

MAYOR DAN MINOR LOSSES HEAD JARINGAN PIPA PENYALUR PADA POLITEKNIK NEGERI KUPANG

Nasaruddin

Politeknik Negeri Kupang Jl. Adi Sucipto PO BOX 139 Kupang
E-mail: nasarkupang@gmail.com

Abstrak

Daya tampung air pada tandom Politeknik Negeri Kupang cukup besar yaitu 35 m³, tetapi air mengalir dari PDAM selama tahun 2018 debit air sangat kecil dan jarang sekali mengalir. Tidak ada masalah jika diatasi dengan memperbaiki sistem distribusi air untuk mengurangi kerugian-kerugian. Distribusi air dapat mengalir normal jika dibuat suatu instalasi perpipaan dan estimasi spesifikasi pompa yang terencana. Yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu berapa besar kerugian *head* pada jaringan pipa penyalur dari tandom Baumata ketandom Politeknik Negeri Kupang. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kerugian yang terjadi akibat belokan, gesekan, pengecilan penampang pipa, dan pemilihan pompa. Metode yang digunakan yaitu menganalisis kerugian *major* dan *minor losses*, tempat dan waktu pengambilan data yaitu PDAM Kabupaten Kupang dari September s/d November 2018, dari hasil dan pembahasan sistem instalasi pipa penyalur dari tandom Baumata ke tandom Politeknik Negeri Kupang, total kerugian *major* dan *minor losses* titik A 5500 m sepanjang 29,068 meter, titik B 2300 m sepanjang 40,167 meter, dan titik C ke tandom Politeknik Negeri Kupang 2200 m sepanjang 29,068 meter, dan pompa yang digunakan menyalurkan air dari tandom Baumata ke tandom Politeknik Negeri Kupang dengan beda elevasi 2,5 meter, sehingga *head* pompa 86,4 meter, daya pompa 282,8 kW, efisiensi pompa (η_{pompa}) 90%, maka kerugian total mencapai 98,303 meter sepanjang 10.000 m.

Kata Kunci : Kerugian *head*, jaringan pipa penyalur, tandom

MAJOR AND MINOR LOSSES HEAD NETWORK DISTRIBUTION PIPE IN KUPANG STATE POLYTECHNIC

Nasaruddin

Departement of Mechanical Engineering, Kupang State Polytechnic
E-mail: nasarkupang@gmail.com

Abstract

Water capacity in the Kupang State Polytechnic tandom is quite large at 35 m³, but the water flowing from the PDAM during 2018 is very small and rarely flows. There is no problem if it is overcome by improving the water distribution system to reduce losses. Water distribution can flow normally if a piping installation and estimated pump specifications are planned. The formulation of the problem in this study is how much head loss in the pipeline network from Baumata tandom to Kupang State Polytechnic. The purpose of this study is to determine the losses due to turns, friction, pipe section reduction, and pump selection. The method used is analyzing major and minor losses, the place and time of data collection, namely PDAM Kabupaten Kupang from September to November 2018, from the results and discussion of the pipeline installation system from Baumata tandom to Kupang State Polytechnic, major and minor losses. point A 5500 m along 29.068 meters, point B 2300 m along 40.167 meters, and point C to Kupang State Polytechnic tandom 2200 m along 29.068 meters, and the pump used to distribute water from the Baumata tandom to the Kupang State Polytechnic with an elevation difference of 2.5 meter, so that the pump head is 86.4 meters, pump power is 282.8 kW, pump efficiency is 90%, then the total loss reaches 98,303 meters along 10,000 m.

Keywords: head loss, pipeline network, tandom

PENDAHULUAN

Jika terjadi musim kemarau sudah menjadi tradisi di Kota Kupang bahwa air tanah akan berkurang sehingga semua orang akan berteriak dan mencari air, hal ini sering terjadi pada daerah iklim tropis dimana sistem pendistribusiannya jika tidak dikelola dengan baik akan menjadi sangat rumit.

Hal ini juga terjadi pada Politeknik Negeri Kupang dimana dalam setiap minggunya air mengalir satu kali atau tidak mengalir sama sekali ke bak penampungan (tandom) sehingga mengalami kekurangan air bersih baik pada semua gedung sampai ke laboratorium/bengkel. Sementara volume tampung air pada tandom cukup besar yaitu 35 m³ akan tetapi walaupun air mengalir yang dapat terisi 5 m³. Masalah tersebut dapat diatasi dengan memperbaiki sistem distribusi air dari sumber tandom Baumata ke tandom Politeknik berfungsi dengan baik dan atau merata ke bagian yang akan dialirkan berdasarkan jadwal. Tetapi perlu diketahui bahwa pipa-pipa bersambung terdiri dari pipa-pipa dari beberapa ukuran yang berhubungan seri. Pipa-pipa berantai terdiri dari dua atau lebih pipa yang bercabang dan kembali bertemu diarah hilirnya (sejajar) begitu juga dengan pipa-pipa bercabang (paralel) terdiri dari dua atau lebih pipa yang bercabang dan tidak kembali bertemu diarah hilirnya.

