

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Fluida

Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara kontinu (terus menerus) bila terkena tegangan geser, berapapun kecilnya tegangan geser itu. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, dan gaya ini yang dibagi oleh luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata permukaan tersebut [1].

Dalam ilmu mekanika fluida, tegangan geser pada aliran laminar dua dimensi arah  $x$  ditunjukkan pada persamaan 2.1 hukum newton viskositas dibawah ini.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

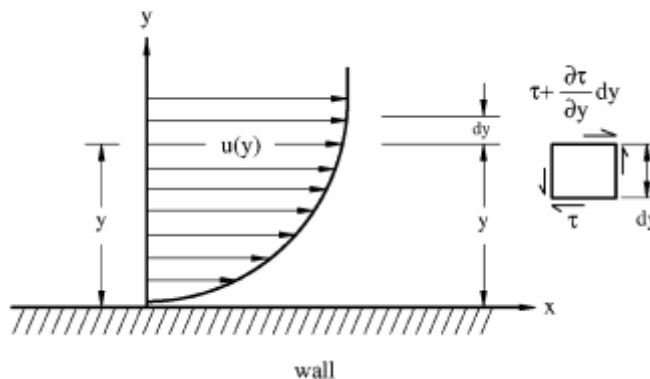
$\tau$ : tegangan geser

$\mu$ : viskositas dinamik

$u$ : kecepatan pada jarak  $y$  dari dinding

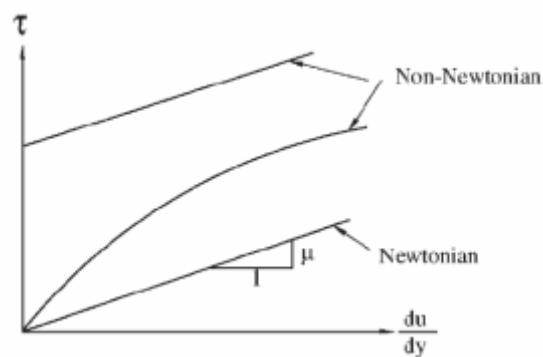
$\frac{du}{dy}$ : perubahan kecepatan dibagi dengan jarak sepanjang mana perubahan tersebut terjadi

Gambar 2.1 dibawah ini menunjukkan fenomena aliran fluida yang terdeformasi pada dinding akibat viskositas fluida yang mengakibatkan tegangan geser sehingga terjadinya variasi kecepatan pada fluida.



**Gambar 2.1** Variasi kecepatan dari dinding dan tegangan geser pada aliran paralel [1]

Fluida diklasifikasikan sebagai fluida *Newtonian* dan *non-Newtonian*. Dalam fluida *Newtonian* terdapat hubungan linear antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk yang diakibatkan. Namun, apabila hubungannya tak linear maka disebut *non-Newtonian*. Gas dan cairan encer cenderung bersifat fluida *Newtonian* sedangkan hidrokarbon berantai panjang yang kental mungkin bersifat *non-Newtonian*. Grafik pada Gambar 2.2 di bawah ini menunjukkan perbandingan antara tegangan geser dan viskositas pada fluida *Newtonian* dan fluida *Non-Newtonian* [1].



**Gambar 2.2** Grafik fluida *Newtonian* dan *non-Newtonian* [1]

## 2.2 Aliran Satu Fasa Tak Mampu Mampat

Aliran multifasa ialah aliran yang terdiri dari dua atau lebih fasa zat, seperti cair dan padat, gas dan padat, gas dan cair, ataupun dua jenis zat yang berbeda. Sedangkan pada aliran satu fasa terdiri dari satu jenis aliran cair atau gas tanpa partikel padat. Aliran air dengan partikel sedimentasi merupakan aliran dua fasa.

Aliran dikatakan tak mampu mampat (*incompressible*) jika dalam aliran massa jenis fluida ialah konstan tidak berubah. Aliran sejenis (*homogeneous*) bila massa jenis konstan sepanjang aliran. Aliran tak mampu mampat satu fasa ialah aliran sejenis, sedangkan aliran tak mampu mampat multifasa bukanlah aliran sejenis. Seperti pada kasus aliran air dengan membawa kerikil atau partikel sedimentasi, massa jenisnya tidak sama dimanapun sesuai perubahan waktu. Secara normal, zat cair dan gas dianggap sebagai aliran tak mampu mampat. Namun, ketika kecepatan gas mendekati, sama atau melebihi kecepatan suara massa jenis akan mengalami perubahan dan aliran tidak dapat dikatakan tak mampu mampat [1].

### 2.3 Rezim Aliran

Aliran fluida dapat dibedakan atas 3 jenis yaitu aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen. Jenis aliran ini didapat dari hasil eksperimen yang dilakukan oleh Osborne Reynold tahun 1883 yang mengklasifikasikan aliran menjadi 3 jenis. Jika fluida mengalir melalui sebuah pipa berdiameter,  $d$ , dengan kecepatan rata-rata,  $V$ , maka didapatkan bilangan *Reynold* di mana bilangan ini tergantung pada kecepatan fluida, kerapatan, viskositas, dan diameter.

Aliran dikatakan laminar jika partikel-partikel fluida yang bergerak teratur mengikuti lintasan yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan sama. Aliran ini terjadi apabila kecepatan kecil dan atau kekentalan besar. Aliran disebut turbulen jika tiap partikel fluida bergerak mengikuti lintasan sembarang di sepanjang pipa dan hanya gesekan rata-rata saja yang mengikuti sumbu pipa. Aliran ini terjadi apabila kecepatan besar dan kekentalan zat cair kecil. Bilangan *Reynold* dinyatakan dalam persamaan 2.2 berikut [1]

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} = \frac{V d}{\nu} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

$Re$  = bilangan *Reynolds*

$\rho$  = massa jenis fluida

$\mu$  = viskositas dinamik

$\nu$  = viskositas kinematik

$V$  = kecepatan aliran dalam pipa

$d$  = diameter dalam pipa

Berdasarkan percobaan aliran di dalam pipa, Reynold menetapkan bahwa untuk bilangan *Reynold* di bawah 2000 ( $Re < 2000$ ), gangguan aliran dapat diredam oleh kekentalan zat cair maka disebut aliran laminar. Aliran akan menjadi turbulen apabila bilangan *Reynold* lebih besar dari 4000 ( $Re > 4000$ ). Apabila bilangan *Reynold* berada di antara kedua nilai tersebut ( $2000 < Re < 4000$ ) disebut aliran transisi. Bilangan *Reynold* pada kedua nilai di atas ( $Re = 2000$  dan  $Re = 4000$ ) disebut dengan batas kritis bawah dan atas [1].

## 2.4 Aliran Satu Dimensi

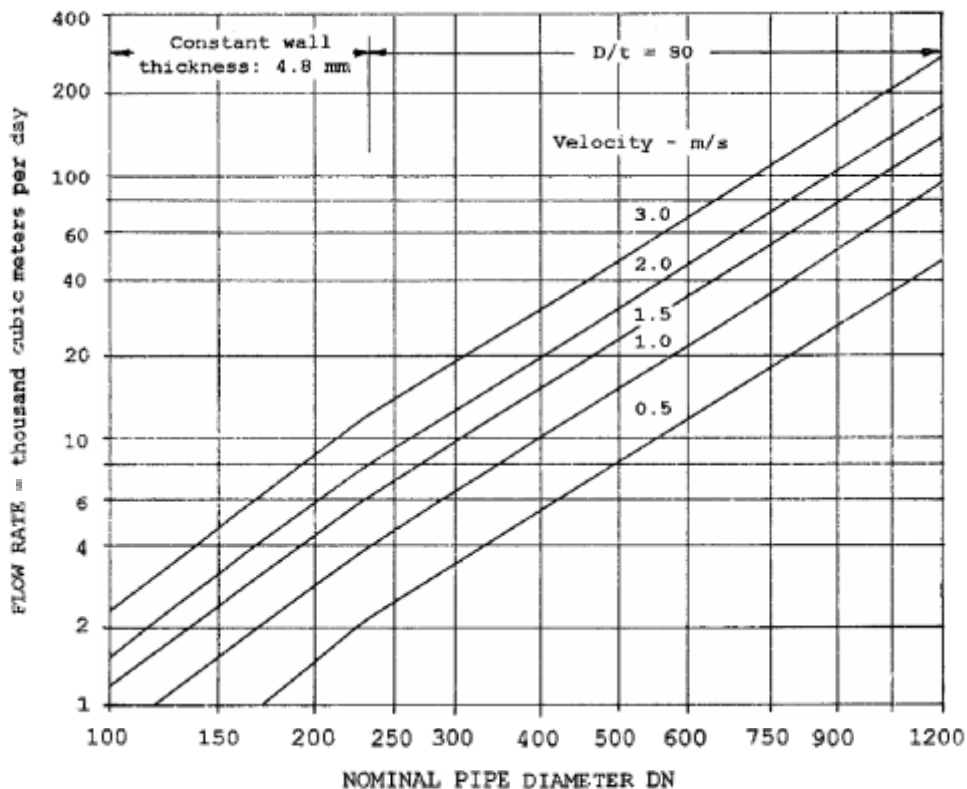
### 2.4.1 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas untuk aliran tak mampu mampat yang melewati pipa ialah,

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 = Q = \text{konstan} \dots \dots \dots 2.3$$

Dimana  $A_1$  dan  $A_2$  adalah area pipa yang dilalui pada titik 1 dan 2;  $V_1$  dan  $V_2$  ialah kecepatan rata-rata aliran pada titik 1 dan 2; dan  $Q$  adalah laju aliran volumetris. Persamaan ini juga berlaku untuk kasus aliran tidak tunak yang melewati pipa. Bahkan jika aliran fluida *non-Newtonian* atau multifasa, persamaan ini masih dapat digunakan selama nilai kecepatannya ialah kecepatan rata-rata sepanjang pipa dan alirannya tak mampu mampat. Persamaan ini tidak dapat dipakai jika analisa saat fluida memasuki atau meninggalkan pipa diantara titik 1 dan 2 ataupun ada percabangan pada pipa diantara dua titik tersebut [1].

