

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Sumber Daya Air dan perencanaan

Berdasarkan Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air, sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Sedangkan Pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air.

Menurut Sanim (2011) sumber daya air adalah kemampuan dan kapasitas potensi air yang dapat dimanfaatkan oleh kegiatan manusia untuk kegiatan sosial ekonomi.

Air bersih merupakan air yang memenuhi syarat kualitas air (standar kualitas air bersih) yang telah ditentukan (Badan Resmi atau Pemerintah) sehingga jika digunakan tidak berbahaya bagi para pemakai (konsumen) dan tidak merusak peralatan dalam penggunaannya. (Cristian, dkk, 2002 pusat Pendidikan Latihan Kimpraswil).

Air merupakan kebutuhan yang penting bagi kehidupan manusia. Manusia tidak dapat melanjutkan kehidupannya tanpa penyediaan air yang cukup dalam segi kuantitas dan kualitasnya. Air digunakan untuk berbagai macam kebutuhan seperti kebutuhan domestik, industri dan lingkungan. Penyediaan air yang direncanakan dengan baik secara sistematis dan teknis menjadi syarat mutlak bagi pembangunan masyarakat. (Klaas, 2009. Desain Jaringan Pipa).

Perencanaan merupakan suatu proses dengan mengadakan persiapan-persiapan atau membuat suatu program yang diperlukan untuk mewujudkan suatu tujuan tertentu, tujuan yang dimaksud adalah pengadaan jaringan air bersih dalam bentuk perencanaan yang dituangkan dalam pekerjaan perhitungan dan penggambaran.

2.2 Sumber Air

Sumber air dalam sistem penyediaan air merupakan suatu komponen yang mutlak harus ada, karena tanpa sumber air sistem penyediaan air tidak akan berfungsi. Berdasarkan daur hidrologi, di alam ada beberapa jenis sumber air dimana masing-masing mempunyai karakteristik spesifik.

2.2.1 Kategori Sumber Air

Menurut Sutrisno (1991) secara umum sumber-sumber air dapat dikategorikan sebagai berikut :

a. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3% sehingga tidak memenuhi syarat untuk diminum.

b. Air Hujan

Pada umumnya air hujan bersifat lebih bersih tapi juga dapat bersifat korosif.

c. Air Permukaan (*Surface Water*)

1) Air waduk (berasal dari air hujan)

2) Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air)

3) Air danau (berasal dari air hujan, air sungai atau mata air)

d. Air tanah

Air tanah dibagi menjadi 3, yaitu:

1) Air tanah dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air permukaan tanah. Air tanah dangkal terdapat pada kedalaman kurang lebih 15 meter.

2) Air tanah dalam

Terdapat setelah lapis rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tidak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya (biasanya antara 100 – 300 m) akan didapatkan suatu lapisan air.

3) Mata air

Mata air adalah tempat dimana air tanah keluar kepermukaan tanah. Keluarnya air tanah tersebut secara alami dan biasanya terletak di lereng – lereng gunung atau sepanjang tepi sungai

2.2.2 Persyaratan Penyediaan Air Bersih

a. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air bersih. Persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut :

1) Persyaratan fisik

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu juga suhu air bersih sebaiknya sama atau mendekati suhu udara.

2) Persyaratan kimiawi

Air bersih tidak boleh mengandung bahan – bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan kimia antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO₂ agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), *chlorida* (Cl), *nitrit*, *flourida* (F), serta logam.

3) Persyaratan bakteriologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan bakteriologis ini ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. Coli* atau *fecal coli* dalam air.

b. Persyaratan Kuantitas

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi dan skala perkotaan tempat tinggalnya.

c. Persyaratan Kontinuitas

Arti kontinuitas disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan.

2.3 Kebutuhan Air Bersih

Menurut Kodoatie(2008),kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia. Dalam

pemenuhan kebutuhan air bersih ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain:

2.3.1 Standar Kebutuhan Air Bersih

Besarnya kebutuhan air bersih suatu wilayah sangat tergantung pada jumlah penduduknya. Penduduk dapat dibedakan sebagai penduduk desa dan penduduk kota. Adanya perbedaan standar kebutuhan air untuk penduduk desa dan penduduk kota dilakukan berdasarkan pertimbangan bahwa penduduk kota (rumah tangga) cenderung memanfaatkan air secara berlebihan untuk keperluan tertentu dibandingkan dengan penduduk desa.

1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan akan air bersih dari tiap-tiap rumah tangga, yang meliputi kebutuhan yang untuk masak, minum, mandi, cuci, kebersihan diri, menyiram tanaman, halaman dan mencuci kendaraan.

Kebutuhan akan air bersih tiap orang (liter/orang/hari) tergantung dari daerah pelayanan berdasarkan kategori wilayah, apakah dikota metropolitan kota besar dan sebagainya.

Perhitungan kebutuhan air domestik, di pengaruh pula oleh tingkat pertumbuhan penduduk, apakah secara aritmatik dan geometrik atau lainnya, yang tentu saja akan berpengaruh terhadap proyeksi pertambahan penduduk yang berkaitan dengan perancangan sistem penyediaan air bersih daerah tersebut.

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih Dan Standar Kebutuhan Air Domestik

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) L/o/h	190	70	130	100	80
2	Konsumsi Unit Hidran (HU) L/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik l/o/h (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	25-34
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
5	Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5		6	6	10
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (m)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas Pu, 2000

Kebutuhan air domestik (D) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$D = P_n \times P_A \times T_P \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

D = Kebutuhan domestik (liter/hari atau liter/detik)

P_A = Pemakaian air (liter /orang /hari)

T_P = Tingkat pelayanan (%)

Persentase

2. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan air non domestik merupakan kebutuhan akan air bersih bagi masyarakat di luar kebutuhan untuk rumah tangga yang meliputi kebutuhan untuk sosial, ibadah, industri, rekreasi, pelabuhan dan niaga.

Kebutuhan akan air bersih tiap orang (liter/orang/hari) tergantung dari macam kegiatan yang dilakukan misalnya kebutuhan yang untuk di rumah sakit, akan berbeda dengan kebutuhan yang di gunakan di sekolah, atau rumah ibadah. Begitu juga di tempat rekreasi dengan di industri atau pertokoan dan sebagainya.