Pendistribusian air yang merata dapat tercapai jika dibuat suatu instalasi perpipaan dan estimasi spesifikasi pompa yang tepat, sehingga mempunyai keterandalan yang tinggi dan efisien. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan perencanaan yang lebih baik sehingga teriakan tentang air tidak akan terjadi lagi.

Berdasarkan uraian di atas maka yang menjadi *rumusan masalah* dalam penelitian ini yaitu berapa besar kerugian *head* pada jaringan pipa penyalur dari tandom Baumata ke tandom Politeknik Negeri Kupang. Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dibahas maka penulis membatasi pada sistem jaringan pipa dari tandom penangkap air ke tandom distribusi, hal ini yang dimaksud adalah jaringan pipa instalasi penyalur air Baumata ke penampung tandom Politeknik Negeri Kupang yang berjarak 10.000 m.

Sementara *tujuan yang ingin dicapai* yaitu untuk mengetahui kerugian *major losses* dan *minor losses* yang terjadi akibat belokan, gesekan, pengecilan penampang pipa, dan memilih pompa yang diperlukan, dan juga sebagai bahan referensi

untuk perencanaan sistem jaringan pipa pada PDAM Kabupaten Kupang.

Definisi Fluida merupakan suatu zat yang berubah secara kontinyu bila terkena tegangan geser (*shear stress*) seberapa kecilpun tegangan geser tersebut, sementara gaya geser (*shear force*) merupakan komponen gaya yang menyinggung permukaan dan gaya ini yang dibagi dengan luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan itu. Suatu fluida yang ideal tidak memiliki gaya gesek dalam aliran zat hanya terdapat suatu gaya yang selalu normal dalam gerakannya, namun dalam kenyataannya tidak ada fluida baik cair maupun gas akan memiliki gaya geser dalam setiap gerakannya sehingga menyebabkan adanya gesekan fluida (*Schaum,1989*).

Pipa transmisi yang digunakan untuk menyalurkan air dari sumber reservoir maupun dari reservoir ke konsumen harus kuat dan tahan terhadap korosi, tahan terhadap tekanan air yang bekerja, dan bagian dalamnya diharapkan tidak mudah terkikis oleh senyawa kimia campuran air.

Jenis pipa yang umum dipakai untuk penyediaan air bersih, yaitu : *Cast iron pipe, Ductile cast iron pipe, Steel pipe, Asbestos cement pipe, dan PVC (Polyvinyl Chloride)*.

Sistem distribusi penyediaan air bersih ke konsumen melalui pipa-pipa induk terdiri dari 3 jenis, yaitu (1) pipa primer yaitu untuk menyalurkan air dari pipa transmisi ke daerah-daerah tertentu, (2) pipa sekunder yaitu untuk membagikan air dari pipa primer ke daerah-daerah yang lebih kecil, dan (3) pipa tersier yaitu untuk membagikan air dari pipa sekunder ke pelanggan.

Perlengkapan pipa-pipa air bersih, agar penyaluran air di dalam pipa dapat berjalan dengan baik maka jaringan pipa dilengkapi dengan katup, *flens*, alat penyambung, yaitu katup sekat (*gate valve*), katup pencegah aliran balik (*non return valve*), katup udara (*air valve*), katup penguras (*wash out*)

Kerugian dalam jaringan pipa, yaitu :

- a. **Mayor losses**, adalah suatu kerugian yang dialami oleh aliran fluida di dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan permukaan pipa bagian dalam yang besarnya tergantung pada angka kekasaran pipa, panjang pipa, diameter pipa dan bilangan Reynold secara matematis dapat ditulis :

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Wiggert, 1986})$$

Dimana ; hf = kerugian oleh gesekan aliran fluida dalam pipa, f = Koefisien gesekan,

L = panjang pipa, D = Diameter pipa, V = Kecepatan aliran (m/dtk), g = Grafitasi (m/dtk²).

b. **Minor losses**, adalah suatu kerugian yang dialami oleh aliran fluida di dalam pipa yang disebabkan oleh *valve, elbow, orifice* dan perubahan suatu penampang baik penampang besar menjadi kecil maupun sebaliknya, secara matematis dapat ditulis :

$$hv = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots(\text{Wiggert, 1986})$$

