

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Konsep Dasar Aliran Fluida

Aliran dalam pipa menjadi fokus utama yang diperhatikan dalam perencanaan sistem distribusi air dengan pemipaan. Analisis aliran fluida pada pipa menggunakan asumsi bahwa fluida inkompresibel dan aliran dalam keadaan *steady* dan seragam. Prinsip *Bernoulli* menyatakan jumlah energi pada suatu titik dalam aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Menurut Larry (2004) prinsip dasar dari massa fluida dapat dijelaskan bahwa:

$$Q = V \times A \quad (3-1)$$

Dengan:

Q : Debit (m³/s)

V : Kecepatan Aliran (m/s)

A : Luas Penampang (m²)

Aliran *steady* dan seragam berarti energi pada setiap titik adalah sama, besarnya debit masuk dan keluar antara satu titik ke titik lain adalah sama. Aliran fluida dalam pipa dengan diameter pipa konstan pada waktu yang sama berlaku (Larry, 2004):

$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2 \quad (3-2)$$

Dengan:

V_1 : Kecepatan Awal Aliran (m/s)

A_1 : Luas Penampang Awal (m^2)

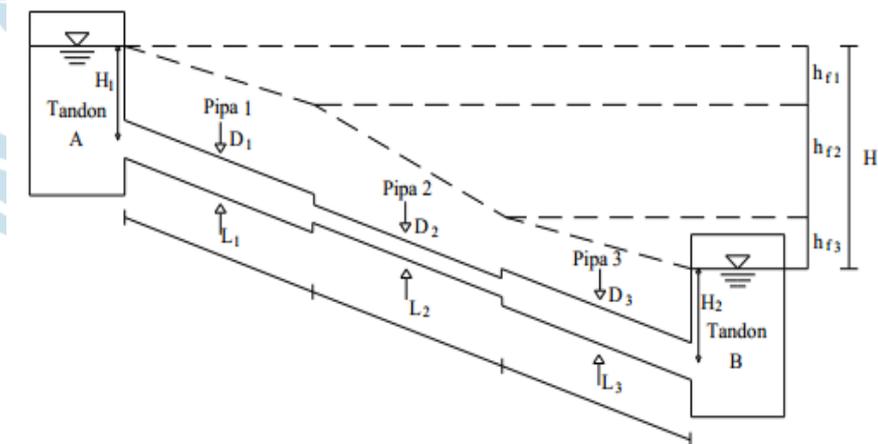
V_2 : Kecepatan Akhir Aliran (m/s)

A_2 : Luas Penampang Akhir (m^2)

3.2 Mekanisme Aliran dalam Pipa

Aliran terjadi akibat perbedaan elevasi antara sumber air dan tempat yang akan dilayani. Apabila elevasi sumber air berada lebih rendah daripada elevasi tempat yang akan dituju, dapat digunakan pompa untuk membantu mengalirkan zat cair. Sistem pemipaan pada dasarnya adalah untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain (Triatmodjo, 1993).

- Pipa yang dihubungkan seri



Gambar 3.1 Pipa Hubungan Seri (Triatmodjo, 1993)

Dua buah pipa atau lebih yang dialirkan dengan hubungan seri dialiri oleh aliran yang sama. Pada hubungan seri debit aliran pada setiap titik sama namun kehilangan tekanan pada setiap titik berbeda seperti pada Gambar 3.1. Total kehilangan tekanan pada seluruh sistem merupakan

jumlah kerugian pada setiap pipa dan perlengkapan pipa sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut (White, 1986):

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{tetap} \quad (3-3)$$

Adapun persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1993):

$$Q_0 = A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 \quad (3-4)$$

Total kehilangan tekanan pada pipa seri dapat dirumuskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1993):

$$H = H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} \quad (3-5)$$

Dengan:

Q_0 = debit pada awal pipa (m^3/s)

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada tiap pipa (m^3/s)

A_1 = luas penampang saluran pada awal pipa (m^2)

V_1 = kecepatan awal didalam pipa (m/s)

A_2 = luas penampang saluran pada akhir pipa (m^2)

V_2 = kecepatan akhir didalam pipa (m/s)

H = total kehilangan tekanan pada pipa hubungan seri (m)

H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} = kehilangan tekanan pada tiap pipa (m)