Dengan karakteristik fluida dapat diketahui kecepatan rata-rata fluida sepanjang pipa. Kecepatan tersebut berada dalam batas maksimal dan minimal fluida tersebut dalam pipa. Jika aliran fluida di bawah batas minimal maka akan terjadi pengendapan fluida ataupun kerja pompa yang sangat besar. Dan jika fluida terlalu cepat maka akan terjadi pengikisan pada dinding dan getaran akibat gaya gesek yang besar. Untuk fluida minyak kecepatan rata-rata rekomendasi ialah sebesar 2 – 10 ft/s (1 – 3 m/s). Diagram pada Gambar 2.3 menunjukkan hubungan antara laju aliran harian 1000 m<sup>3</sup>/day terhadap diameter nominal pipa dalam milimeter antara kecepatan 0,5 – 3 m/s [2].



**Gambar 2.3** Grafik perbandingan antara laju aliran dan diameter nominal pada kecepatan 0.5 – 3 m/s [2]

Jika luas penampang pipa ialah lingkaran dengan  $A = \pi.d^2/4$ , maka hubungan antara persamaan kontinuitas untuk menentukan ukuran pipa (diameter pipa) ditunjukkan pada persamaan berikut, [3]

$$\dots\dots\dots 2.4$$

Sehingga,

$$\dots\dots\dots 2.5$$

Dimana  $d$  ialah diameter dalam pipa, selanjutnya sesuai dengan standar diameter nominal (DN) pada tabel lampiran untuk menentukan ukuran pipa.

### 2.4.2 Persamaan Energi

Persamaan energi untuk aliran tak mampu mampat dapat dituliskan pada persamaan berikut,

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \sum h_L - h_m \dots \dots \dots 2.6$$

Dimana  $V^2/2g$  adalah *head* kecepatan atau energi kinetik,  $p/\gamma$  adalah *head* tekanan, dan  $z$  adalah *head* ketinggian atau energi potensial, semua per satuan berat. Jika dua variabel terakhir di sebelah kanan tidak ada, persamaan akan menjadi persamaan *Bernoulli*. Namun, dua variabel terakhir sangat penting dalam studi hidrolis jalur pipa.  $\sum h_L$  adalah jumlah *headloss* yang disebabkan oleh efek gesekan. Variabel terakhir,  $h_m$ , adalah *head* yang disebabkan karena efek permesinan hidrolis terhadap aliran, seperti pompa dan turbin. Pompa menambahkan energi untuk aliran jadi  $h_m$  kemudian positif dan disebut  $h_p$ ; sedangkan turbin mengekstrak energi dari aliran jadi  $h_m$  kemudian akan menjadi negatif dan disebut  $h_t$ .

Karena pada perancangan sistem perpipaan ini dapat kita asumsikan tidak membutuhkan turbin maka nilai  $h_t$  dapat dihilangkan. Sehingga persamaan 2.6 menjadi, [4]

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \sum h_L - h_p \dots \dots \dots 2.7$$

Ketika disebutkan *head* pada fluida untuk mengindikasikan sistem energi, ada tiga komponen yang diperhitungkan yaitu *head* elevasi,  $h_s$ , *head* kecepatan  $h_v$ , dan *head* gesek  $h_L$  seperti yang dibahas pada persamaan *Bernoulli* di atas. Nilai dari *head* tekanan dapat dihilangkan pada sistem pipa ketika diasumsikan tekanan statik pada titik masuk dan titik keluar ialah sama.

*Head* ketinggian ialah perbedaan ketinggian antara sisi masuk dan sisi keluar pada sistem. *Head* kecepatan pada sistem pipa panjang atau pada umumnya sistem yang memiliki kerugian yang besar ialah persentase yang kecil dari *head* total atau juga dapat diasumsikan untuk nilainya tidak berpengaruh pada perhitungan energi. Karena nilai *head* ini berfungsi sebagai energi yang harus dimiliki oleh aliran agar tetap dapat

mengalir sampai ujung pipa. *Head* gesek ialah efek yang dominan pada sistem pipa fluida cair yang dapat dihitung pada subbagian berikutnya [2].

### 2.4.3 Kerugian-Kerugian *Head* (*Headloss*)

Kerugian *head* adalah merupakan kerugian energi dan setiap fluida yang mengalir melalui saluran pipa, total energi yang dimiliki cenderung menurun pada arah aliran kapasitas. Kerugian *head* umumnya terdiri dari dua tipe yaitu kerugian *head minor* dan kerugian *head major* [4].

#### 2.4.3.1 *Minor Loss*

Pada suatu jalur pipa terjadi kerugian karena kelengkapan pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup, dan sebagainya yang disebut dengan kerugian kecil (*minor losses*). *Minor loss* secara sederhana dapat dihitung dari persamaan,

$$h_L = K_L \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots 2.8$$

Dimana nilai  $K_L$  merupakan konstanta kerugian lokal untuk beberapa katup dan *fitting* pada pipa yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. Kerugian energi untuk *fitting* ini adalah sebagian besar konsekuensi dari turbulensi cairan yang disebabkan oleh peralatan. Biasanya aliran percepatan akan menyebabkan kehilangan energi lebih sedikit daripada aliran perlambatan. Jika terjadi perlambatan terlalu cepat dapat menyebabkan pemisahan, yang menghasilkan turbulensi tambahan [4].

**Tabel 2.1** Konstanta kerugian pada *fittings* [4]

<i>Fitting</i>	$K_L$
<i>Globe valve, fully open</i>	10,0
<i>Angle valve, fully open</i>	5,0
<i>Butterfly valve, fully open</i>	0,4
<i>Gate valve, fully open</i>	0,2
$\frac{3}{4}$ open	1,0
$\frac{1}{2}$ open	5,6

<i>¼ open</i>	17,0
<i>Check valve, swing type, fully open</i>	2,3
<i>Check valve, lift type, fully open</i>	12,0
<i>Check valve, ball type, fully open</i>	70,0
<i>Foot valve, fully open</i>	15,0
<i>Elbow, 45°</i>	0,4
<i>Long radius elbow, 90°</i>	0,6
<i>Medium radius elbow, 90°</i>	0,8
<i>Short radius (standard) elbow, 90°</i>	0,9
<i>Close return bend, 180°</i>	2,2
<i>Pipe entrance, rounded, r/D &lt; 0,16</i>	0,1
<i>Pipe entrance, square-edged</i>	0,5
<i>Pipe entrance, re-entrant</i>	0,8

#### 2.4.3.2 Major Loss

Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kerugian *head*. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran fluida (kerugian kecil). Persamaan yang paling rasional untuk menghitung kerugian pada pipa untuk kasus aliran fluida *Newtonian* tak mampu mampat satu fasa ialah persamaan *Darcy-Weisbach* sebagai berikut,

$$h_L = f \frac{LV^2}{d 2g} \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana  $L$  adalah panjang pipa keseluruhan,  $d$  ialah diameter dalam pipa, dan harga  $f$  dikenal sebagai faktor gesek atau faktor tahanan. Pada aliran laminar, nilai faktor gesek tidak bergantung pada kekasaran dinding pipa. Faktor gesek hanya fungsi dari bilangan *Reynold*.

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots 2.10$$

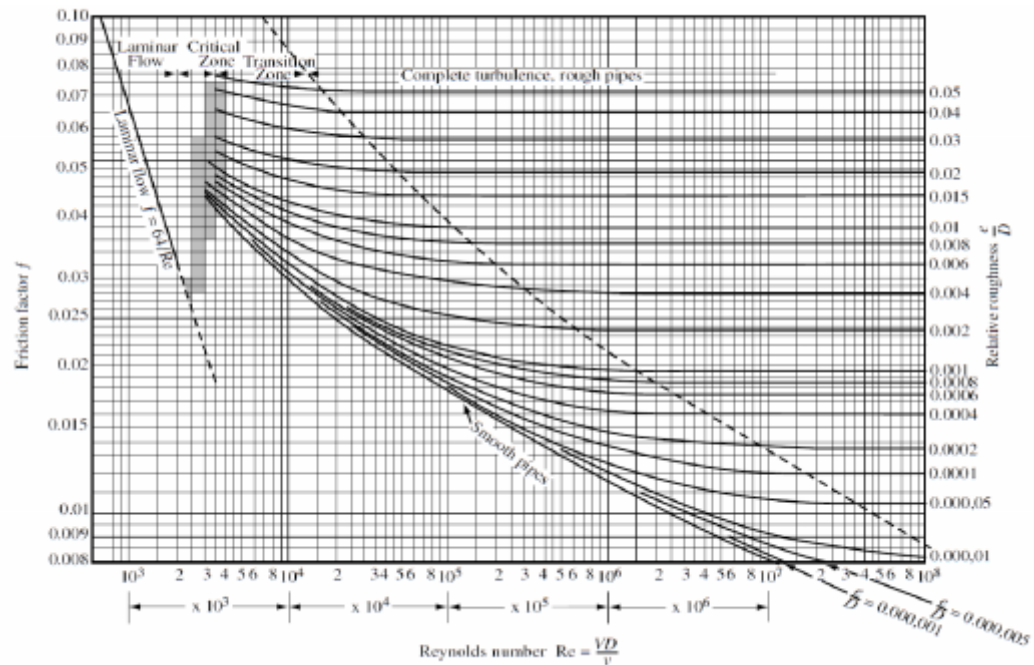


Pada aliran turbulen, faktor gesek merupakan fungsi dari bilangan *Reynold* dan kekasaran relatif  $e/D$ , dimana  $e$  ialah kekasaran absolut dari permukaan pipa. Untuk beberapa material pipa nilai  $e/D$  sudah ditetapkan pada Tabel 2.2 dapat dilihat nilai yang biasa digunakan pada beberapa material [1].