Dimana ; hv = kerugian aliran yang disebabkan oleh *valve, elbow* (m), k = koefisien hambatan, V = kecepatan aliran (m/dtk), g = grafitasi (m/dtk²)

c. **Losses karena sudden expention** disebabkan karena adanya *dispention energi*, dengan :

1. **Persamaan Bernoulli**

$$\frac{P_1}{\rho} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h. \text{Exp}$$

$$\rightarrow Z_1 = Z_2 \dots(\text{Streeter, 1999})$$

$$h. \text{exp} = \frac{P_1 - P_2}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

2. **Persamaan Kontinuitas**

$$\dots_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \dots_2 \cdot V_2 \cdot A_2 \dots(\text{Streeter, 1999})$$

Hydraulic grade line (HGL) adalah suatu garis tingkat hidrolis yang menunjukkan tingkat air yang dapat naik pada pipa tegak terbuka sepanjang saluran pipa dan **energi grade line (EGL)** adalah suatu garis tingkat energi yang menunjukkan besarnya energi pada setiap potongan dengan memperlihatkan letak datum total energi (Schaum,1989). **Tandom** merupakan bangunan berbentuk empat persegi atau bulat yang dindingnya serta alasnya terbuat dari beton. Fungsi dari tandom adalah untuk menampung kebutuhan air dari sumber, dengan tujuan untuk mengatasi kebutuhan air jika terjadi kekurangan kapasitas yang mengalir dari sumber ke

konsumen. **Pompa** adalah suatu mesin konversi energi yang berfungsi untuk mengkonversikan bentuk energi mekanik kebentuk energi spesifik (*head*) fluida (Sularso, dkk, 1987)

Head akibat perbedaan tekanan pada saluran keluar dan masuk pipa yang menyebabkan terjadinya perbedaan *head tekan*. *Head* pompa (H_p) dapat diperlihatkan pada persamaan, sebagai berikut :

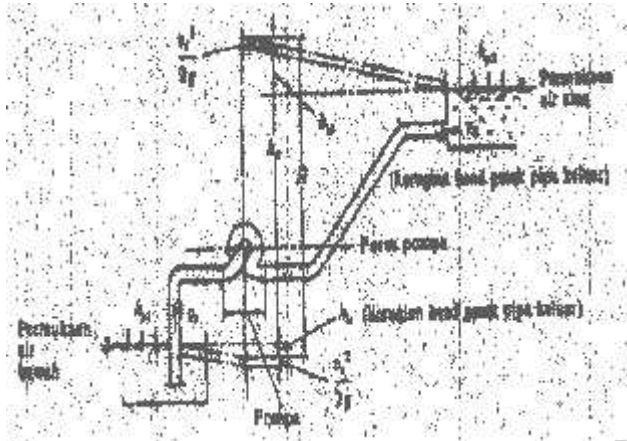
$$H_p = \frac{P_a - P_e}{\rho g} \dots(\text{Cracker and King, 1930})$$

Dimana : P_a = Tekanan akhir pemompaan/keluar (N/m²), P_e = Tekanan masuk (N/m²), ρ = Massa jenis fluida (m³/dtk), g = Percepatan grafitasi (m/dtk²).

Head total pompa adalah energi yang diberikan kepada setiap satuan berat fluida didalam pompa atau kenaikan energi spesifik. *Head* total pompa yang disediakan untuk memindahkan zat cair dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. *Head total pompa* dapat diperlihatkan pada persamaan, sebagai berikut :

$$H = h_a + h_p + h_i + \left(\frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} \right) \dots(\text{Sularso, 1987})$$

Dimana :h_a = Perbedaan sisi isap dan sisi tekan (m), h_p = *Head* perbedaan tekanan (m), h_i = Kerugian *head* pada pipa, katup, belokan, dll (m), V_d = Kecepatan aliran pada titik A (m/s), V_s = Kecepatan aliran pada titik B (m/s)



Gambar 1 : *Head pompa*
Sumber : Sularso, Pompa dan Kompresor

Daya poros pompa (*brake horse power/BHP*) adalah energi persatu satuan waktu yang dimiliki poros pompa.

$$WHP = \dots \cdot g \cdot H \cdot Q, \dots \text{ (Fritz Dietzel, 1992)}$$

Dimana : WHP = daya poros pada pompa, ... = massa jenis fluida (m³/dtk), g = gravitasi (m²/dtk), H = head total instalasi (m), Q = Debit (m³/dtk)

Daya Fluida atau daya air (*water horse power/WHP*) adalah energi persatu satuan waktu yang dimiliki oleh fluida zat cair, yang terisap akibat kerja yang dilakukan pompa.

