sigma H_f}{1.85 \left(\frac{H_f}{Q_0} \right)}$$

dengan :

ΔQ debit koreksi (m^3/dt)

ΣH_f = kehilangan tekanan total pada loop

Q_0 asumsi debit (m^3/dt)

Tabel 3.3. Nilai koefisiensi Hazen William

Bahan pipa	C_{HW}
Pipa sangat halus	140
Pipa halus, semen, besi tuang baru	130
Pipa baja dilas baru	120
Pipa baja dikeling baru	110
Pipa besi tuang tua	100
Pipa baja dikeling tua	95
Pipa tua	60 – 80

Sumber : Hidrolika II, Bambang Triatmodjo, 1994

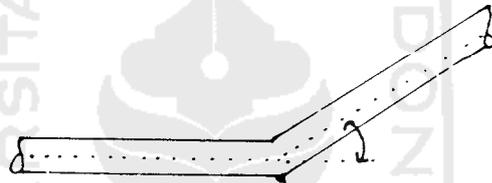
3. Kehilangan Tekanan

- a. Karena panjang pipa (Hidrolika II, Bambang Triatmodjo, 1994)

$$Hf_1 = \left[\frac{Q.L^{0,54}}{0,278.C_{HW}.D^{2,63}} \right]^{1,85}$$

- b. Karena belokan pipa

$$Hf_2 = K_b \frac{v^2}{2g}$$



Gambar 3.7. Belokan pipa

Tabel 3.4. Koefisien K_b sebagai fungsi sudut belokan α

α	20°	40°	60°	80°	90°
K_b	0,05	0,14	0,36	0,74	0,98

Sumber : Hidrolika II. Bambang Triatmodjo, 1994

- c. Karena perlengkapan pipa

Kehilangan tekanan karena perlengkapan pipa seperti "air valve", "blow off" dan lain-lain dihitung 10 % dari kehilangan tekanan akibat panjang pipa (Dirjen Cipta Karya, 1998).

$$Hf_3 = 0,1 Hf_1$$

d. Karena pengecilan pipa (Hidrolika II, Bambang Triatmodjo, 1994)

$$Hf_5 = 0,44 \frac{v_2^2}{2g}$$

3.7.7. Perhitungan Pompa

Daya pompa yang dibutuhkan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$D = \frac{Q.H.\gamma}{75 \eta} \text{ (DK)}$$

dengan :

D = daya pompa (Daya Kuda (DK))

Q = debit air (m^3 dt)

γ = berat jenis air (1000 kg m^{-3})