**Tabel 2.2** Kekasaran pipa [4]

Material	$e$ , mm	$e$ , in
<i>Riveted Steel</i>	0,9 – 9,0	0,035 – 0,35
<i>Concrete</i>	0,30 – 3,0	0,012 – 0,12
<i>Cast Iron</i>	0,26	0,010
<i>Galvanized Iron</i>	0,15	0,006
<i>Asphalted Cast Iron</i>	0,12	0,0048
<i>Commercial or Welded Steel</i>	0,045	0,0018
<i>PVC, Drawn Tubing, Glass</i>	0,0015	0,00006

Sedangkan nilai faktor gesek dapat dilihat di diagram *Moody* pada Gambar 2.4. Pada diagram *Moody* dapat kita lihat beberapa zona yang menandai berbagai jenis aliran pipa.



**Gambar 2.4** Diagram *Moody* [4]

Persamaan *Darcy-Weisbach* ini merupakan yang terakurat dan ilmiah dalam menentukan kerugian pada pipa untuk kasus aliran fluida *Newtonian* tak mampu mampat seperti air, limbah, minyak mentah, dan zat cair lainnya. Dan persamaan ini masih bisa diaplikasikan pada aliran gas dengan kecepatan rendah pada pipa yang pendek tanpa perubahan massa jenis gas yang signifikan.

Kerugian total merupakan penjumlahan dari semua kerugian-kerugian *Minor* dan kerugian *Major*. Seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut ini [1]

$$h_L = \sum K \frac{V^2}{2g} + f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} = \left( \sum K + f \frac{L}{d} \right) \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots 2.11$$

## 2.5 Kode dan Standar Perancangan

Ada tiga basis pengkodean yang dikembangkan oleh ASME (*The American Society of Mechanical Engineers*) yaitu desain perpipaan industri kimia, fluida minyak, dan gas [2].

Kode standar API (*American Petroleum Institute*) 5L digunakan untuk mendapatkan standar material dan ukuran pipa.

Perancangan sistem pipa bawah tanah ini dapat menggunakan aturan-aturan yang terdapat dalam kode dan standar perancangan sistem pipa yang telah ada. Kode standar perancangan yang dipakai dalam tugas akhir ini yaitu:

ASME B31.4 *Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids*

ASME B16.5 *Pipe Flanges and Flanged Fittings*

API 5L *Specification for Line Pipe*

API RP 1102 *Steel Pipelines Crossing Railroads and Highways*

## 2.6 Sistem Pipa untuk Minyak

Dalam bidang keteknikkan, ada tiga aspek desain untuk sistem pipa yaitu,

- a) Desain hidrolik
- b) Desain mekanik
- c) Desain operasi dan perawatan.

Dan perancangan ini penulis membatasi sampai pada desain hidroliknya saja. Desain hidrolik mengevaluasi komoditas karakteristik fisik untuk dialirkan, kuantitasnya, pemilihan jalur atau rute pipa dan topografi, mengidentifikasi jumlah dan letak stasiun pompa berdasarkan karakteristik hidrolik. Ada beberapa yang juga termasuk aspek desain mekanik, seperti pemilihan pipa berdasarkan spesifikasi diameter dan tebal pipa [2].

### 2.6.1 Pemilihan Rute

Pemilihan rute merupakan langkah awal sekaligus paling penting dalam perancangan sistem pipa, karena dalam pemilihan rute ini dimana akan menentukan efektifitas pengaliran, menjaga pipa dari faktor-faktor luar yang mengakibatkan kerusakan sehingga umur pipa berkurang, biaya instalasi yang tidak dibahas pada perancangan ini, serta pengaruhnya terhadap lingkungan.

Secara logika, pemilihan rute ialah jarak terpendek atau garis lurus. Namun ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan rute, yaitu:

- a) Keadaan geografis area seperti kondisi tanah, melewati sungai, tepi pantai, rawa, gunung, jalan raya, rel kereta, dan lain sebagainya.
- b) Topografi area atau elevasi tanah pada profil hidrolik, sehingga sistem aliran pada pipa dapat memanfaatkan sistem gravitasi.
- c) Akses transportasi material dan peralatan konstruksi pada saat instalasi.
- d) Faktor keamanan, sehingga diperlukan perijinan area agar tidak mengganggu pemukiman penduduk dan merugikan lingkungan.

### 2.6.2 Basis Desain

Tahap awal perencanaan dibutuhkan dasar desain. Parameter umum yang dibutuhkan diantaranya:

**Parameter sistem.** Ada beberapa parameter yang ditentukan dari perusahaan yang dapat membantu menentukan laju aliran untuk sistem. Desain laju aliran sistem mungkin saja berubah-ubah tiap tahunnya dan dinyatakan sebagai laju aliran per hari dalam *barrel per day* (BPD) atau *1000 meter cubic per calender day* ( $1000 \text{ m}^3/\text{cd}$ ) atau *million tonnes per annum* (MTA).

Ratio antara laju aliran *per calender day* dengan operasi per hari disebut faktor beban (*load factor*).

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{laju kebutuhan perhari}}{\text{laju operasi perhari}} \dots\dots\dots 2.12$$

Pada sistem pipa yang baik memiliki faktor beban antara 92 sampai 95 persen. Sedangkan sistem pipa yang memiliki variasi aliran memiliki faktor beban yang lebih rendah, 85 sampai 90 persen [2].

**Parameter lingkungan.** Faktor lingkungan mempengaruhi baik desain pipa di bawah dan di atas tanah. Untuk pipa di bawah tanah, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti temperatur tanah, konduktivitas tanah, massa jenis tanah, dan tingkat kedalaman penanaman. Dalam kebanyakan kasus, hanya suhu udara dan kecepatan udara yang memiliki dampak signifikan pada desain di atas tanah [5].

**Sifat-sifat komoditas.** Sifat-sifat dari komoditas yang ditransportasikan memiliki dampak yang signifikan pada desain sistem pipa. Sifat-sifat tersebut termasuk identifikasi dari viskositas, densitas, tekanan *vapor*, dan temperatur tertentu [5].

### 2.6.3 Sistem Isothermal

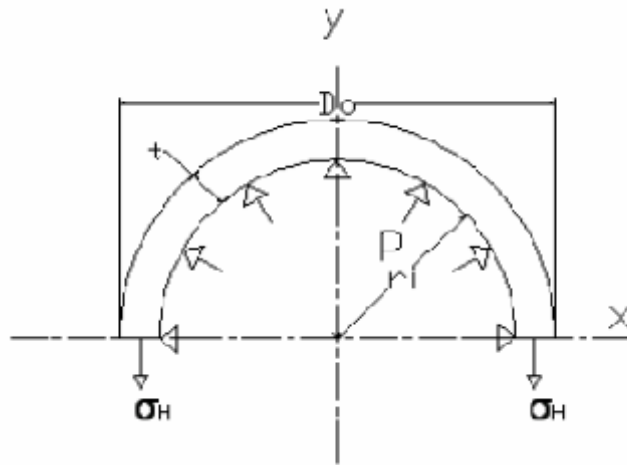
Sistem pipa minyak khususnya mempunyai variasi temperatur pada keseluruhan sistemnya. Hal ini yang akan mempengaruhi viskositas, massa jenis, dan efek desain lainnya. Untuk mempermudah perhitungan maka temperatur diasumsikan konstan di sepanjang pipa berdasarkan karakteristik fluida dan kondisi lingkungannya. Temperatur desain untuk rata-rata operasi berbeda dengan pengukuran standar yang menyangkut desain kasar. Sebagai konsekuensi, diperlukan penyesuaian dari nilai-nilai yang diberikan pada kondisi standar @ 60°F (15°C) terhadap kondisi operasi [2].

### 2.6.4 Sistem Energi

Sistem energi yang digunakan dalam pembahasan ini ialah *head* ( $H$ ), dan tekanan ( $P$ ). Penurunan tekanan total sepanjang pipa terdiri dari penurunan tekanan statik, penurunan tekanan percepatan, penurunan tekanan gesek. Sama halnya pada *head* ada tiga komponen yaitu *head* statik atau elevasi, *head* kecepatan, dan *head* gesekan [2].

### 2.6.5 Maximum Allowable Operating Pressure (MAOP) dan Maximum Allowable Operating Head (MAOH)

MAOP atau tekanan maksimum operasi yang diijinkan dapat ditentukan dari tebal dinding pada pipa yang dijelaskan dalam diagram benda bebas pipa pada Gambar 2.5 di bawah ini [6].



Gambar 2.5 Diagram benda bebas silinder [2]

Dari Gambar 2.5 di atas dapat kita jelaskan dan diperoleh kesetimbangan gayanya yaitu

$$\sum F_y = 0$$

$$-\sigma_H(2txl) + p(D/2xl) = 0$$

$$\sigma_H = S_A = \frac{pxD}{2xt}$$

Keterangan :

(Dxl) = luas proyeksi silinder

(txl) = luas dinding silinder

Sehingga diperoleh persamaan berikut dalam satuan SI, untuk menghitung MAOP atau tekanan maksimum operasi yang diijinkan pada pipa.

$$P_i = \frac{2xS_Axt}{D} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana,  $P_i$  adalah tekanan *internal gauge* maksimum yang diijinkan atau nilai MAOP dalam MPa,  $D$  adalah diameter luar dalam mm,  $S_A$  adalah tegangan ijin dalam MPa, dan  $t$  adalah tebal dinding dalam mm.

Tebal dinding,  $t$ , untuk menghitung MAOP termasuk penambahan tebal untuk toleransi terhadap korosi, atau beban terkonsentrasi, ekspansi panas atau kontraksi, dan lengkungan (pada umumnya bernilai 2 mm untuk semua jenis) [2].