$$BHP = \frac{\dots \cdot g \cdot H \cdot Q}{(Y_m \cdot Y_v \cdot Y_h)}, \dots \text{ (Fritz Dietzel, 1992)}$$

Dimana : BHP = daya fluida /cat cair, Y_m = efisiensi mekanik, Y_v = efisiensi volumetrik

Y_h = efisiensi mekanis

Efisiensi pompa (Y) adalah perbandingan antara WHP dan BHP. Harga efisiensi yang diperoleh dari perbandingan tersebut sebenarnya adalah merupakan perkalian antara efisiensi mekanis (Y_m) dan efisiensi hidrolis (Y_h). (Sularso, Haruo Tahara, 1987)

Harga Efisiensi total pada suatu pompa dapat diketahui dengan melihat grafik efisiensi standar di bawah ini :



Gambar 2 : Grafik efisiensi standar pompa sentrifugal – kapasitas pompa
Sumber : Sularso, *Pompa dan Kompresor*

Kavitasi merupakan timbulnya penguapan zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Kavitasi akan timbul bila tekanan isap terlalu rendah, cara untuk mengatasi gejala ini

dapat dicegah dengan membuat *net positive suction head* (NPSH) yang tersedia lebih besar dari NPSH yang diperlukan. **Net positive suction head (NPSH)** dipakai sebagai ukuran keamanan pompa terhadap kavitasi, di bawah ini akan diuraikan tentang NPSH yang tersedia pada sistem instalasi, dan NPSH yang diperlukan oleh pompa.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian analisis perhitungan tentang kerugian *head* pada pipa penyalur berdasarkan data lapangan, jenis pipa yang digunakan, tekanan dan spesifikasi dan daya pompa.

Tempat dan waktu penelitian yaitu Perusahaan Air Minum Kabupaten Kupang dilaksanakan dari bulan September s/d. November 2018

Variabel yang dianalisis, yaitu analisa kerugian *head* jaringan pipa penyalur, kerugian *major losses* dan *minor losses*, tekanan pompa, spesifikasi pompa, diameter pipa

Langkah penelitian, mengumpulkan data-data tentang :

- Panjang pipa keluar setelah pompa dari tandem Baumata
- Panjang pipa dari tandem Baumata ke pintu masuk Kampus Undana Kupang
- Panjang pipa dari pintu masuk kampus Undana Kupang ke tandem Politeknik Negeri Kupang
- Pengukuran diameter pipa
- kalkulasi jumlah belokan, *elbow*, katup, dll
- Mengukur tinggi permukaan air laut ke tandem
- Kalkulasi panjang pipa setiap titik (A,B,C), perubahan diameter pipa, dll
- Analisis kerugian *major losses* dan *minor losses*, tekanan pompa, spesifikasi dan daya pompa, diameter pipa, debit air yang keluar
- Menyimpulkan hasil analisis perhitungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerugian *major losses* dan *minor losses*

a. Kerugian yang terjadi pada titik A pipa keluar dari sumber air Baumata setelah pompa

1. Mayor losses

Diketahui tiap 1000 m panjang pipa :

1.1. Panjang pipa $L_A = 5,5 \text{ km} = 1000 \text{ m}$

1.2. Diameter pipa $D_A = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$

1.3. Debit aliran $Q_A = 308 \text{ ltr/dtk} = 0,308 \text{ m}^3/\text{dtk}$

1.4. kekasaran pipa $e = 0,0015 \text{ mm}$ dimana $e/D_A = 3 \times 10^{-6}$

1.5. Kekentalan kinematis air $\nu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}$

1.6. Gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$

1.7. Luas penampang $A_A = \frac{f \times D_A^2}{4} = \frac{f \times 0,5^2}{4} = 0,1964 \text{ m}^2$

1.8. Kecepatan aliran $V_A = \frac{Q_A}{A_A} = \frac{0,308}{0,1964} = 1,5686 \text{ m/dtk}$

1.9. Bilangan Reynold $Re = \frac{V_A \cdot D_A}{\nu} = \frac{1,5686 \times 0,5}{1 \times 10^{-6}} = 784.300 = 7,84 \times 10^5$

1.10. Dari gambar *Diagram Moody* harga faktor gesekan $f = 0,0132$

1.11. *Mayor losses* $F_A = f \frac{L}{D_A} \frac{V_A^2}{2 \cdot g} = 0,0132 \times \frac{1.000}{0,5} \times \frac{1,5686^2}{2 \times 9,8} = 3,313 \text{ m}$

2. Minor Losses

Diketahui tiap 1000 m panjang pipa, yaitu:

2.1. Jumlah belokan (*elbow*) $90^\circ = 1$ buah, $k_1 = 1 \times 0,31 = 0,31$

2.2. Jumlah belokan (*elbow*) $45^\circ = 1$ buah, $k_2 = 1 \times 0,187 = 0,187$

2.3. Jumlah sambungan (dengan kerah) = 167 buah, $k_3 = 167 \times 0,09 = 15,03$

2.4. Jumlah katup (*gate valve*) = 1 buah, $k_4 = 1 \times 0,19 = 0,19$

2.5. Jumlah *minor losses* $K_A = (k_1 + k_2 + k_3 + k_4) \frac{V_A^2}{2 \cdot g} = (0,31 + 0,187 + 15,03 + 0,19) \times \frac{1,5686^2}{2 \times 9,8} = 1,972 \text{ m}$

3. Jumlah total kerugian mayor losses dan minor losses bagian A = 5500 m

Kerugian bagian A = $(F_A + K_A) \times L_A = (3,313 + 1,972) \times 5500 = 29,068 \text{ m}$

Tabel 1 : Jumlah total kerugian bagian A

Jarak (m)	V_A (m/dtk)	<i>Mayor losses</i> (m)	<i>Minor losses</i> (m)	Jumlah (m)
1000	1,558	3,313	1,972	5,285
2000	1,558	6,626	3,944	10,570
3000	1,558	9,939	5,916	15,855
4000	1,558	13,252	7,888	21,140
5000	1,558	16,565	9,860	26,425
5500	1,558	18,222	10,846	29,068

Sumber : Data hasil olahan

b. Kerugian yang terjadi pada percabangan dititik B dari cabang Penfui ke depan kampus baru Undana Kupang

1. Mayor losses

Diketahui tiap 1000 m maka panjang pipa, yaitu :

1.1. Panjang pipa $L_B = 2,3 \text{ km} = 2300 \text{ m}$

1.2. Diameter pipa $D_B = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$

1.3. Debit aliran $Q_B = 168 \text{ ltr/dtk} = 0,168 \text{ m}^3/\text{dtk}$

1.4. Kekasaran pipa $e = 0,015 \text{ mm}$ dimana $e/D_B = 5 \times 10^{-6}$

1.5. Kekentalan kinematis air $\nu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}$

1.6. Gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$

$$1.7. \text{ Luas penampang } A_B = \frac{f \cdot D_B^2}{4} = \frac{f \cdot 0,3^2}{4} = 0,0707 \text{ m}^2$$

$$1.8. \text{ Kecepatan aliran } V_B = \frac{Q_B}{A_B} = \frac{0,168}{0,0707} = 2,376 \text{ m/dtk}$$

$$1.9. \text{ Bilangan Reynold } Re = \frac{V_B \cdot D_B}{\nu} = \frac{2,376 \cdot 0,3}{1 \times 10^{-6}} = 712.800 = 7,13 \times 10^5$$

1.10. Dari gambar *Diagram Moody* harga faktor gesekan $f = 0,0135$

$$1.11. \text{ Jumlah } \textit{major losses} F_B = f \cdot \frac{L}{D_B} \cdot \frac{V_B^2}{2 \cdot g} = 0,0135 \times \frac{1.000}{0,3} \times \frac{2,376^2}{2 \times 9,8} = 12,96 \text{ m}$$

2. Minor Losses

Diketahui tiap 1000 m maka panjang pipa, yaitu :

2.1. Jumlah belokan (*elbow*) $90^\circ = 1$ buah, $k_1 = 1 \times 0,31 = 0,31$

2.2. Jumlah katup (*gate valve*) $45^\circ = 1$ buah, $k_2 = 1 \times 0,19 = 0,19$

2.3. Jumlah sambungan (bentuk kerah) = 167 buah, $k_3 = 167 \times 0,09 = 15,03$

2.4. Jumlah pengecilan penampang = 1 buah, $k_4 = 1 \times 0,191 = 0,191$

$$2.5. \text{ Jumlah } \textit{minor losses} K_B = (k_1 + k_2 + k_3) \frac{V_B^2}{2 \cdot g} + k_4 \frac{(V_B^2 - V_A^2)}{2 \cdot g} = (0,31 + 0,19 + 15,03) \frac{2,376^2}{2 \cdot 9,8} + 0,191 \frac{2,376^2 - 0}{2 \cdot 9,8} = 12,96 + 0,191 = 13,151 \text{ m}$$

$$+ 0,19 + 15,03) \times \frac{2,376^2}{2 \times 9,8} + 0,191 \frac{2,376^2 - 1,5686^2}{2 \times 9,8} = 4,504 \text{ m}$$

3. Jumlah total kerugian mayor losses dan minor losses bagian B = 2300 m

$$\text{Kerugian bagian B} = (F_B + K_B) \times L_B = (12,960 + 4,504) \times 2300 = 40,1672 \text{ m}$$