Perhitungan kebutuhan air domestik dapat di perkirakan secara presentase dari kebutuhan domestik (misalnya 25% atau 30%) tetapi untuk memperoleh hasil yang lebih tepat lebih baik di perhitungkan secara detail berdasarkan data hasil survei dan pengelolaan data yang di lakukan sebagai

pedoman untuk menghitung kebutuhan tersebut dapat di gunakan data-data dari hasil penelitian para ahli yang telah menetapkan ketentuan tiap orang (liter/hari) pada tiap-tiap kegiatan apakah untuk sosial maupun industri niaga, dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Kebutuhan Konsumsi Air Konsumen Non Domestik

KATEGORI		KEBUTUHAN AIR
Umum	Masjid	25-40 L/orang/hari
	Gereja	5-15 L/orang/hari
	Terminal	15-20 L/orang/hari
	Sekolah	15-30 L/orang/hari
	Rumah Sakit	220-300 L/tempat tidur/hari
	Kantor	25-40 L/orang/hari
Industri	Peternakan	10-35 L/ekor/hari
	Industri Umum	40-400 L/orang/hari
Komersil	Bioskop	10-15 L/kursi/hari
	Hotel	80-120 L/orang/hari
	Rumah Makan	65-90 L/meja/hari
	Pasar/Toko	5 L/m ² /hari

Sumber: Jurnal Sistem Penyaluran Air Minum, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya 2010

Untuk mengetahui pertambahan penduduk tiap tahun maka

Pertambahan penduduk = jumlah penduduk tahun sesudah – jumlah penduduk tahun sebelum..... (2.2)

Untuk mengetahui persentase perkembangan penduduk suatu wilayah di tiap tahun sabagi berikut :

$$\text{persentase perkembangan} = \frac{\text{jumlah penduduk tahun sesudah}}{\text{jumlah penduduk tahun sbelum}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Kebutuhan air domestik (D) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

ND diasumsikan 25 – 30 % dari kebutuhan domestik (D)

$$ND = 30\% \times D \dots\dots\dots (2.4)$$

2.3.2 Peruntukan Air Bersih

- a. Rumah tangga, yang mencakup mandi/cuci, air minum, penggunaan di dapur, penggunaan tingkat rumah tangga (menyiram tanaman dan halaman)

- b. Lembaga tata usaha komersil, yang mencakup Rumah Sakit (RS), sekolah, kantor, hotel, restaurant, pasar dan sarana olah raga.
- c. Fasilitas peribadatan
- d. Sarana perhubungan (sarana terminal, pelabuhan dan lain – lain)
- e. Industri
 - 1) Industri yang melakukan proses bahan mentah
 - 2) Industri yang melakukan pembersihan dan pengulasan sisa – sisa produksi
 - 3) Industri yang melakukan ketel uap

2.3.3 Penggolongan Pemakaian Air Bersih

Sesuai dengan penggunaannya maka pemakaian air digolongkan menjadi lima golongan:

- a. Golongan sosial
 - 1) Umum : terdiri atas kran umum, kamar mandi umum, WC umum
 - 2) Khusus : terdiri atas Puskesmas, klinik pemerintah, tempat ibadah
- b. Golongan non niaga
 - 1) Rumah tangga
 - 2) Instansi pemerintah: sarana instansi, pemerintah, lembaga – lembaga pemerintah, kolam umum.
- c. Golongan niaga
 - 1) Niaga kecil: warung, toko, penginapan, RS swasta, dan kantor perusahaan
 - 2) Niaga besar: hotel dan restaurant, bengkel dan tempat hiburan
- d. Golongan industri
 - 1) Industri kecil: industri rumahan, pengrajin
 - 2) Industri besar: pabrik minuman, pabrik es, dan industri Perikanan
- e. Golongan khusus
 - 1) Pelabuhan laut
 - 2) Pelabuhan sungai

2.3.4 Jumlah Pengguna Air Bersih

Tingginya pemakaian air juga tergantung pada penambahan pengguna. Untuk mengetahui jumlah kebutuhan air, selain jumlah pengguna saat sekarang perlu juga diketahui jumlah pengguna untuk 20 tahun yang akan datang. Pertambahan pengguna dapat dianalisis dengan menggunakan tiga metode di bawah ini :

- a. Metode Aritmatik

$$P_n = P_o + (n.q)P_o \dots\dots\dots(2.5)$$

- b. Metode Geometrik

$$P_n = P_o . (1 + q)^n \dots\dots\dots(2.6)$$

- c. Metode Eksponensial

$$P_n = P_o . e^{n \cdot q} \dots\dots\dots(2.7)$$

Di mana :

P_n = Jumlah pengguna pada tahun rencana.

P_o = Jumlah pengguna pada tahun dasar.

n = Selisih tahun terhadap tahun dasar.

q = Tingkat perkembangan pengguna.

e = Bilangan ekponensial = 2,718282

Untuk menentukan nilai q maka dicari jumlah persentase selisih nilai kenaikan dan penurunan selama 20 (dua puluh) tahun dibagi dengan selisih tahun terhadap tahun dasar dan dapat dihitung dengan rumus (Furqon, 2008):

$$q = \frac{\text{Jumlah Persentase}}{n-1} \dots\dots\dots(2.8)$$

Di mana :

q = Tingkat perkembangan pengguna.

n = Selisih tahun terhadap tahun dasar.

Selanjutnya dilakukan pemilihan metode yang akan dipergunakan dalam perhitungan kebutuhan air, maka perlu dilakukan perhitungan standar deviasi dari ketiga metode tersebut.

Berikut ini rumus standar deviasi atau simpangan baku (s) yaitu (Furqon, 2008: 65):

$$S = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

S = Standar deviasi

X_i = Variabel independen (Jumlah pengguna)

n = Jumlah sampel (banyaknya data)

Metode perhitungan proyeksi pengguna yang paling tepat adalah yang memberikan harga standar deviasi terkecil. Semakin kecil standar deviasi, maka data akan semakin seragam (homogen) dan sebaliknya standar deviasi semakin besar, maka data semakin bervariasi (Furqon, 2008:65).

2.3.5 Jumlah Fasilitas Pemakai Air Bersih

Selain jumlah pengguna, juga perlu diketahui jumlah fasilitas – fasilitas umum yang ada di Desa Baraler dan untuk memproyeksikan jumlah fasilitas – fasilitas umum dapat dihitung dengan rumus (Lambe, 1982):

$$F_n = K \cdot F_o \dots\dots\dots (2.10)$$

$$K = P_n / P_o \dots\dots\dots (2.11)$$

Di mana :

K = Proyeksi jumlah fasilitas umum.