Kemudian MAOP dalam satuan tekanan dikonversi menjadi yang dikenal dengan MAOH dalam satuan meter untuk densitas fluida atau *head* yang akan digunakan untuk menentukan lokasi dari stasiun pompa pada pembahasan berikutnya. MAOH dapat ditentukan pada persamaan 2.14.

$$MAOH = \frac{P_i}{\gamma} \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana  $\gamma$  adalah berat jenis fluida dalam satuan  $N/m^3$ .

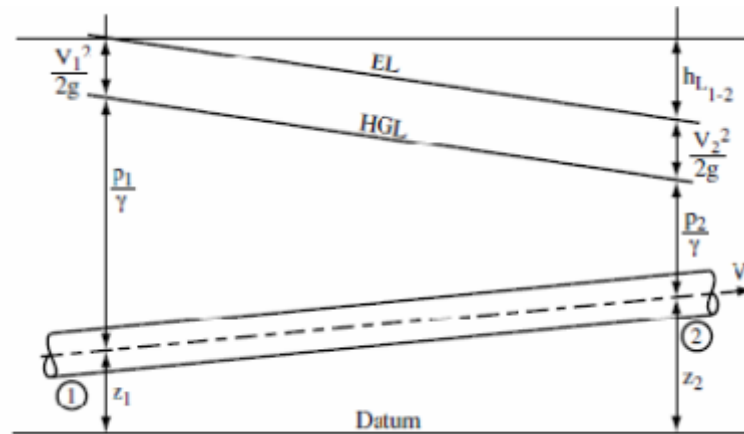
### 2.6.6 Energy and Hydraulic Grade Lines

*Energy Grade Line*, biasa disebut *Energy Line* (EL) adalah *plot* dari persamaan energi, atau biasa disebut juga persamaan *Bernoulli*

$$EL = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \dots\dots\dots 2.15$$

Menurut persamaan di atas,  $v^2/2g$  merupakan *head* kecepatan atau dinamis,  $p/\gamma$  adalah *head* tekanan,  $z$  adalah *head* elevasi, jumlah dari ketiga *head* tersebut merupakan *head* total, dan jumlah dari *head* tekanan dengan *head* elevasi merupakan *head piezometric*.

Garis yang digambar sepanjang pipa untuk merepresentasikan variasi *head* total dinamakan *Energy Grade Line* (EGL) dan garis yang digambar untuk merepresentasikan *head piezometric* dinamakan *Hydraulic Grade Line* (HGL) dapat dilihat pada Gambar 2.6. *Energy Grade Line* (EGL) tidak akan pernah naik sepanjang aliran kecuali ditambah energi dari luar seperti pompa [1].



**Gambar 2.6** Energy Line dan Hydraulic Grade Line sepanjang pipeline. [4]

## 2.7 Pemilihan Pompa

Suatu pompa dapat memberikan pelayanan yang baik maka dalam pemakaiannya pompa perlu dipilih secara benar dan tepat. Pemilihan suatu pompa dalam penggunaannya didasarkan pada beberapa faktor :

- a. Kapasitas
 

Kapasitas adalah jumlah kebutuhan aliran yang akan dipompakan, termasuk kebutuhan maksimum dan minimum.
- b. Kondisi instalasi dimana pompa akan dipasang berupa :
  1. Tinggi isap dan tinggi pengeluaran.
  2. Fluktuasi tinggi permukaan cairan hisap dan cairan pengeluaran.
  3. Kondisi saluran isap dan pengeluaran (ukuran kekasaran permukaan saluran, baru tidaknya saluran, belokan, dan *fitting*)
  4. *Head* total pompa berdasarkan kondisi instalasi.
- c. Sifat dan jenis cairan yang dipompa adalah berdasarkan :
  1. Berat jenis.
  2. Viskositas.
  3. Suhu.
  4. Kandungan zat padat.

d. Penggunaan pompa.

Pompa dipilih untuk melayani sistem sesuai kebutuhan, contohnya : suplai air minum, suplai air baku proses, proses pengolahan minyak bumi, suplai air pendingin dan lain-lainnya.

e. Kondisi kerja.

1. Beroperasi secara terputus-putus.
2. Beroperasi secara terus-menerus.
3. Sebagai cadangan.

f. Lokasi pompa.

1. Ketinggian lokasi pompa di atas permukaan laut.
2. Di luar atau di dalam gedung.
3. Fluktuasi suhu.

g. Pertimbangan ekonomis.

Harga, biaya operasi dan pemeliharaan.

Kesalahan dalam memilih pompa dapat mengakibatkan kegagalan pada pompa dan tidak tercapainya kondisi operasi yang dikehendaki.

### 2.7.1 Spesifikasi Pompa

Kapasitas aliran adalah jumlah kebutuhan aliran yang akan dipompakan. Kapasitas ditentukan menurut kebutuhan pemakaiannya.

Instalasi pompa berpengaruh terhadap *head* total pompa. *Head* total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah zat cair, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.

Jenis dan sifat dari zat cair yang akan dipompa seperti berat jenis, viskositas kinematik, temperatur, dan tekanan uap air untuk berbagai kondisi temperatur fluida.

Kebutuhan daya pompa untuk seluruh sistem dapat diperhitungkan dengan energi yang diterima oleh fluida dari pompa per satuan waktu atau disebut daya air, sebagai berikut

$$P_h = Q \times H_p \times \rho \times g \dots\dots\dots 2.16$$



Dimana  $Q$ , merupakan kapasitas aliran dalam  $m^3/s$ ,  $H_p$ , ialah *head* total pompa, dan  $\rho$ , ialah densitas atau kerapatan jenis fluida dalam  $kg/m^3$ .

Kemudian daya poros,  $P$ , ialah daya yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya air ditambah kerugian daya di dalam pompa. Daya ini dapat dinyatakan sebagai berikut

$$P = \frac{P_h}{\eta} \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana  $P$ , ialah daya poros pompa dalam Watt, dan  $\eta$ , ialah efisiensi pompa (pecahan) [5].

Efisiensi pompa dalam persen untuk pompa sentrifugal berkisar 70-80 persen dan sampai 90 persen untuk pompa *reciprocating* [2].

### 2.7.2 Stasiun Pompa

Jenis pompa untuk fluida minyak biasa digunakan jenis pompa sentrifugal atau jenis lain tergantung pada *head* (penurunan tekanan). Untuk sistem dengan *head* yang besar (pipa panjang atau *head* statis besar), biasa digunakan pompa *positive displacement*. Untuk nilai *head* medium, pompa sentrifugal sangat cocok. Untuk *head* rendah, pompa aliran aksial seperti pompa *propeller* baik digunakan. Secara kasar, perbedaan nilai *head* 1000 ft di atas permukaan air tergolong besar, nilai *head* antara 10 sampai 1000 ft tergolong medium, dan di bawah 10 ft tergolong rendah [1].

Kalkulasi total dari *head* pada sistem berdasarkan laju aliran yang melewati pipa dengan diameter yang telah ditentukan akan menentukan pompa yang dibutuhkan dalam sistem. Analisa yang dilakukan ialah metode penentuan jumlah stasiun pompa dan lokasi stasiun pompa dengan metode grafik dan keseimbangan hidrolik [2].

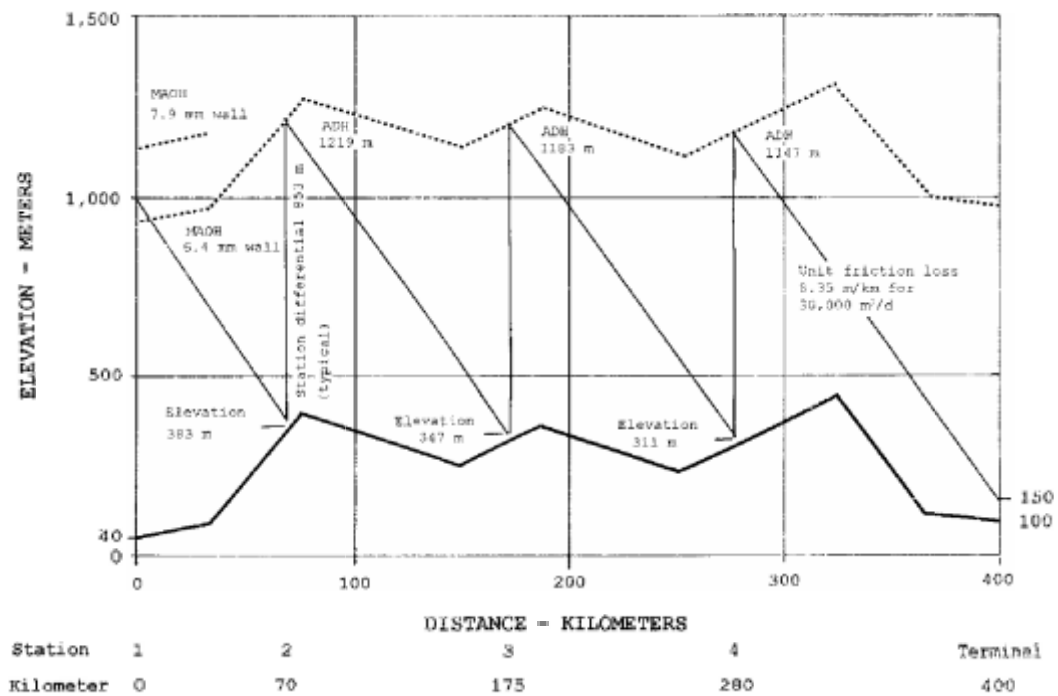
Jumlah stasiun pompa dapat dihitung dengan membagi total *head* pada sistem, dimana merupakan jumlah dari *head* statik dan *head* gesekan dengan tekanan atau *head* operasi maksimum yang diijinkan. Sebagai contoh pada persamaan berikut [2]

$$\text{Jumlah Stasiun Pompa} = \frac{\text{Total Head Sistem}}{(MAOH)} \dots\dots\dots 2.18$$

Untuk lokasi stasiun pompa dilokasikan pada titik awal sistem pipa. Dan lokasi stasiun berikutnya sesuai dengan keseimbangan hidrolis. Dimana setiap stasiun memiliki diferensiasi *head* dan tekanan yang sama.