3.3 Hidraulika Aliran Jaringan Pipa

3.3.1 Kecepatan Aliran

Berdasarkan peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 18/PRT/M/2007 tentang penyelenggaraan Pengembangan Sistem Air Minum Lampiran I,

kecepatan aliran yang diizinkan dalam pipa adalah minimal 0,3 – 0,6 m/s dan maksimal 3 – 4,5 m/s. Berdasarkan BPSDM Kementerian PUPR (2018) dalam perencanaan jaringan pipa transmisi dan distribusi air minum, kecepatan aliran maksimal dalam pipa adalah 3 m/detik dan kecepatan aliran maksimal dalam pipa hisap pompa adalah 1,2 m/detik. Kecepatan tersebut nantinya dapat disesuaikan dengan elevasi lahan serta penambahan tekanan dengan menambahkan pompa atau meninggikan sumber mata air. Untuk menghitung kecepatan aliran pada penelitian ini digunakan rumus kecepatan aliran *Manning* sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (3-6)$$

Dengan; n = koefisien Manning, R = jari-jari hidraulis, dan I = Kemiringan garis tenaga. Jari-jari hidraulis didapat dari perbandingan luas penampang (A) dan keliling basah (P).

Mencari nilai R atau jari-jari hidraulis diperoleh dari persamaan berikut:

$$R = \frac{D}{4} \quad (3-7)$$

Nilai D adalah diameter pipa. Persamaan jari-jari hidraulis ini berasal dari persamaan $R = \frac{A}{P}$ dengan A adalah luas penampang lingkaran dan P adalah keliling basah.

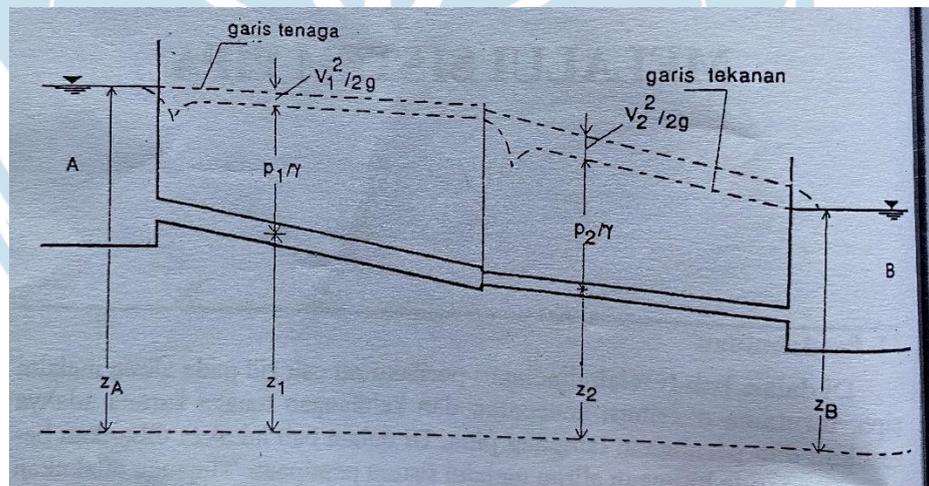
3.3.2 Persamaan Kontinuitas

Persamaan hukum kontinuitas seperti pada rumus (3-2) mengenai aliran *steady* dan seragam di mana energi di setiap titik sama. Air yang

mengalir terus menerus dalam pipa memiliki debit masuk dan keluar yang sama.

3.3.3 Persamaan Bernoulli

Hukum *Bernoulli* menjelaskan bahwa air pada pipa selalu mengalir dari tempat yang energinya lebih besar menuju tempat yang energinya lebih kecil. Hukum Bernoulli menyatakan tinggi total energi pada sebuah penampang pipa adalah jumlah dari energi kecepatan, energi tekanan, dan energi ketinggian. Menurut teori kekekalan Energi dari Hukum Bernoulli, energi total akan tetap konstan apabila dalam suatu sistem tidak ada energi yang lolos atau diterima.



Gambar 3.2 Diagram Energi dan Garis Tekanan (Triatmodjo, 1993)

Persamaan Bernoulli untuk aliran antara titik 1 dan 2 seperti pada Gambar 3.2 dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1993):

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{L1-2} \quad (3-8)$$

Dengan:

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}$ = tinggi tekanan di titik 1 dan 2 (m)

$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g}$ = tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)

Z_1, Z_2 = tinggi elevasi dari datum atau garis yang ditinjau (m)

P_1, P_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m^2)

γ = berat jenis cairan (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/detik^2)

V_1, V_2 = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/s)

h_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