F_n = Jumlah fasilitas pada tahun rencana.

F_o = Jumlah fasilitas pada tahun dasar.

P_n = Jumlah pengguna pada tahun rencana.

P_o = Jumlah pengguna pada tahun dasar.

2.3.6 Jumlah Kebutuhan Air Bersih Suatu Wilayah Pada Tahun Rencana

Setelah diketahui jumlah pengguna rencana (P_n) dan jumlah fasilitas tahun rencana (F_n) maka dapat diketahui jumlah kebutuhan air bersih suatu wilayah atau debit rencana (Q_r), yaitu dengan rumus (Lambe, 1982):

$$Q_r = (P_n \cdot q) + (F_n \cdot q) \dots\dots\dots (2.12)$$

Di mana :

Q_r = Debit rencana (m³/det).

P_n = Jumlah pengguna pada tahun rencana.

F_n = Jumlah fasilitas pada tahun rencana.

q = Besarnya kebutuhan air (ltr/org/hr).

kehilangan air dengan rumus:

$$K_a = 20\% \times Q_r \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan

K_a = Kehilangan Air (m³/det)

Q_r = debit rencana (m³/det)

Setelah diketahui besarnya debit rencana (Q_r) dan kehilangan air (K_a) maka dilakukan perhitungan kebutuhan air total, yaitu dengan rumus:

$$T = Q_r + K_a \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

T = Kebutuhan Total (m³/det)

K_a = Kehilangan Air (m³/det)

Q_r = debit rencana (m^3/det)

2.4 Sistem Distribusi

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari *reservoir* ke daerah layanan (konsumen).

2.4.1 Sistem Pengaliran

Distribusi air bersih dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung kondisi topografi dari sumber air ke konsumen, yaitu:

a. Cara gravitasi

Dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah layanan. Cara ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

b. Cara pemompaan

Digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari *reservoir* distribusi ke konsumen. Cara ini digunakan untuk daerah pelayanan yang datar dan tidak ada daerah berbukit.

c. Cara gabungan

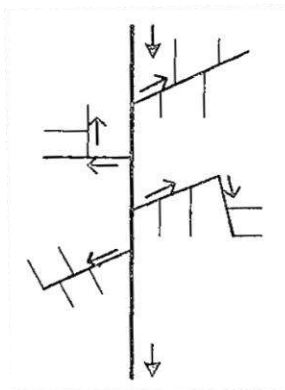
Pada cara gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi pada kondisi darurat, misalnya jika terjadi kebakaran dan tidak ada energi. Sisa air dipompakan dan disimpan dalam *reservoir* distribusi, karena *reservoir* distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.

2.4.2 Jaringan distribusi

Menurut Joko (2010), jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengalirkan air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai:

a. Sistem cabang (*branch*)

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang suatu pohon. Pipa induk utama tersambung dengan pipa sekunder dan dari pipa sekunder tersambung ke pipa pelayanan. Gambar jaringan distribusi sistem cabang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Keterangan :

 Saluran utama (primer)
 Saluran cabang (sekunder)

Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Sistem Cabang.

Sumber: Joko, 2010:19.

Sistem cabang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan antara lain:

1) Kelebihan sistem cabang (*branch*) adalah:

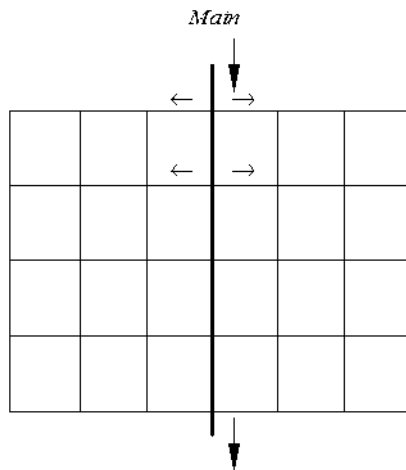
- a) Sistem ini sederhana dan desain jaringannya juga sederhana.
- b) Cocok untuk daerah yang sedang berkembang.
- c) Pengambilan dan tekanan pada titik manapun dapat dihitung dengan mudah.
- d) Pipa dapat ditambahkan (pengembangan kota).
- e) Dimensi pipa lebih kecil karena hanya melayani populasi yang terbatas.
- f) Membutuhkan beberapa katup.

2) Kekurangan sistem cabang (*branch*) adalah:

- a) Saat terjadi kerusakan, air tidak ada sementara waktu.
- b) Tidak cukup air untuk memadamkan kebakaran karena suplai hanya dari pipa tunggal.
- c) Pada jalur buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi.

b. Sistem *gridiron*

Pipa induk utama dan sekunder terletak dalam kotak serta pipa pelayanannya saling berhubungan. Sistem ini paling banyak digunakan. Gambar jaringan distribusi sistem cabang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Keterangan :

———— Saluran utama (primer)

Saluran cabang (sekunder)

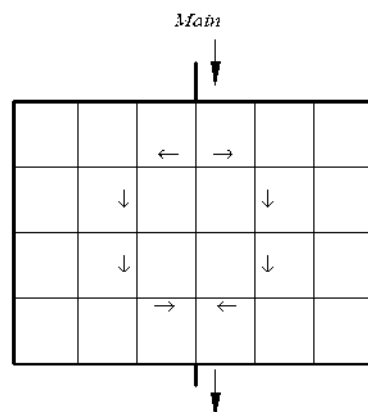
Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Sistem *Gridiron*.

Sumber: Joko, 2010:19.

Jaringan distribusi sistem *gridiron* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan sistem *gridiron* yaitu air dalam sistem mengalir bebas ke beberapa arah; ketika ada perbaikan pipa, pipa tersebut tetap mendapat air dari pipa lain dan jika terjadi kebakaran maka air tersedia di semua arah untuk memadamkan api. Sedangkan kekurangan sistem ini adalah perhitungan ukuran pipa lebih rumit serta membutuhkan banyak pipa dan sambungan.

c. Sistem *loop*

Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan kedua pipa induk utama. Gambar jaringan distribusi sistem *loop* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Keterangan :

———— Saluran utama (primer)

———— Saluran cabang (sekunder)

Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Sistem *Loop*.

Sumber: Joko, 2010:19.