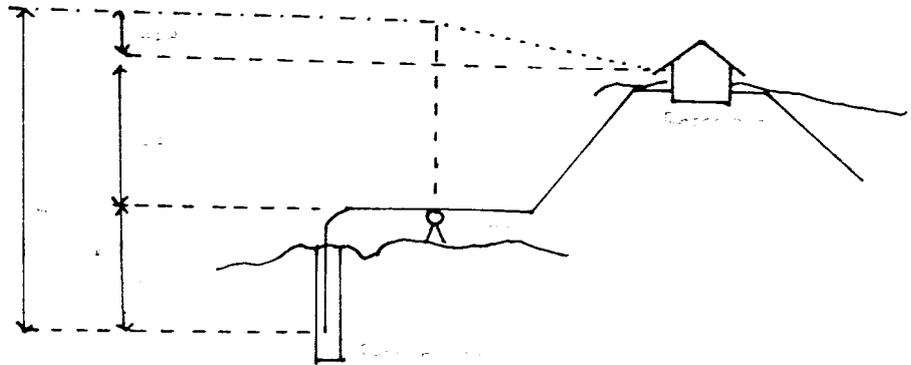
η = efisiensi pompa

H = kehilangan tenaga total

Hs = tinggi tenaga hisapan

Hd = tinggi tenaga dorongan

Hfd = kehilangan tenaga pada pipa transmisi

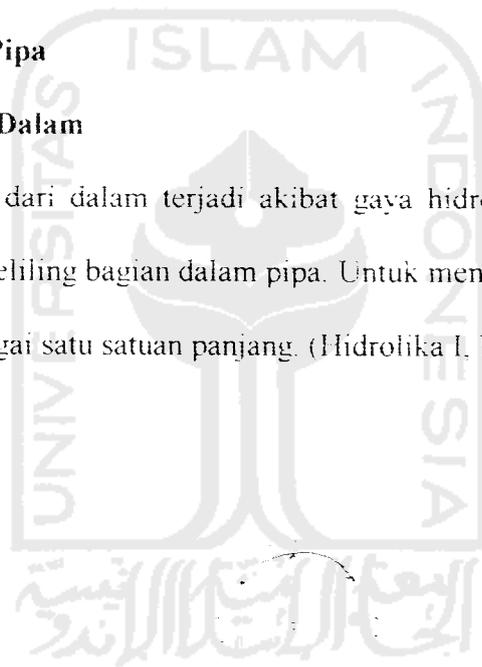


Gambar 3.8. Penentuan kehilangan energi pada sistem pemompaan

3.7.8. Stabilitas Pipa

1. Tekanan Dari Dalam

Tekanan dari dalam terjadi akibat gaya hidrostatis yang menyebabkan tegangan di sekeliling bagian dalam pipa. Untuk menentukan tebal dinding pipa dipandang sebagai satu satuan panjang. (Hidrolika I, Nur Yuwono)



Gambar 3.9. Tekanan dalam pipa

a. Tekanan Hidrostatik

$$\rho \cdot H \cdot \gamma$$

b. Gaya yang memecahkan pipa

$$P = 2R \cdot \rho$$

c. Gaya yang menahan

$$T = T_1 + T_2 \\ = 2t \cdot \tau$$

d. Supaya pipa tidak pecah

$$(2R \cdot \rho) < (2t \cdot \tau)$$

$$t > \frac{R \cdot \rho}{\tau}$$

dengan :

t = tebal pipa (mm)

R = jari-jari pipa (mm)

H = tinggi tekanan air

ρ = tekanan hidrostatik ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

P = tekanan air ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

γ = berat jenis air ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

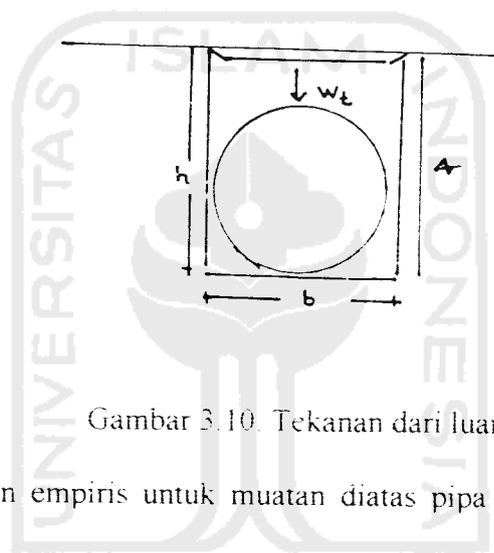
τ = tegangan tarik ijin pipa ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

2. Tekanan dari luar

Pipa yang ditanam akan menerima beban tegak lurus akibat dari penurunan bahan urugan yang menimbulkan tekanan pada tanah kemudian

diteruskan ke pipa. Besar nilai beban selain dari pipa juga tergantung dari kekuatan pipa, luas hamparan pipa dan sifat bahan urugan.

Pipa kaku (beton, besi, baja) secara material tidak berubah bentuk kecuali retak. Sebaliknya pipa lentur PVC (Poly Vinyl Chlorida) dapat berubah bentuk tanpa terjadi retak.



Gambar 3.10. Tekanan dari luar

Persamaan empiris untuk muatan diatas pipa lentur (TSDA I, Ray K. Linsley dan Joseph B. Franzini, 1978) adalah :

$$W_t = C_p \cdot \gamma \cdot A \cdot D$$

dengan :

W_t = tekanan yang terjadi ($\text{kN} \cdot \text{m}^2$)

C_p = koefisien bahan urugan

γ = berat jenis bahan urugan ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)

A = tinggi timbunan (m)

b = lebar timbunan (m)

D = diameter pipa (m)

Beban yang diterima karena tebal pipa :

$$W_a = \frac{t \cdot \tau}{R}$$

$$W_a > W_t$$

dengan :

W_a = tekanan ijin pipa

R = jari-jari pipa

t = tebal pipa

τ = tegangan tarik ijin

3. Angkur blok *Trust Block*

Angkur blok digunakan untuk menahan gaya-gaya dorong yang terjadi pada sistem pipa. Pipa yang diberi tekanan (dari pompa) atau air yang mengalir pada jaringan pompa mengalami perubahan diameter dan arah, maka pada pipa tersebut akan timbul gaya dorong yang dapat menggeser kedudukan jaringan pipa sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada pipa (Hand Out TDC, Dirjen Cipta Karya, 1998).