.....2.19

Pada Gambar 2.7 di bawah ini diilustrasikan contoh metode grafik untuk menentukan jumlah dan lokasi stasiun pompa dari pipa NPS 20 (DN 500). Dimulai dari elevasi awal, lalu menggambar gradien hidrolis ke setiap bagian MAOH pipa yang diplot di atas profil elevasi. Elevasi gradien hidrolis terhadap stasiun diplot di atas elevasi tanah dengan perbandingan terhadap kerugian-kerugian pada sistem per satuan jarak.



**Gambar 2.7** Contoh gradien hidrolis dari pipa DN 500, 30.000 m<sup>3</sup>/d [2]

## 2.8 Perlindungan Pipa

### 2.8.1 Jenis-Jenis Korosi

Korosi merupakan kerusakan secara berangsur-angsur yang terjadi pada pipa yang disebabkan oleh reaksi kimia atau elektrokimia dari pipa terhadap lingkungannya. Jenis-jenis korosi adalah sebagai berikut:

1. Korosi kimiawi

Korosi kimiawi diakibatkan kontak dari pipa dengan bahan yang bersifat korosif seperti asam yang bereaksi dengan permukaan pipa sehingga menimbulkan kerusakan. Korosi ini dapat merusak pipa bagian dalam maupun bagian luar. Pipa logam dapat rusak oleh berbagai macam asam, halogen, dan garam.

Korosi kimiawi hanya dapat terjadi jika pipa kontak dengan senyawa kimia. Korosi kimiawi dapat dikontrol dengan menghindari kontak dengan senyawa korosif, atau dengan menggunakan *lining* atau *coating* pada permukaan pipa.

2. Korosi galvanis

Korosi galvanis biasa terjadi pada pipa logam akibat dari banyak keberadaan logam yang tidak seragam pada *pipeline*, seperti katup dibuat dari baja yang berbeda jenis yang kemudian digunakan pada pipa, atau pompa memiliki impeler yang terbuat atau dilapisi oleh perunggu. Kekuatan korosi galvanis tidak hanya bergantung pada beda potensial antara dua logam yang berhubungan tetapi juga pada kontak elektrolit. Semakin tinggi konduktivitas elektrolit maka semakin banyak arus yang mengalir melalui sel galvanis dan semakin kuat korosinya. Oleh karena itu, tanah yang basah dan tanah yang mengandung garam adalah sangat korosif untuk sistem perpipaan.

3. Korosi bakterial

Korosi bakterial disebabkan oleh kehadiran bakteri atau alga tertentu yang dapat memproduksi substansi yang dapat mengkorosi pipa. Selama akhir siklus hidupnya, mereka memproduksi asam yang juga dapat mengkorosi pipa.

4. Korosi celah

Korosi celah terjadi pada celah kecil yang terdapat antara logam-logam seperti celah di bawah kepala baut. Hal ini disebabkan oleh keberadaan atau terjebaknya material yang bersifat sebagai elektrolit yang berbeda dengan lingkungannya.

Cara mencegahnya adalah dengan mengurangi celah sebisa mungkin dengan menggunakan las ketimbang baut untuk penghubung pipa baja [1].

### 2.8.2 Pencegahan Korosi

Korosi pada perpipaan dapat terjadi pada permukaan dalam dan luar pipa. Pada fluida korosif seperti  $H_2S$  sangat berpotensi terjadinya korosi yang mengakibatkan penurunan performa atau efisiensi dari pengaliran. Korosi yang terjadi pada permukaan dalam pipa dapat ditanggulangi dengan metode pembersihan menggunakan *pigs* [2].

Korosi *internal* terjadi selama kondisi operasional yang disebabkan oleh air atau kelembaban yang terperangkap dalam pipa. Pada pipa minyak atau gas, korosi *internal* bergantung pada banyaknya kandungan hidrogen sulfida dan karbon dioksida pada pipa. Cara yang efektif untuk mencegah korosi *internal* adalah dengan memberikan *inhibitor* korosi pada fluida yang ditransportasikan atau dengan menggunakan *lining*.

Korosi eksternal terbentuk selama penggunaan operasional yang sering disebabkan oleh kerusakan atau hilangnya ikatan antara pelapisan (*coating*) dengan pipa. Korosi eksternal juga bisa terjadi ketika sistem proteksi katodik tidak berjalan secara efektif. Cara perlindungan terhadap korosi eksternal adalah dengan pelapisan (*coating*) pada pipa. Sistem proteksi katodik tersebut hanya akan digunakan sebagai sebuah perlindungan sekunder untuk mencegah terjadinya korosi. Pada perancangan pipa ini tidak memakai sistem perlindungan katodik karena tidak efisien. Untuk perancangan pipa yang panjang membutuhkan banyak sumber listrik. Selain itu, sistem perlindungan katodik berbahaya pada minyak karena sistem ini berpotensi menimbulkan panas [5].

#### 2.8.2.1 Lining dan Coating

Penerapan aplikasi *lining* pada pipa baja sangat penting karena berguna untuk menahan korosi internal dan meminimalkan kerugian akibat gesekan. Pipa baja yang tidak diberi *lining* akan mudah teroksidasi oleh kandungan korosif dalam fluida. Sebelum memasang *lining*, dinding pipa dibersihkan dengan metode *sand blasting* atau dengan metode lain, kemudian *lining* dipasang dengan menggunakan metode penyemprotan, pencelupan, atau *spinning* untuk mendapat permukaan yang halus.

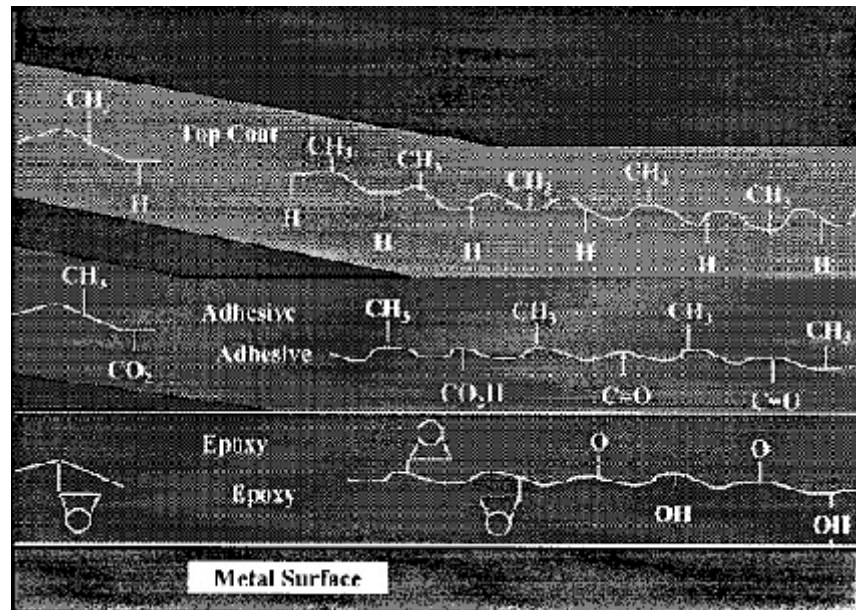
Beberapa contoh material yang digunakan untuk *lining* dan *coating* ialah material *bitumastic*, semen, kaca, karet, *fluorocarbon lining*, *thermoplastic lining*, dan sebagainya.

Pipa baja yang dikubur rentan korosi dan kerusakan kecuali jika pipa diberi *coating*. *Coating* idealnya bersifat menahan goresan saat pengangkutan dan peletakan pipa, serangan lembab, kimia, arus listrik, dan variasi temperatur. *Coating* harus cukup kuat untuk mencegah kerusakan saat penanganan dan akibat bebatuan dalam parit, juga harus cukup melekat dengan baik pada dinding pipa dan cukup fleksibel untuk melawan peregangan dinding pipa. Permukaan pipa sebelum diberi *coating* dibersihkan dengan sikat kawat atau *sand blasting*, kemudian *coating* utama dipasang dengan cara disemprot, kuas, atau mencelupkan pipa di dalam bak [7].

Namun, ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan pelapisan (*coating*) dapat dan sering terjadi kegagalan, seperti :

1. Stabilitas fisik dan kimia
2. Ketahanan terhadap tegangan tanah
3. *Adhesion* dan ketahanan dari dampak
4. Ketahanan terhadap ikatan katodik

Untuk eksternal *coating*, sistem tiga lapis (*three layer coating*) seperti pada Gambar 4.4 telah menjadi standar pada sebagian besar permintaan proyek *pipeline*. Sistem *coating* mengkombinasikan fungsi FBE (*Fusion Bonded Epoxy*) sebagai anti korosi dengan perlindungan mekanis dengan *polyolefin*, *polyethylene*, atau *polypropylene*. FBE merupakan serbuk resin *epoxy* yang dalam aplikasinya dengan pemanasan sehingga material tersebut meleleh dan kemudian melapisi substrat logam. Pada lapisan tengah terdapat lapisan adhesif yang mengikat *epoxy* pada *polyolefin*. Sistem tiga lapis memiliki sifat-sifat adhesi yang sempurna dan menyediakan perlindungan terhadap korosi, isolasi terhadap panas, dan perlindungan mekanis yang baik. Selain itu, stabilitas optimum mereka dapat mencapai bertahun-tahun. Keuntungan lain dari FBE-*Three Layer* ini adalah pada lapisan utama digunakan untuk meminimalisasi terjadinya reaksi katodik. Lapisan *adhesive polyolefin* yang dimodifikasi dengan *epoxy* untuk membentuk ikatan dan pada lapisan berikutnya didesain untuk menahan dampak dan operasi pada temperatur yang tinggi.