Jaringan distribusi sistem *loop* memiliki beberapa kelebihan yaitu setiap titik mendapat suplai dari dua arah; saat terjadi kerusakan pipa maka air dapat disediakan dari arah lain; jika terjadi kebakaran, air tersedia dari segala arah untuk memadamkan api serta desain pipa lebih mudah. Namun sistem *loop* ini membutuhkan lebih banyak pipa.

2.5 Kehilangan Energi Pada Pipa

Menurut Klass (2009), dalam pengaliran air dari hulu ke hilir, fluida bergerak mengalami kehilangan energi. Kehilangan energi ini dapat berakibat pada semakin kecilnya nilai tinggi tekan atau kecepatan, sehingga berakibat pada semakin kecilnya debit. Pada penerapan kehilangan energi lebih sering disebut dengan kehilangan tinggi tekanan air.

1. Kehilangan Tinggi Total

Kehilangan tinggi total (*head losses*) adalah *head* atau kerugian-kerugian dalam aliran pipa yang terdiri atas *major losses* dan *minor losses*. *Major losses* merupakan kehilangan tinggi karena tahanan oleh permukaan pipa sedangkan *minor losses* adalah kehilangan tinggi karena tahanan oleh bentuk pipa.

$$h_l = h_f + h_m \dots\dots\dots (2.15)$$

Di mana :

h_l = Kehilangan tinggi total (m).

h_f = Kehilangan tinggi karena tahanan oleh permukaan pipa (m).

h_m = Kehilangan tinggi karena tahanan oleh bentuk pipa (m).

a. Kehilangan tinggi besar(*major losses*), h_f

Kehilangan energi akibat gesekan dengan dinding pipa di aliran seragam dapat dihitung dengan Persamaan Darcy-Weisbach

$$h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.16)$$

Di mana :

h_f = Kehilangan energi oleh tahanan permukaan pipa(m)

f = Koefisien tahanan permukaan pipa atau dikenal dengan Darcy – Weisbach faktor gesekan

- L = Panjang pipa (m)
- d = Diameter pipa (m)
- V = Kecepatan aliran (m/dtk)
- g = Percepatan gravitasi (m/dtk²)

Diantara faktor – faktor di atas, faktor gesek (f) merupakan salah satu faktor yang sulit penentuannya. Kesulitan ini karena faktor gesek juga tergantung pada jenis aliran dan pipa yang digunakan. Jika diketahui komponen debit Q dan luas penampang A, maka persamaan menjadi (Klass, 2009 :16):

$$h_f = \frac{8.f.L.Q^2}{\pi^2.g.d^5} \dots\dots\dots (2.17)$$

Di mana :

- h_f = Kehilangan energi oleh tahanan permukaan pipa (m)
- f = Koefisien tahanan permukaan pipa atau dikenal dengan Darcy – Weisbach faktor gesekan
- L = Panjang pipa (m)
- Q = Debit air (m³/dtk)
- π = Perbandingan keliling lingkaran dengan diameternya(3,14)
- g = Percepatan gravitasi (m/dtk²)
- d = Diameter pipa (m)

$$HGL = HGL_{awal} - H_{Imayor+minor} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

- f = Koefisien kerugian gesek
- L = Panjang pipa (m)
- D = Diameter dalam pipa (m)
- V = Kecepatan aliran fluida (m/det)
- g = Percepatan gravitasi (m/det²)
- HGL = *Hydraulic Grade Line*/Garis Tinggi Hidrolis (m)

Besarnya koefisien gesek(*f*) dapat diketahui dari jenis aliran yang terjadi. Untuk aliran laminar, besarnya koefisien gesek(*f*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{64}{R_e} \dots\dots\dots (2.19)$$

Untuk aliran turbulent, besarnya koefisien gesek (f) dapat dihitung dengan persamaan *Darcy*, Rumus ini berlaku atas dasar kerugian head untuk panjang pipa ratusan meter.

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana:

D = diameter dalam pipa (m)

dapat juga melalui *Moody Diagram* dengan menarik garis harga R_e diplotkan harga Relative Roughness $\left(\frac{\varepsilon}{D}\right)$.

Berikut langkah – langkah yang digunakan untuk menentukan nilai f :

- 1) Menentukan Bilangan Reynolds (Klass, 2009:17)

$$R = \frac{V \cdot d}{\nu} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

R = Bilangan Reynolds

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

d = Diameter pipa (m)

ν = Kekentalan kinematik (m^2/dtk) = $\frac{\mu}{\rho}$

μ = Kekentalan absolut ($kg/m.dtk$) atau ($N.dtk/m^2$).

ρ = Rapat massa fluida (kg/m^3)

$$\nu = 1.792 \times 10^{-6} \left(1 + \left[\frac{T}{25} \right]^{1.165} \right)^{-1} \dots\dots\dots (2.22)$$

Di mana:

T = Suhu ($^{\circ}C$)

Tabel 2.3 sifat – sifat fisik air (ε)

T	P yapotar	P	v
C	10'Pa	kg/m3	10^6 m2/s
0	0,00611	1000	1,792
4	0,00813	1000	1,568
10	0,01227	999,7	1,307
20	0,02337	998,2	1,004
25	0,03166	997,1	0,893
30	0,04241	995,7	0,801
40	0,07375	992,3	0,658
50	0,12335	988,1	0,554
60	0,1992	983,2	0,475
70	0,31162	977,8	0,413
80	0,4736	971,7	0,365
90	0,70109	965,2	0,326
100	1,01325	958,2	0,294

Sumber: Sularso Pompa & Kompresor

Sedangkan kecepatan aliran dalam pipa dapat dihitung dengan persamaan(Triatmodjo,1996:28) berikut:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (2.23)$$

maka

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.24)$$

Di mana:

Q = Debit aliran (m³/dtk)

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

A = Luas penampang pipa (m²)

Luas penampang pipa(A) dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \dots\dots\dots (2.25)$$

Di mana :

A = Luas penampang pipa (m²)

π = 3,14

d = Diameter pipa (m)

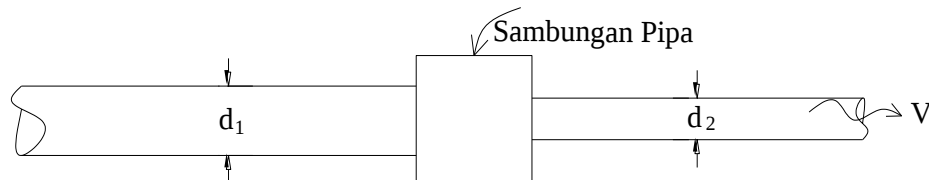
b. Kehilangan energi karena tahanan oleh bentuk pipa (*minor losses*)

Kehilangan ini disebabkan oleh gangguan lokal terhadap aliran normal dalam pipa. Beberapa contoh gangguan lokal tersebut adalah lubang masuk

dan keluar ke dan dari dalam pipa, perubahan bentuk penampang tiba-tiba (penyempitan dan pembesaran), belokan pipa, halangan (tirai, pintu air), perlengkapan pipa (katup dan percabangan).