Tabel 2 : Jumlah total kerugian bagian B

Jarak (m)	V_B (m/dtk)	Mayor losses (m)	Minor losses (m)	Jumlah (m)
1000	2,376	12,960	4,504	17,464
2300	2,376	29,808	10,359	40,1672

Sumber : Data hasil olahan

c. Kerugian yang terjadi dari titik C cabang depan kampus baru Undana Kupang ke tandom Politeknik Negeri Kupang)

1. Mayor losses

Diketahui tiap 1000 m panjang pipa :

1.1. Panjang pipa $L_C = 3200 \text{ m}$

1.2. Diameter pipa $D_C = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$

1.3. Debit aliran $Q_C = 140 \text{ ltr/dtk} = 0,14 \text{ m}^3/\text{dtk}$

1.4. kekasaran pipa $e = 0,015 \text{ mm}$ diman $e/D_C = 5 \times 10^{-6}$

1.5. Kekentalan kinematis air $\nu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}$

1.6. Gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$

$$1.7. \text{ Luas penampang } A_C = \frac{f \cdot D_C^2}{4} = \frac{f \cdot 0,3^2}{4} = 0,0707 \text{ m}^2$$

$$1.8. \text{ Kecepatan aliran } V_C = \frac{Q_C}{A_C} = \frac{0,14}{0,0707} = 1,980 \text{ m/dtk}$$

$$1.9. \text{ Bilangan Reynold } Re = \frac{V_C \cdot D_C}{\nu} = \frac{1,980 \times 0,3}{1 \times 10^{-6}} = 5,94 \times 10^5$$

1.10. Dari gambar *Diagram Moody* harga faktor gesekan $f = 0,0138$

$$1.11. \text{ Jumlah } \textit{mayor losses} F_C = f \frac{L}{D_C} \frac{V_C^2}{2 \cdot g} = 0,0138 \times \frac{1.000}{0,3} \times \frac{1,98^2}{2 \times 9,8} = 9,2 \text{ m}$$

2. Minor Losses

Diketahui tiap 1000 m maka panjang pipa, yaitu :

2.1. Jumlah belokan (*elbow*) $90^\circ = 1$ buah, $k_1 = 1 \times 0,31 = 0,31$

2.2. Jumlah katup (*gate valve*) $45^\circ = 1$ buah, $k_2 = 1 \times 0,19 = 0,19$

2.3. Jumlah sambungan (bentuk kerah) = 167 buah, $k_3 = 167 \times 0,09 = 15,03$

2.4. Jumlah pengecilan penampang = 1 buah, $k_4 = 1 \times 0,191 = 0,191$

Tabel 4 : Jumlah total kerugian seluruh bagian (A, B, dan C) = 98,303 m

Titik	Panjang (km)	D (m)	Luas (m ²)	Kecepatan (m/dtk)	Debit (m ³ /dtk)	Mayor losses (m)	Minor losses (m)	Jumlah (m)
A	5500	0,5	0,1963	1,558	0,308	18,222	10,846	29,068
B	2300	0,3	0,0707	2,376	0,168	29,808	10,359	40,167
C	2200	0,3	0,0707	1,480	0,140	18,222	10,846	29,068
Jumlah						66,252	32,051	98,303

Sumber : Data hasil olahan

e. Tekanan pompa

Tekanan pompa pada titik A, berdasarkan persamaan Bernoulli :

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 =$$

$$\frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + \text{kerugian. Sehingga elevasi}$$

muka tandom titik A dari permukaan laut $z_1 = 14$ m, sedangkan elevasi muka tandom pada

$$2.5. \text{ Jumlah } \textit{minor losses} K_C = (k_1 + k_2 + k_3) \frac{V_C^2}{2 \cdot g} + k_4 \frac{(V_C^2 - V_A^2)}{2 \cdot g}$$

$$= (0,31 + 0,19 + 15,03) \times \frac{1,98^2}{2 \times 9,8} + 0,191$$

$$\frac{(1,98^2 - 1,5686^2)}{2 \times 9,8}$$

$$K_C = 3,12 \text{ m}$$

3. Jumlah total kerugian mayor losses dan minor losses bagian C = 2200 m

$$\text{Kerugian titik C} = (F_C + K_C) \times L_C = (9,2 + 3,12) \times 2,2 = 27,104 \text{ m}$$

Tabel 3 : Jumlah total kerugian bagian C

Jarak (m)	V _C (m/dtk)	Mayor losses (m)	Minor losses (m)	Jumlah (m)
1000	1,98	9,200	3,120	12,320
2000	1,98	18,400	6,240	24,640
2200	1,98	20,240	6,864	27,104