**Gambar 2.8** Lapisan FBE-Three Layer [2]

Untuk metode pelapisan pada pipa digunakan metode penyemprotan (*spray*) karena lebih hemat dibandingkan dengan metode pencelupan. Setelah proses pelapisan dilanjutkan dengan pengeringan. Pengeringan dilakukan pada ruang terbuka. Metode penyemprotan untuk diameter dalam pada pipa dapat dilihat pada Gambar 4.5. Jadi metode penyemprotannya dilakukan dengan cara berjalan mundur searah agar tidak terjadi kerusakan pada proses pelapisan.



**Gambar 2.9** Proses pelapisan dengan metode penyemprotan [2]

### 2.8.2.2 Perlindungan Katodik

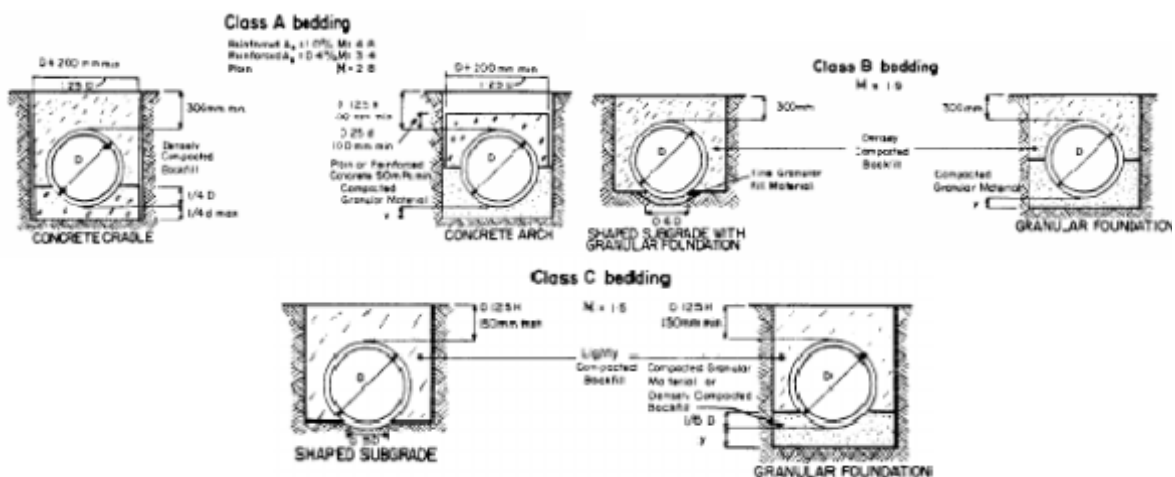
Perlindungan katodik merupakan metode elektrik untuk mencegah korosi pada struktur logam termasuk pipa baja, baik di dalam tanah maupun di dalam air. Metode ini membutuhkan penggunaan arus listrik untuk mencegah arus yang dihasilkan oleh laju korosi antara struktur baja dengan lingkungan tanah sekitar.

Ada dua metoda umum perlindungan katodik. Yang pertama adalah perlindungan katodik arus terpasang, dimana membutuhkan sumber arus DC, pada umumnya *rectifier* sama dengan penggunaan *charger* baterai. Dengan menghubungkan terminal negatif dari *rectifier* ke pipa baja untuk dilindungi dan menghubungkan terminal positif ke tanah melalui sebuah elektroda, dan pipa menjadi katoda.

Metoda lain perlindungan katodik adalah dengan mengorbankan anoda. Elektroda zinc dan magnesium yang dikorbankan menjadi anoda dan terkorosi [1].

### 2.8.3 Perlindungan Mekanis Pipa

Proses instalasi pipa dalam tanah harus sangat diperhatikan agar dapat mengurangi gaya impak pada pipa. Ukuran pipa harus sesuai dengan ukuran galian tanpa adanya beban luar yang menahan. Pipa ditanam antara 75-800 mm dalam beton dan tidak kurang dari 300 mm di bawah jalan atau tanah. Pada Gambar 2.8 di bawah ini diperlihatkan sistem perlindungan mekanis pipa di dalam tanah berdasarkan beban luar [8].

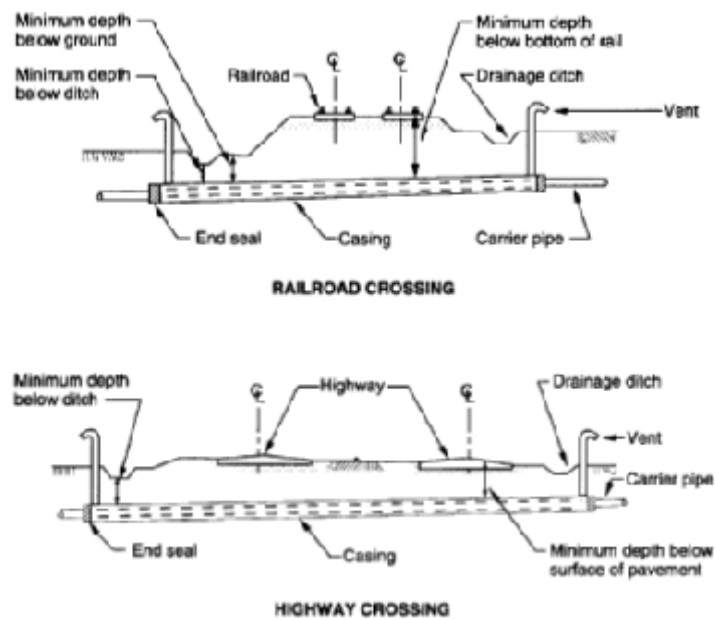


Gambar 2.10 Sistem penanaman pipa dalam tanah [8]

Perusahaan pipa akan menentukan spesifikasi beban yang diperbolehkan untuk beberapa jenis lintasan. Besarnya beban dapat diketahui dari beban kendaraan yang melintasi jalan, klasifikasinya ialah:

1. Kelas 1, jalan provinsi yang dapat dilalui kendaraan dengan muatan lebih dari sepuluh ton, maka digunakan struktur penanaman pipa yang menghasilkan *bedding factor* sebesar 2,6 sehingga digunakan *Class A bedding* seperti dilihat pada Gambar 2.8.
2. Kelas 2, jalan kota yang dapat dilalui kendaraan dengan muatan antara delapan sampai sepuluh ton, maka digunakan struktur penanaman pipa yang menghasilkan *bedding factor* sebesar 1,9 sehingga digunakan *Class B bedding* seperti dilihat pada Gambar 2.8.
3. Kelas 3, jalan kecamatan atau perdesaan yang dapat dilalui kendaraan dengan muatan kurang dari delapan ton, maka digunakan struktur penanaman pipa yang menghasilkan *bedding factor* sebesar 1,5 sehingga digunakan *Class C bedding* seperti dilihat pada Gambar 2.8.

Prosedur desain pipa dengan pelindung ketika melintasi jalan juga sudah diterapkan beberapa tahun kebelakang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 di bawah ini.



**Gambar 2.11** Instalasi pipa melintasi jalan raya dengan perlindungan [9]



## 2.9 Perencanaan dan Instalasi

### 2.9.1 Instalasi Pipa

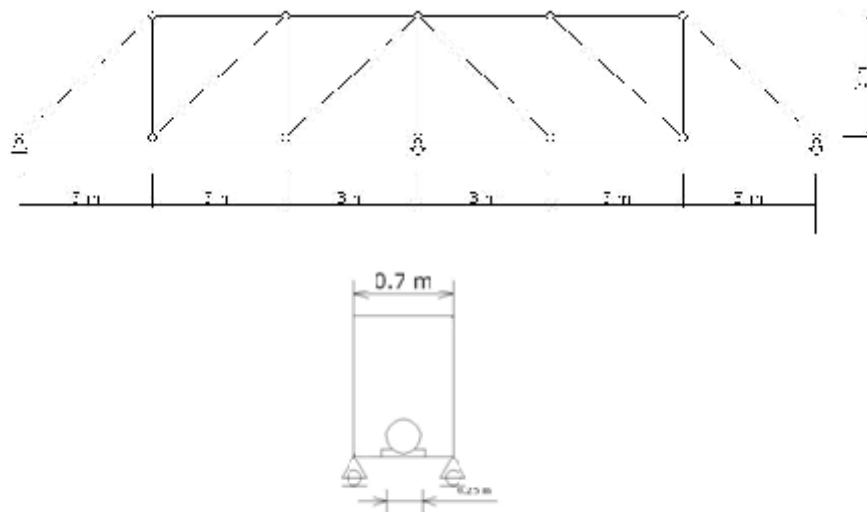
Proses instalasi pipa dalam tanah sesuai dengan analisis perlindungan mekanis dari gaya impact yang diterima pipa berdasarkan klasifikasinya.

Instalasi pipa pada jalur yang dirancang berdasarkan pada keadaan dimana pipa akan diletakkan. Pada perancangan ini yang akan dibahas ialah

#### 2.9.1.1 Instalasi Pipa Melewati Sungai

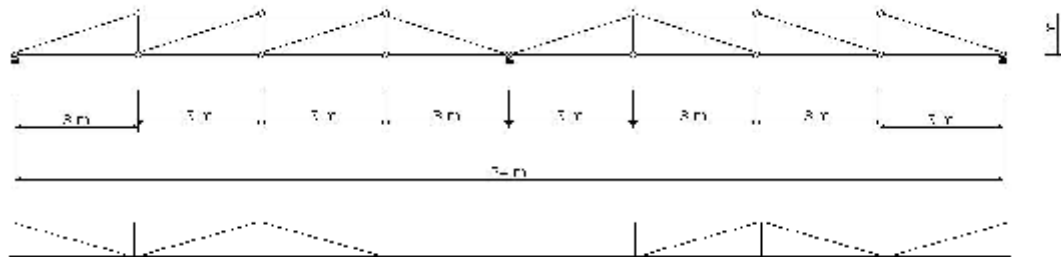
Jalur pipa seringkali harus melewati sungai, danau, ataupun rawa. Untuk rentang yang pendek, pipa disambung *rigid* lalu memiliki kekuatan yang cukup untuk menyokong dirinya sendiri dan fluidanya. Untuk rentang yang lebih besar, diperlukan jembatan untuk menyokong pipa, atau menggantung pipa dari jembatan lalu lintas yang sudah ada.