1) Kehilangan energi akibat penyempitan

Kehilangan energi akibat penyempitan penampang diakibatkan adanya tumbukan antar partikel zat cair dan meningkatnya gesekan karena turbulensi. Contoh penyempitan penampang pipa dapat dilihat pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27 Penyempitan Penampang Pipa
Sumber: Kodoatie, R.J., 2002:234.

Kehilangan energi akibat penyempitan dapat dihitung dengan rumus (Kodoatie, 2002:246) :

$$h_c = k_c \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2.26)$$

Di mana:

- h_c = Kehilangan energi akibat penyempitan tampang (m).
- k_c = Koefisienkehilangan energi akibat penyempitan tampang.
- V_2 = Kecepatan alirandengan d_2 (m/dtk) (dihilir penyempitan).
- g = Percepatan gravitasi (9.81 m/dtk²).

Nilai K_c untuk berbagai nilai d_2/d_1 tercantum dalam Tabel 2.4.

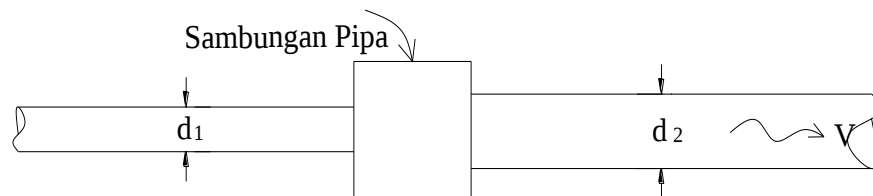
Tabel 2.4 Harga Koefisien Contration (k_c)

d_2/d_1	0	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
k_c	0.50	0.45	0.38	0.28	0.14	0

Sumber : Kodoatie, 2002:246.

2) Kehilangan energi akibat pembesaran penampang

Kehilangan energi akibat pembesaran penampangyang disebabkan adanya tumbukan antar partikel zat cair karena perubahan penampangsehingga terjadi peningkatan gesekan karena turbulensi. Contoh pembesaran penampang pipa dapat dilihat pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28 Pembesaran Penampang Pipa
Sumber: Kodoatie.R.J,2002;234.

Kehilangan energi akibat pembesaran penampang dapat dihitung dengan rumus (Kodoatie,2002:246):

$$h_e = k_e \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots (2.27)$$

Di mana:

- h_c =Kehilangan energi akibat penyempitan tampang (m)
- k_c =Koefisien kehilangan energi akibat penyempitan tampang
- V_1 = Kecepatan aliran dengan d_1 (m/dtk) (dihilir penyempitan)
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dtk²)

$$k_e = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana:

- k_e = Koefisien kehilangan energi akibat pembesaran tampang
 - A_2 = Luas penampang pipa 2 (m²)
 - A_1 = Luas penampang pipa 1 (m²)
- Koefisien Kehilangan (k_e) Akibat Perbesaran Penampang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

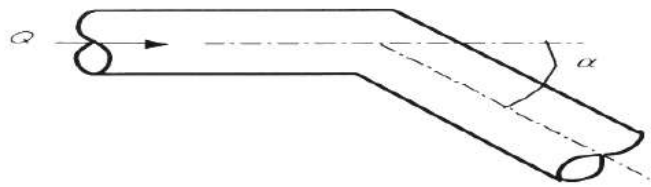
Tabel 2.5 Koefisien Kehilangan (k_e) Akibat Perbesaran Penampang

A	10°	20°	30°	40°	50°	60°
k_e	0.078	0.31	0.49	0.60	0.67	0.72

Sumber : Triatmodjo, 2003:63.

3) Kehilangan energi akibat belokan:

Belokan pada pipa mengakibatkan kehilangan energi. Hal ini diakibatkan meningkatnya tekanan pada bagian luar pipa dan menurun pada bagian dalam pipa. Gambar 2.29 menunjukkan contoh belokan pada pipa.



Gambar 2.29 Belokan Pada Pipa
 Sumber: Klass.K.S.Y, 2009;42.

Kehilangan energi akibat belokan pada pipa dapat dihitung menggunakan rumus (Triatmodjo, 2003: 64):

$$h_b = k_b \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.29)$$

Di mana:

- h_b = Kehilangan energi akibat belokan pipa (m).
- k_b = Koefisien kehilangan pada belokan pipa.
- V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/dtk).
- g = Percepatan gravitasi (m/dtk²).

Koefisien kehilangan (k_b) pada belokan pipa, merupakan fungsi jenis dinding dan sudut belokan terhadap bidang horizontal (α) sebagaimana terlihat dalam Tabel 2.6.

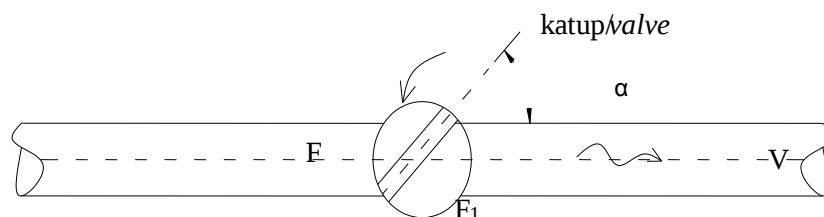
Tabel 2.6 Koefisien Kehilangan (k_b) pada Belokan Pipa

A	20°	40°	60°	80°	90°
k_b	0,046	0,139	0,364	0,740	0,984

Sumber : Triatmodjo, 2003:64.

4.) Kehilangan energi akibat katup (valve)

Pemasangan katup pada instalasi adalah untuk pengontrolan kapasitas, tetapi dengan pemasangan katup tersebut akan mengakibatkan kerugian energi aliran karena aliran dicekik.