Untuk menahan gaya dorong tersebut, pada tempat-tempat kritis pada jaringan pipa perlu dijangkarkan pada blok (pasangan batu 1:3:5). Tempat-tempat kritis pada jaringan pipa yang memerlukan penjangkaran antara lain pada :

- a. pipa berubah arah (dalam bidang datar atau vertikal)
- b. Perubahan diameter pipa (besar-kecil atau sebaliknya)

- c. Ujung akhir pipa
- d. Bagian yang diperkirakan timbul gaya dorong, misalnya pada sambungan dan katup pipa
- e. Tanah pendukung pipa tidak stabil

Gaya dorong yang diterima angkur blok diteruskan ke tanah dasar atau dinding parit galian melalui bidang kontak. Luas bidang kontak yang diperlukan tergantung dari :

- a. Tekanan air dalam pipa
- b. Tekanan tanah izin

Untuk perencanaan, besarnya tekanan air yang diperhitungkan diambil dari tekanan maksimum yang diizinkan dari kelas pipa atau tekanan pengujian lapangan (pilih yang terbesar).

Tabel 3.5. Tekanan Tanah Izin

Jenis tanah	Tekanan tanah izin (kg/cm ²)
Tanah liat lunak	0,25
Pasir	0,50
Pasir berkerikil	0,75
Pasir padat	1,0
Cadas	2,5

Sumber : Dirjen Cipta Karya, 1998

Luas bidang kontak yang diperlukan (Dirjen Cipta Karya) :

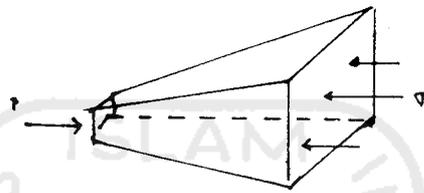
$$A = \frac{P}{\sigma}$$

dengan

A = luas perlu (cm²)

P = gaya dorong (kg)

σ = tekanan tanah izin (kg/ cm²)



Gambar 3.11. Angkur Blok

Untuk penggunaan praktis guna perencanaan ankur blok, besarnya gaya dorong untuk tiap-tiap keadaan telah dihitung untuk diameter dalam pipa dengan tekanan air sebesar 10 mka.

Tabel 3.6. Nilai-nilai Hasil Perhitungan Gaya Dorong (Dirjen Cipta Karya, 1998)

Diameter dalam pipa	Gaya dorong untuk tekanan air setiap 10 mka					
	Tee atau Tutup pipa	Lengkungan (Bend)				
		90°	45°	30°	22 ½ °	11 ¼ °
mm	kg	kg	kg	kg	kg	kg
100	78	111	60	41	31	16
150	176	250	135	92	69	35
155	188	267	145	98	74	37
175	239	340	184	125	94	47
195	297	422	229	155	117	59
200	312	444	240	163	123	62
250	488	694	375	254	192	97
300	702	999	540	366	276	139
350	956	1360	735	498	375	189
400	1428	1776	960	651	490	247
450	1580	2248	1215	823	620	312
500	1950	2775	1500	1016	766	285

3.8. Survey Topografi

Survey topografi menggunakan peta topografi skala 1 : 50000 yang digunakan untuk menentukan :

1. Luas daerah pelayanan
2. Lokasi Intake
3. Beda tinggi sumber air baku dengan daerah pelayanan
4. Jarak antara sumber air baku dengan daerah pelayanan
5. Lokasi reservoir
6. Bangunan pelepas tekan (jika diperlukan)
7. Jalur pipa transmisi dan distribusi
8. Jaringan pipa transmisi dan distribusi memanjang dan melintang
9. Perlengkapan pipa yang diperlukan