Rancangan dasar struktur jembatan pipa yang pertama menggunakan sistem *truss* seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini (menggunakan struktur jenis *Howe*). Keseluruhan struktur menggunakan profil siku. Untuk bentang yang lebih kecil atau sama dengan 18 meter, jembatan yang dirancang memiliki empat titik tumpuan (masing-masing dua di tiap ujung) seperti pada Gambar 2.10.



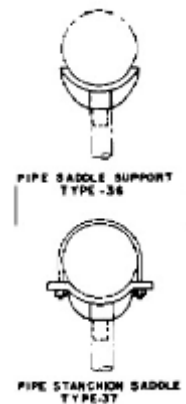
**Gambar 2.12** Jembatan pipa *truss* bentang 18 meter

Untuk bentang yang lebih besar atau sama dengan 24 meter, jembatan yang dirancang memiliki enam titik tumpuan (masing-masing dua di tiap ujung dan dua di tengah) seperti pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.13** Jembatan pipa *truss* bentang 24 meter

Untuk meletakkan dan mengikat pipa digunakan penumpu yang sambung pada pada dasar struktur. Adapun tumpuan pipa dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut



**Gambar 2.14** Tumpuan pipa [2]

Pada sistem truss memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, yaitu

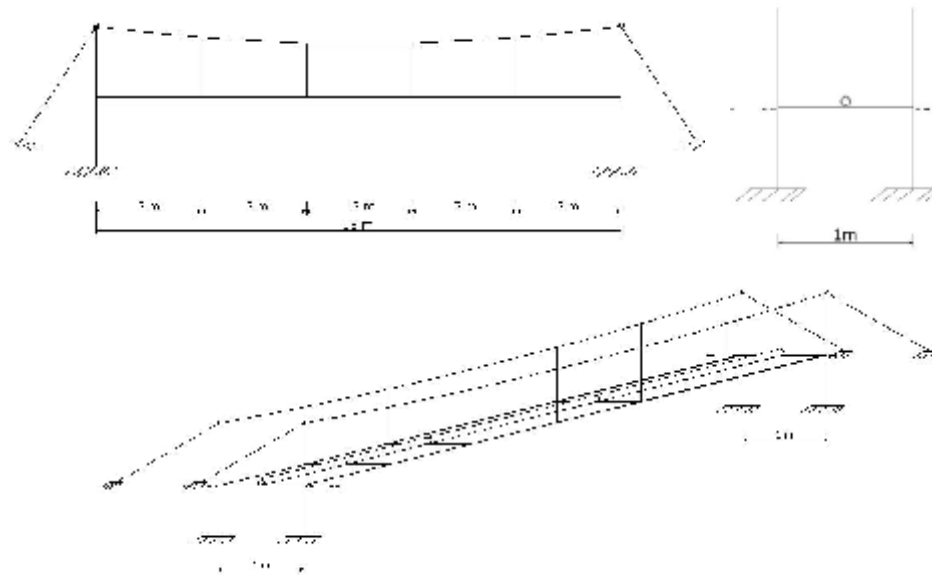
a) Kelebihan

- Sistem kaku dan tidak menerima momen.
- Sistem stabil karena setiap batang saling meniadakan gaya.
- Material mudah dicari.
- Perawatan pipa mudah.

b) Kekurangan

- Proses pelaksanaan atau instalasi cukup rumit.
- Biaya pelaksanaan cukup mahal karena harga material yang digunakan tergolong mahal.

Desain struktur jembatan selanjutnya adalah menggunakan sistem jembatan gantung atau biasa disebut *suspension cable*. Beda sistem ini dengan sebelumnya adalah sistem ini menggunakan kawat baja sebagai pengikatnya. Kawat menggantung plat-plat yang menumpu pipa. Kawat baja yang merentangi jembatan ini perlu ditambat dengan kuat di kedua belah ujung jembatan, karena sebagian besar beban di atas jembatan akan dipikul oleh tegangan di dalam kawat baja ini. Pada sistem ini juga diperlukan tumpuan pipa seperti pada sistem pertama. Pada Gambar 2.13 menunjukkan untuk desain sistem jembatan gantung pada bentang kurang dari 15 meter, sedangkan untuk yang lebih dari 20 meter desainnya relatif sama.



**Gambar 2.15** Jembatan pipa gantung dengan bentang 15 meter

Sistem jembatan gantung menggunakan plat memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, yaitu

a) Kelebihan

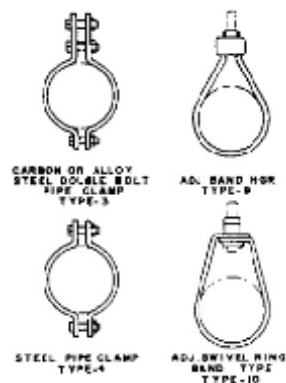
- Waktu pelaksanaan (proses pemasangan) relatif mudah.
- Bisa dilaksanakan pada kondisi jarak antar tumpuan yang jauh dan keadaan sungai yang curam atau dalam.

b) Kekurangan

- Sangat riskan terhadap angin.
- Sulit dalam melakukan perawatan pipa.
- Biaya instalasi mahal.

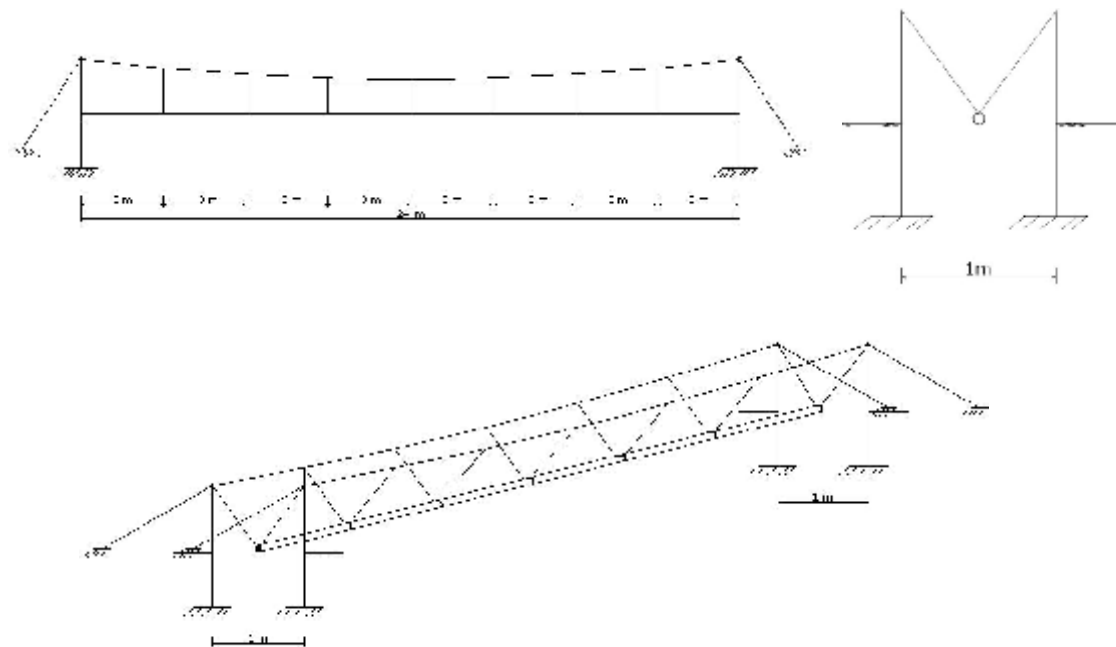
Desain struktur jembatan pipa yang terakhir juga menggunakan sistem jembatan gantung. Namun, bedanya dengan sistem sebelumnya adalah kawat baja tidak menggantung plat melainkan menggantung pipa langsung. Kawat baja tersebut dihubungkan ke pilar pada ujung-ujungnya.

Untuk menggantung pipa maka diperlukan *hanger* yang dipasang pada pipa dan kemudian dikaitkan ke kawat baja tersebut. Pada Gambar 2.14 berikut adalah beberapa jenis *hanger* yang dapat digunakan untuk menggantung pipa.



Gambar 2.16 *Hanger* [4]

Pada Gambar 2.15 menunjukkan untuk desain pada bentang lebih dari 20 meter, sedangkan untuk yang kurang dari 15 meter desainnya relatif sama.



**Gambar 2.17** Jembatan pipa gantung menggunakan *hanger* dengan bentang 24 meter

Sistem gantung menggunakan *hanger* pada pipa memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, yaitu

a) Kelebihan

- Sistem lebih stabil dibanding sistem jembatan gantung yang menggunakan plat.
- Bisa dilaksanakan pada kondisi jarak antar tumpuan yang jauh dan keadaan sungai yang curam atau dalam.
- Biaya pemasangan relatif murah.

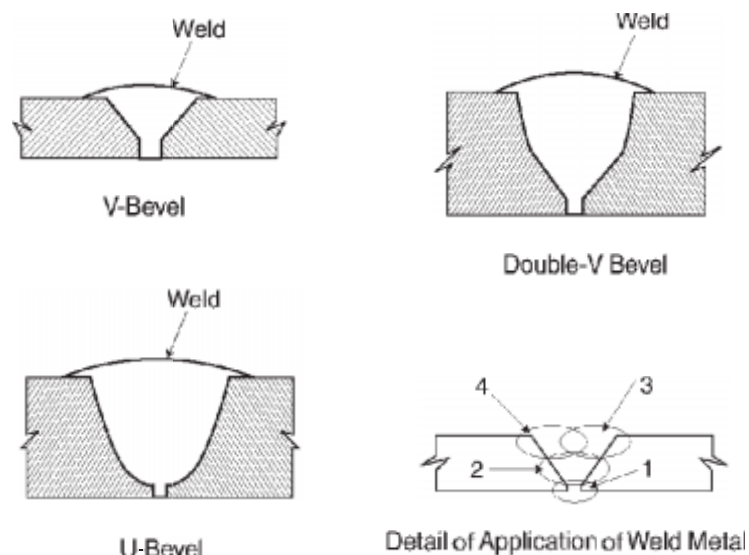
b) Kekurangan

- Proses pemasangan relatif susah.
- Sulit dalam melakukan perawatan pipa.