Gambar 2.30 Sketsa Potongan Aliran dalam Pipa yang Melalui Katup/Valve
 Sumber: Gandakoesuma, 1970:112

Perumusan untuk menghitung kehilangan energi akibat pemasangan katup adalah sebagai berikut (Kodoatie.R.J,2002;246):

$$h_v = n.k_v \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.30)$$

Di mana:

h_v = Kehilangan energy akibat katup/valve (m)

n = Jumlah katup/valve

k_v = Koefisien kehilangan energi akibat katup/valve

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/dtk²)

k_v adalah koefisien kehilangan di katup/valve. Nilai k_v ini sangat tergantung pada jenis katup/valve dan bukaannya, biasanya pada katup/valve diberikan spesifikasi teknisnya untuk bisa mengetahui besarnya k_v . Harga k_v dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Harga k_v untuk Penampang Pengaliran Berbentuk Lingkaran

α	10 ⁰	20 ⁰	30 ⁰	40 ⁰	50 ⁰	60 ⁰	70 ⁰
F_1/F	0.849	0.692	0.535	0.385	0.250	0.137	0.091
k_v	0.290	1.560	5.470	17.300	52.600	206.000	486.000

Sumber : Gandakoesoema,1970;112

2.6 Pompa

Pompa dapat digunakan atau dipandang sebagai alat untuk menambah debit dan tekanan. Pada sistem transmisi atau distribusi, perlu menggunakan pompa jika kondisi daerah yang direncanakan memiliki elevasi sumber air yang lebih rendah dari pemukiman. Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air yang direncanakan.

2.6.1 Spesifikasi pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat fluida yang diberikan oleh pompa, sehingga fluida mengalir dari suction ke discharge. Head pompa terdiri atas :

a. Head Statis

Head Statis Meliputi :

- i) *Pressure Head*

Merupakan energi yang terdapat pada fluida akibat perbedaan tekanan antara suction reservoir dengan discharge reservoir.

ii) *Elevation Head*

Merupakan head yang terjadi akibat beda ketinggian dari permukaan fluida di suction reservoir dengan permukaan fluida di discharge reservoir dengan sumbu pompa sebagai acuannya. Sehingga dengan demikian ada dua kondisi instalasi, yaitu: *Suction Head*. Kondisi instalasi pipa, dimana permukaan fluida hisap terletak diatas sumbu pompa. Bersarnya *elevation head* adalah:

$$H_a = H_d - H_s \dots\dots\dots(2.31)$$

dimana :

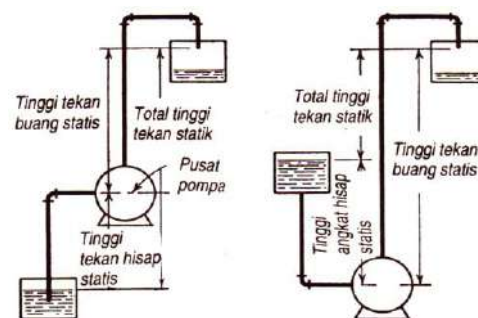
H_d = Head discharge (m)

H_s = Head suction (m)

iii) *Suction Lift*

Kondisi instalasi pipa, dimana permukaan fluida terletak dibawah sumbu pompa. Besarnya *elevation head* adalah:

$$H_a = H_d + H_s \dots\dots\dots(2.32)$$



(a) *Suction Lift*

(b) *Suction Head*

Gambar 2.31 Instalasi Pada Pipa *Suction*

Sumber : *Pompa & Kompresor*

b. *Head Dinamis*

Head dynamis merupakan head pompa yang terdiri dari:

i) *Velocity Head*

Merupakan head yang disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan fluida di suction reservoir dengan di discharge reservoir

ii) *Head Loss*

Head Loss adalah kerugian aliran yang terjadi disepanjang saluran pipa, baik itu pipa lurus, belokan, saringan, katup dan sebagainya. *Head Loss*.

c. *Head Total Instalasi*

Merupakan pejumlahan dari head statis dengan head dinamis. Head ini menyatakan besarnya kerugian yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen-komponen yang ada. Head total instalasi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.33)$$

dimana:

H_{tot} : Head total pompa (m)

h_a : Head Statis total (m)

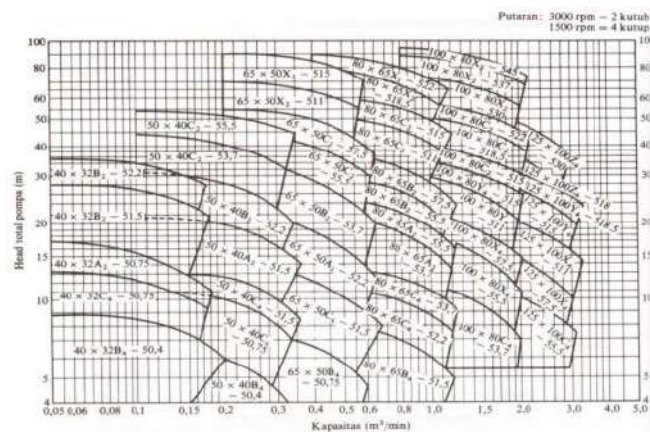
Δh_p : Perbedaan tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

h_l : Berbagai kerugian head pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)

$V^2/2g$: Head kecepatan keluar (m)

g : Percepatan gravitasi $9,81(m/s^2)$

Untuk pemilihan pompa digunakan diagram dibawah ini. Dengan cara menarik garis lurus dari debit yang ada dengan satuan (m³/menit) dan head total pompa atau kehilangan energi total pada pompa pada pertemuan kedua garis tersebut maka dapat diketahui spesifikasi pompa yang akan digunakan.



Gambar 2.32 Diagram Pemilihan Pompa Umum
Sumber : Sularso Dan Harou T. 1996:52

Kehilangan tenaga terjadi pada pengaliran pipa 1 dan pipa 2 yaitu sebesar h_{f1} dan h_{f2} . Pada pipa 1 yang merupakan pipa isap, garis tenaga (garis tekanan) menurun sampai di bawah pipa. Bagian pipa di mana garis tekanan di bawah sumbu pipa mempunyai tekanan negatif. Sedang pipa 2 merupakan pipa tekan. Untuk menghitung kehilangan total pompa digunakan rumus:

$$h = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{V_d^2}{2g} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana:

h = Kehilangan energi total pompa (m).

h_a = Kehilangan energi statis total (m).

$h_a = h_s + h_d \dots\dots\dots (2.35)$

h_s = Perbedaan tinggi bak penampung A dengan pompa (m)

h_d = Perbedaan tinggi pompa dengan bak penampung B (m)

Δh_p = Perbedaan tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

h_1 = Berbagai kehilangan akibat gesekan, katup, belokan (m).