Sumber : Data hasil olahan

d. Jumlah total kerugian seluruh bagian (A, B, dan C)

titik B, $z_2 = 11,5$ m. Kecepatan turun permukaan tandom A dianggap 0, maka persamaan di atas menjadi :

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_B^2}{2 \cdot g} + \frac{v_C^2}{2 \cdot g} + \sum F_A + \sum K_A + \sum F_B + \sum K_B + \sum F_C + \sum K_C + z_2$$

$$p_1 = p_2 + \frac{\rho}{2}(v_B^2 + v_C^2) + \dots g(\sum F + \sum K) + z_2 - z_1$$

Pompa sebagai pendorong (*booster*) untuk melawan gesekan pada pipa :

1. Tekanan pada ujung pipa keluar (tekanan atmosfer) $p_2 = 101,3 \text{ kPa}$
2. Kerapatan air $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$
3. Gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/dtk}^2$
4. Kecepatan rata-rata air keluar pipa A = $2,376 \text{ m/dtk}$
5. Kecepatan rata-rata air keluar pipa B = $1,98 \text{ m/dtk}$
6. Total kerugian $\sum F + \sum K = 73,731 \text{ m}$
7. Selisih elevasi $z_2 - z_1 = 11,5 \text{ m} - 14 \text{ m} = -2,5 \text{ m}$

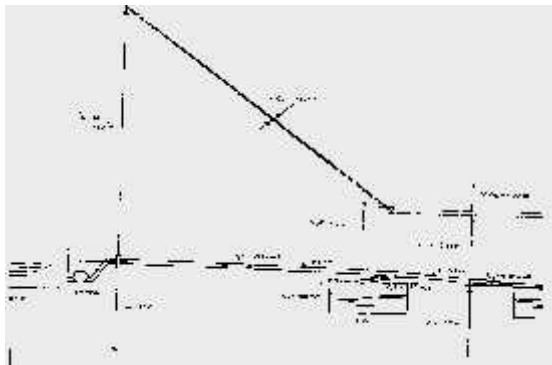
Sehingga tekanan pompa pada titik A, menjadi :

$$p_1 = p_2 + \frac{\rho}{2}(v_B^2 + v_C^2) + \dots g(\sum F + \sum K) + z_2 - z_1$$

$$= 101,325 + \frac{998}{2}(2,376^2 + 1,98^2) + 998 \times 9,8 \cdot (\sum 998 + \sum 73,731) - 2,5$$

$$= 101,325 + 4.773,3 + 721.118,7 - 2,5$$

$$p_1 = 827.214,5 \text{ kg/m.dtk}^2 = 827,2 \text{ kN/m}^2 = 827,2 \text{ kPa}$$



Gambar 4. Sketsa HGL dan EGL
Sumber : Schaum, *Mechanics dan Hidroulic International*

f. Spesifikasi dan daya pompa

Daya pompa yang dibutuhkan untuk mendistribusikan air ke titik B, adalah

$$P = \dots g \cdot Q_A \cdot H \text{ diketahui : } p_1 = 827,2 \text{ kPa, debit aliran } Q_A = 308 \text{ l/dtk} = 0,308 \text{ m}^3/\text{dtk},$$

dimana *Head pompa*, sebagai berikut : $H = \frac{p_1}{\dots g} = \frac{827.214,5}{998 \times 9,8} = 84,6 \text{ m},$

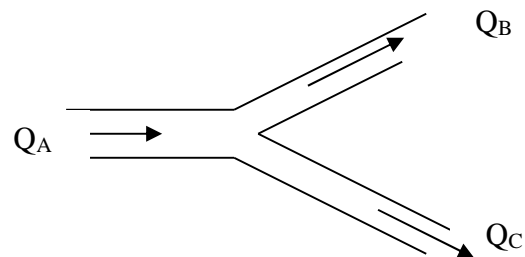
sehingga besarnya *daya pompa* $P = \dots g \cdot Q_A \cdot \frac{P_1}{\dots g}$ maka $P = Q_A \cdot p_1 = 0,308 \times 827,2 = 254,78 \text{ kW}$

Jika pompa yang dipasang mempunyai efisiensi (γ) 90%, maka daya pompa dapat dihitung sebagai berikut : $P_{\text{pompa}} = \frac{P}{\gamma} =$

$$\frac{254,77}{0,9} = 282,8 \text{ kW}$$

g. Diameter Pipa

Perhitungan diameter pipa yang akan dipasang, sebagai berikut :



Gambar 5: Sistem aliran pada pipa bercabang

Persamaan kontinuitas : $Q_A = Q_B + Q_C$

$$A_A \times V_A = A_B \times V_B + A_C \times V_C$$

Dimana :