### 2.9.1.2 Sambungan Pipa dan Katup

Pipa dapat dihubungkan antara satu sama lain dengan beberapa cara yaitu:

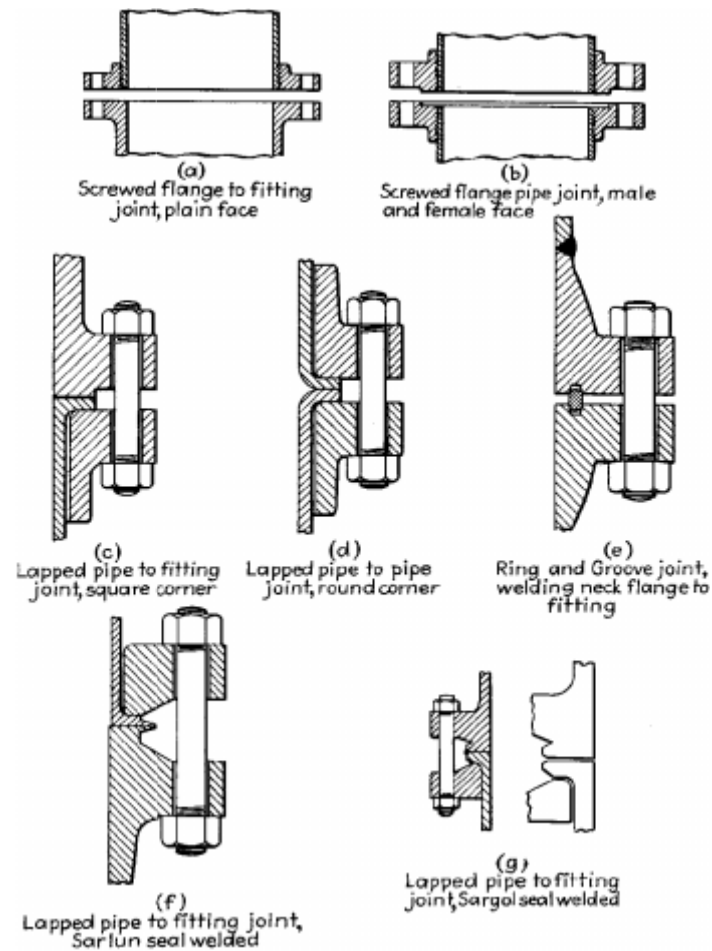
1. Pengelasan adalah cara yang paling sering digunakan untuk menyambung pipa, karena dengan metode ini lebih kuat dan tidak mudah bocor seperti dengan metode *flange* dan ulir. Penyambungan dengan metode ini tidak menambah berat pada pipa seperti pada metode *flange* dan harus menambah ketebalan dinding seperti metode ulir. Pada Gambar 2.16 di bawah ini akan diperlihatkan beberapa metode pengelasan [2].



**Gambar 2.18** Jenis dan proses pengelasan [1]

2. Sambungan ulir digunakan untuk menghubungkan pipa dengan pipa, atau pipa dengan sambungan.
3. *Flange* ialah metode yang paling sering digunakan karena kuat dan tidak permanen. Digunakan pada pipa baja yang terhubung dengan pompa, *flowmeter*, atau sambungan. Penggunaan *flange* sangat efektif karena dapat dengan mudah dipasang dan dilepaskan [1]

Pada Gambar 2.17 di bawah ini ditunjukkan beberapa jenis *flange* yang sering digunakan.



Gambar 2.19 Jenis *flange* [1]

Jenis sambungan ada yang berupa sambungan spesifik dan memiliki beberapa bentuk dengan fungsinya masing-masing. Jenis sambungan spesifik itu disebut *fitting*. *Fitting* ulir digunakan pada pipa berulir, *fitting* pengelasan digunakan untuk pipa non-ulir. Pada Tabel 2.3 di bawah ini akan ditunjukkan beberapa jenis sambungan spesifik atau *fitting* menurut fungsinya.

**Tabel 2.3** Jenis dan kegunaan *fitting* [1]

<b><i>Fitting Type</i></b>	<b><i>Purpose</i></b>
<i>Bushing</i>	<i>To connect a threaded small pipe to a larger one</i>
<i>Cap</i>	<i>To seal the end of a pipe</i>
<i>Coupling</i>	<i>To connect two threaded pipes of the same size together</i>
<i>Half coupling</i>	<i>One end threaded, and the other plain. The plain end can be welded to, for example, a tank to form a pipe entrance</i>
<i>Cross</i>	<i>To connect a pipe to three others</i>
<i>Elbow</i>	<i>To change flow direction</i>
<i>Nipples</i>	<i>To tap a pipe (small tap)</i>
<i>Plug</i>	<i>To seal the end of a threaded pipe</i>
<i>Reducer</i>	<i>To change (reduce or enlarge) pipe diameter</i>
<i>Saddle</i>	<i>To tap a pipe</i>
<i>Sleeve</i>	<i>To connect two pipes together</i>
<i>Tee</i>	<i>To connect a 90° branch</i>
<i>Union</i>	<i>To connect two threaded pipes of the same size together without having to turn the pipes – just turn the union</i>
<i>Y</i>	<i>To connect two pipes to one pipe in the shape of a Y</i>

Katup merupakan komponen yang dibutuhkan dalam sistem perpipaan yang berfungsi untuk memberhentikan, meneruskan, ataupun mengalihkan aliran pada pipa. Katup juga berfungsi untuk mengontrol laju aliran dan meregulasikannya. Ketika tekanan fluida melampaui batasnya, katup mencegah kelebihan tekanan tersebut dengan mengintegrasikannya. Katup mencegah keadaan *vacuum*. Beberapa jenis katup ada yang dioperasikan secara manual atau memiliki aktuator yang diberikan arus listrik oleh motor bisa berupa hidrolik dan pneumatik atau kombinasi keduanya untuk mengoperasikan katup secara otomatis. Dalam pemilihan katup yang cocok untuk suatu perancangan perlu diperhatikan aplikasi dari desain tersebut dan harus dievaluasi karakteristik dari katup, fitur desain, material konstruksi, dan performansi [2].

Ada beberapa jenis katup yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan pada keadaan tertentu antara lain:

1. Katup pintu (*Gate Valve*)

Katup ini berupa pintu sorong yang terbuka dan tertutup dengan mengatur pembukanya yang terpasang pada katup. Kerugian gesek yang diakibatkan pada katup ini pada saat terbuka penuh sangat kecil. Katup ini biasa digunakan pada sistem perpipaan minyak dan gas.



2. *Globe Valve*

Dari luar katup ini berbentuk melingkar. Merubah arah aliran yang melewati katup ini. Kerugian gesek yang diakibatkan pada katup ini sangat besar walaupun pada keadaan sepenuhnya terbuka. Katup jenis ini memberikan pengaturan aliran yang lebih baik dari katup pintu dan baik digunakan pada aplikasi *throttle*.

3. *Angle Valve*

Sama seperti *globe valve*, hanya arah yang dirubah hanya untuk sudut  $90^{\circ}$ .

4. Katup bola (*Ball Valve*)

Katup berupa bola berlubang yang dapat dengan baik menghentikan laju airan dengan baik. Ketika terbuka penuh hanya menyebabkan kerugian gesek yang kecil.

5. *Plug Valve*

Katup jenis ini dapat terbuka dan tertutup dengan hanya mendorong dan memutar katup. Katup ini dilengkapi dengan pegas penekan penutup aliran.

6. *Butterfly Valve*

Katup ini berfungsi untuk memperkecil laju aliran. Katup ini merupakan yang paling ekonomis untuk pada sistem perpipaan yang besar. Katup harus ditutup secara perlahan atau akan menyebabkan kerusakan.

7. Katup diafragma (*Diaphragm Valve*)

Diafragmanya memisahkan katup dengan fluida. Katup dapat digunakan untuk fluida yang korosif dan berpartikel besar.

8. *Pinch Valve*

Katup ini digunakan untuk mengatur laju aliran dan cocok pada ukuran tabung yang kecil.

9. *Check Valve*

Pada katup ini aliran tidak dapat berbalik. Katup ini menghasilkan aliran searah.

10. *Foot Valve*

Katup ini digunakan untuk menjaga agar pompa tidak kehilangan alirannya ketika berhenti [1].

### 2.9.2 Instalasi Pompa

Ruang pompa harus direncanakan dengan memperhatikan jalan untuk masuk mesin, tempat, dan ruangan untuk membongkar dan memasang pompa, jalan untuk pemeliharaan dan pemeriksaan, papan tombol, pipa-pipa, penopang pipa, saluran pembuang air, *drainase* ruangan, ventilasi, penerangan, keran pengangkat, dan lain-lain.

Pompa cadangan harus diperhitungkan ketika jam operasi pompa secara kontinyu. Beberapa pompa harus diperhitungkan jarak antar pompanya. Jarak yang terlalu besar kurang ekonomis, tetapi jarak yang terlalu dekat dapat menimbulkan pusaran pada tadah isap sehingga akan mengakibatkan performansi pompa yang buruk atau menyulitkan pada waktu operasi dan pemeliharaan. Karena itu sebagai pedoman dapat diambil jarak minimum 1,0 m dan biasanya lebih dari 1,5 m sebagai ruang bebas di sekeliling pompa.

Berikut adalah beberapa hal yang harus diperhatikan pada instalasi pompa antara lain:

1. Tata letak pompa
2. Perpipaian
3. Tadah isap dan tadah keluar [10].