V_d = Kecepatan aliran (m/dtk).

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dtk²).

Tabel 2.8 Diameter Isap dan Cakupan Kapasitas Pompa (M³/Menit)

Diameter isap (mm)		40	50	65	80
Kapasitas	50 Hz	< 0.20	0.16-0.32	0.25-0.50	0.40-0.80
	60 Hz	< 0.22	0.18-0.36	0.28-0.56	0.45-0.90
Diameter isap (mm)		100	125	150	
Kapasitas	50 Hz	0.63-1.25	1.00-2.00	1.60-3.15	
	60 Hz	0.71-1.40	1.12-2.24	1.80-3.35	

Sumber: Sularso dan Tahara, H, 1996; 23

Tabel 2.9 Koefisien Kerugian dari Berbagai Katup

Jenis Katup	Diameter (mm)														
	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1350	1500
sorong	0.14	0.12	0.1	0.09	0.07										
kupu-kupu	0.6-0.16 (bervariasi menurut konstruksi dan diameternya)														
putar	0.09-0.026 (bervariasi menurut diameternya)														
cegah jenis ayun			1.2	1.15	1.1	1	0.98	0.96	0.94	0.92	0.9	0.88			
cegah tutup- cepat jenis tekan			1.2	1.15	1.1	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4			
cegah jenis angkat bebas	1.44	1.39	1.34	1.3	1.2										
kepak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9 - 0.5 (bervariasi menurut ϕ)				
isap(dgn saringan)	1.97	1.91	1.84	1.78	1.72										

Sumber: Sularso dan Tahara, H, 1996: 39

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga akan

timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Jika pompa dijalankan terus-menerus dalam keadaan kavitasi, akan menyebabkan kerusakan terhadap area impeler, sehingga pada akhirnya terjadi erosi. Performancenya jadi merosot, timbulnya suara dan getaran, serta rusaknya pompa merupakan kerugian-kerugian dari timbulnya kavitasi.

Net Positive Suction Head (NPSH)

Head isap positif net (NPSH) merupakan ukuran dari *head suction* terendah yang memungkinkan bagi cairan untuk tidak mengalami kavitasi. Ada dua macam NPSH, yaitu:

a. Net Positive Suction Head Available (NPSH_A)

NPSH_A dapat dirumuskan:

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{Ls} \dots\dots\dots (2.36)$$

dimana :

h_{sv} = NPSH yang tersedia pada instalasi (*m* kolom air).

$\frac{P_a}{\gamma}$ = Tekanan absolut diatas permukaan cairan pada suction reservoir

(*m* kolom air).

$\frac{P_v}{\gamma}$ = Tekanan uap cairan yang dipompa pada temperatur pemompaan

(*m* kolom air).

h_s = Head isap statis (*m* kolom air).

$\sum H_{Ls}$ = Head loss pada pipa isap (*m* kolom air).

b. Net Positive Suction Head Require (NPSH_R)

NPSH_R dapat dirumuskan:

$$H_{svn} = \sigma \times H_n \dots\dots\dots (2.47)$$

dimana :

H_{svn} : NPSH yang dibutuhkan (*m*)

σ : Koefisien kavitasi

H_n : Head total (*m*)

$$n_s = n \times \frac{Q^{0,5}}{H_n^{0,75}} \dots\dots\dots (2.38)$$

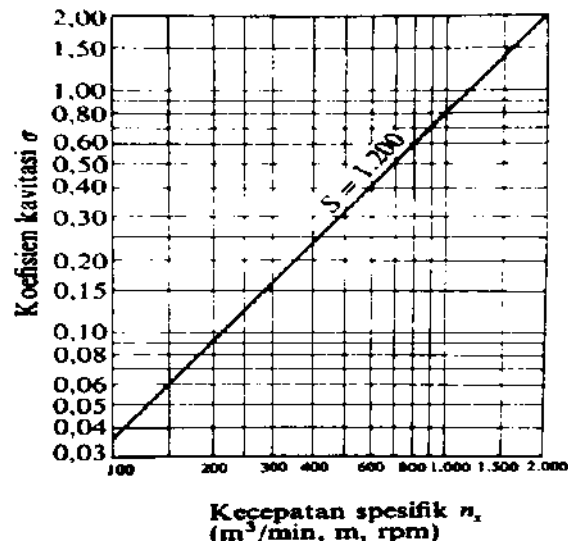
dimana :

n : kecepatan putaran dinamometer (rpm)

Q : Kapasitas (m^3/min)

Hn : Head total (m)

Nilai besaran σ (koefisien kavitasi)



Gambar 2.34 Grafik n_s & Koefisien Kavitasi

Sumber : Buku Sularso Pompa & Kompresor

Agar pompa tidak mengalami kavitasi NPSH_A harus lebih besar dari NPSH_R .

2.7 Pemilihan Jenis Pipa

Jenis pipa ditentukan berdasarkan material pipanya, seperti *cast iron* (CI), beton, baja, *asbestos cement*, *galvanized iron*, plastik dan *PVC*. Kelebihan dan kekurangan pemakaian pipa-pipa diuraikan sebagai berikut (Joko, 2009:154-157).

2.1.1 Nominal Pipe Size (NPS)

Merupakan penanda ukuran pipa berdimensi. Hal ini menunjukkan standar ukuran pipa bila diikuti dengan jumlah penunjukan ukuran tertentu tanpa simbol inch. *Diameter Nominal* (DN) juga merupakan penanda ukuran pipa berdimensi dalam satuan metric.