$Q_A =$ Debit aliran masuk (100%) dari titik A ke titik B = $0,308 \text{ m}^3/\text{dtk}$, maka debit aliran ke titik B = $60\% \times 0,308 = 0,1848 \text{ m}^3/\text{dtk}$

$A_A =$ Luas penampang pipa dari titik A (diameter 500 mm) = $0,1963 \text{ m}^2$

$V_A =$ Kecepatan aliran air dari titik A = $1,5686 \text{ m/dtk}$

Debit air yang keluar dari titik B :

$$Q_B = Q_A - Q_C = 0,308 - 0,1848$$

$$Q_B = 0,1232 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Kecepatan aliran dalam pipa dianggap sama, hal ini untuk mempermudah perhitungan dalam menentukan diameter pipanya

Luas penampang pipa ke titik B, adalah A_B

$$= \frac{Q_B}{V_A} = \frac{0,1232}{1,5686} = 0,0785 \text{ m}^2$$

$$D_B = \sqrt{\frac{0,0785 \times 4}{f}} = 0,3161 \text{ m} \approx 316 \text{ mm} \\ \approx 12,44 \text{ in}$$

Sehingga diameter pipa yang terdekat dan ada dipasaran adalah 12,5 in maka pipa yang kearah ketitik B diameter 12,5 in sepanjang 2300 m

Luas penampang pipa ke titik C, adalah A_C

$$= \frac{Q_C}{V_C} = \frac{0,1848}{1,5686} = 0,1178 \text{ m}^2$$

$$D_C = \sqrt{\frac{0,1178 \times 4}{f}} = 0,3873 \text{ m} \approx 387 \text{ mm} \approx \\ 15,24 \text{ in}$$

Sehingga diameter pipa yang terdekat dan ada dipasaran adalah 15 in maka pipa yang kearah ketitik C diameter 15 in sepanjang 2200 m

PENUTUP

Simpulan

1. Sistem instalasi pipa penyalur air bersih dari tandom Airmata sampai ketandom Politeknik Negeri Kupang total kerugian *major losses* dan *minor losses* titik A+B+C yaitu 98,303 m, terdiri dari total kerugian *major losses* dan *minor losses* titik A = 5500 m kerugian titik A sebesar 29,068 m, total kerugian *major losses* dan *minor losses* titik B = 2300 m kerugian titik B sebesar 40,167 m, dan total kerugian *major losses* dan *minor losses* titik C = 2200 m kerugian titik C sebesar 29,068 m
2. Pompa yang dipergunakan untuk menyalurkan air bersih dari tandom Baumata ke tandom Politeknik Negeri Kupang berfungsi sebagai

pendorong/penyalur dengan beda elevasi 2,5 m, sehingga spesifikasi pompa yang dapat dipergunakan untuk suplai air head pompa 86,4 m, daya pompa 282,8 kW, efesiensi pompa 90%

Saran

1. Kebocoran yang terjadi pada instalasi pipa akibat korosif sebaiknya diganti karena hal tersebut mengurangi suplai air.
2. Dan untuk mengatasi kekurangan air bersih sampai ketandom Politeknik Negeri Kupang, maka instalasi pipa yang mengarah ketitik B dibutuhkan pipa diameter 12,5 inci, dan yang mengarah ke titik C dibutuhkan diameter pipa 15 inci, sehingga kebutuhan air bersih dapat teratasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan kepada Direktur PDAM Kabupaten Kupang beserta jajarannya yang telah memberikan bantuannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Kusnaedi, 2000, Mengolah air gambut dan air kotor untuk air minum, Swadaya, Jakarta
- Mc.Donald & Fox Robert W, 1978, *Introduction to Fluid Mechanics*, Jhon Wiley & Sons, New York
- Milman, Jacob, 1986, *Mikro Elektronika sistem digital dan rangkaian analog*, Terjemahan Sutanto, Erlangga, Jakarta
- Schaum, Edition 1989, *Mechanics dan Hidroulic International*
- Sear F.W & Zemansky M.W, 1983, *Fisika untuk Universitas I*, Binacipta, Bandung
- Streeter. Victor I, 1996, *Mekanika Fluida I*, terjemahan Arko.P, Erlangga, Jakarta
- Sularso, Haruo Tahara, 1987, *Pompa dan Kompresor*, PT.Pradnya Paramita, Jakarta
- White, Frank M, 1994, *Mekanika Fluida I*, terjemahan Mahana H, Erlangga, Jakarta
- White, Frank M, 1994, *Mekanika Fluida II*, terjemahan Mahana H, Erlangga, Jakarta