Tabel 2.10 Pipe size designators: NPS and DN

NPS Designator	DN Designator	Outside(luar) Diameter		Inside(dalam) Diameter		Wall Thickness (Ketebalan Dinding)		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (Kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (lb/ft)
1/8	6	0,405	10,3	0,269	6,8	0,068	1,73	0,24	0,37	0,25	0,37
1/4	8	0,54	13,7	0,364	9,2	0,088	2,24	0,43	0,63	0,43	0,63
3/8	10	0,675	17,1	0,493	12,5	0,091	2,31	0,57	0,84	0,57	0,84
1/2	15	0,84	21,3	0,622	15,8	0,109	2,77	0,85	1,27	0,86	1,27
3/4	20	1,05	26,7	0,824	20,9	0,113	2,87	1,13	1,69	1,14	1,69
1	25	1,315	33,4	1,049	26,6	0,133	3,38	1,68	2,5	1,69	2,5
1-1/4	32	1,66	42,2	1,38	35,1	0,14	3,56	2,27	3,39	2,28	3,4
1-1/2	40	1,9	48,3	1,61	40,9	0,145	3,68	2,72	4,05	2,74	4,04
2	50	2,375	60,3	2,067	51,6	0,154	3,91	3,66	5,44	3,68	5,46
2-1/2	65	2,875	73	2,469	62,7	0,203	5,16	5,8	8,63	5,85	8,67
3	80	3,5	88,9	3,068	77,9	0,216	5,49	7,58	11,29	7,68	11,35
3-1/2	90	4	101,6	3,548	90,1	0,226	5,74	9,12	13,57	9,27	13,71
4	100	4,5	114,3	4,026	102,3	0,237	6,02	10,8	16,07	10,92	16,23
5	125	5,563	141,3	5,047	158,2	0,258	6,55	14,63	21,77	14,9	22,07
6	150	6,625	168,3	6,065	154,1	0,28	7,11	18,99	28,26	19,34	28,58
8	200	8,625	219,1	7,981	202,7	0,322	8,18	28,58	42,55	29,35	43,73
10	250	10,75	273	10,02	254,5	0,365	9,27	40,52	60,29	41,49	63,36
Standard Pipe											
12'	300	12,75	323,8	12	304,8	0,375	9,52	49,61	73,78	51,28	76,21

Sumber : Sularso Pompa & Kompresor

2.7.1 Cast iron pipe

Pipa *cast iron* tersedia untuk ukuran panjang 3,7 dan 5,5 dengan Ø 50 – 900 mm, serta dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa.



Gambar 2.35 Cast Iron Pipe

Sumber: <https://www.indiamart.com/>

Cast iron pipe memiliki beberapa kelebihan yaitu harga tidak terlalu mahal, ekonomis karena berumur panjang (bisa mencapai 100 tahun), kuat dan tahan lama. Pipa ini juga memiliki kekurangan antara lain bagian dalam pipa lama kelamaan menjadi kasar sehingga kapasitas pengangkutan

berkurang, pipa berdiameter besar berat, cenderung patah selama pengangkutan dan penyambungan.

2.7.2 **Concrete pipe**

Diameter pipa beton mencapai 610 mm. Pipa RCC digunakan untuk $\varnothing > 2,5$ m dan bisa didesain untuk tekanan 30 m.



Gambar 2.36 Concrete Pipe

Sumber : <https://oldcastleprecast.com/>

Concrete pipe memiliki beberapa kelebihan yaitu bagian dalam pipa halus dan kehilangan akibat friksi paling sedikit, tidak berkarat atau terbentuk lapisan didalamnya, tahan lama, biaya pemeliharaan murah. *Concrete pipe* juga memiliki beberapa kekurangan yaitu cenderung patah selama pengangkutan, sulit diperbaiki, pipanya berat dan sulit digunakan.

2.7.3 **Steel pipe**

Steel pipe digunakan untuk memenuhi kebutuhan pipa yang berdiameter besar dan bertekanan tinggi. Pipa ini dibuat dengan diameter standar. *Steel pipe* juga dilindungi dengan lapisan semen mortar.



Gambar 2.37 Steel Pipe

Sumber : <https://usstubular.com/>

Steel pipe memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pipa ini adalah kuat, lebih ringan daripada pipa *cast iron*, dapat menahan tekanan

hingga 70 Mka (meter kolom air), mudah dipasang dan disambung. Sedangkan kekurangannya adalah daya tahan hanya 25 – 30 tahun kecuali dilapisi dengan bahan tertentu, mudah rusak karena air yang asam dan basa.

2.7.4 Asbestos cement pipe

Pipa ini dibuat dengan mencampur serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi. Diameternya antara 50 - 900 mm dan dapat menahan tekanan antara 50 – 250 mka tergantung kelas dan tipe pembuatan.



Gambar 2.38 *Asbestos cement pipe*

Sumber: <http://www.vijayspunpipeind.com/>

Asbestos cement pipe memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pipa ini adalah ringan dan mudah digunakan, tahan terhadap asam dan basa, bagian dalamnya halus dan tahan terhadap korosi, tersedia untuk ukuran yang panjang sehingga penyambungannya lebih sedikit, dapat dipotong menjadi berbagai ukuran panjang dan disambung seperti pipa *cast iron*. Kekurangannya adalah tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi, rapuh dan mudah patah.

2.7.5 Galvanized iron pipe (GIP)

Pipa *galvanized iron* banyak digunakan untuk saluran dalam gedung. Tersedia untuk Ø 60 – 750 mm.



Gambar 2.29 *Galvanized iron pipe (GIP)*

Sumber :<http://id-murah.blogspot.com/>

Galvanized iron pipe memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pipa ini adalah murah, ringan sehingga mudah digunakan dan diangkut, mudah disambung, tidak mudah berkarat, bagian dalamnya halus sehingga kehilangan tenaga akibat gesekan kecil. Kekurangannya adalah berumur pendek (7-10 tahun), mahal, mudah rusak karena air yang asam dan basa serta mudah membentuk kotoran dibagian dalamnya.

2.7.6 ***Plastic pipe***

Plastic pipe atau pipa plastik tahan terhadap korosi, ringan dan murah. Pipa ini berbahan dasar *polyethylen* dan tersedia dalam warna hitam. Pipa plastik tahan terhadap bahan kimia kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak.



Gambar 2.40 *Plastic Pipe*

Sumber: <http://www.andrewcpetersen.com/>

Pipa plastik terdiri atas 2 tipe, yaitu :

- a. *Low density polyethylene pipe (LDP)*: lebih fleksibel, diameter mencapai 63 mm, digunakan untuk jalur panjang, dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung.
- b. *High density polyethylene pipe (HDP)*: lebih kuat dari LDP, Ø 16 - 400 mm, tetapi pipa diameter besar hanya digunakan jika terhadap kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil. Pipa ini juga bisa dipakai untuk mengangkut air dalam jalur yang panjang.

2.7.7 ***PVC pipe (Unplasticised)***

Pipa *PVC* kuat, lentur dan tidak mudah pecah. Sambungan lebih mudah menggunakan caralas. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun diluar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan dan

drainase bawah tanah. Pipa *PVC* tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam.



Gambar 2.41 *PVC pipe (Unplasticised)*

Sumber : <http://www.supremegoldpvcpipes.com/>