

PERANCANGAN SISTEM PERPIPAAN UNTUK DISTRIBUSI AIR BERSIH DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU KEPULAUAN BATAM

Wiranto Swono¹, Agus Umar Ryadin², Qomarotun Nurlaila³
¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Univesitas Riau Kepulauan Batam
E-mail : agusumar@ft.unrika.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan air bersih di Fakultas Teknik Universitas Kepulauan Riau Batam, sebagai akibat dari bertambahnya jumlah mahasiswa, staf dan dosen Fakultas Teknik adalah seringkali terjadi air mati yang bukan disebabkan oleh kurangnya sumber air, tetapi karena kurangnya perhatian manajemen fakultas terhadap penyediaan jumlah sebenarnya dari total pasokan air yang dibutuhkan oleh mahasiswa, staf dan dosen. Dengan melakukan alias terhadap kapasitas volume penampung air, kerugian-kerugian *head* kecepatan aliran air baik itu dikarenakan panjang pipa (kerugian *minor*) maupun kelengkapan pipa lainnya (kerugian *mayor*), maka kita dapat mengetahui Debit aliran air di setiap titik pengeluaran air, dan mengetahui volume kapasitas penampung air bersih yang sesuai dengan asumsi kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam. Hasil dari analisa dan perancangan, Total *Head* aliran air yang dibutuhkan untuk menaikkan air dari ATB menuju penampung air sebesar 13,303 m, Debit aliran dari penampung air sebesar 0,0073 m³/s, dan agar distribusi air bersih dapat terpenuhi dan tidak terjadi kendala mati air, maka volume kapasitas penampung air perlu ditambah sebesar 32,08 m³.

Kata Kunci: Total *Head* aliran, Debit aliran air, Kapasitas volume penampung air, air bersih, system perpipaan.

Abstract

The need for clean water in the Faculty of Engineering, Universitas Kepulauan Riau Batam, as a result of the increase in the number of students, staff and lecturers of the Faculty of Engineering is the frequent occurrence of dead water which is not caused by a lack of water sources, but due to lack of attention from the faculty management towards providing the actual amount of the total supply. water needed by students, staff and lecturers. By analyzing the volume capacity of the water reservoir, the water flow head losses either due to the length of the pipes (minor losses) and other pipe fittings (major losses), we can know the flow of water flow at each point of water discharge, and know the volume Capacity of clean water reservoir in accordance with the assumption of clean water requirement based on the number of Student Faculty of Engineering, University of Riau Islands Batam. The result of analysis and design, Total Head of water flow needed to raise water from ATB to water reservoir of 13.303 m, flow discharge from water reservoir of 0.0073 m³/s, and so that the distribution of clean water can be fulfilled and there is no dead water constraint, Then the volume of water container capacity needs to be added by 32.08 m³.

Keywords: *Total Head Flow, Water flow discharge, Capacity of water reservoir volume, clean water, piping system.*

I. PENDAHULUAN

Dalam sejarah perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang diiringi dengan pembangunan dan laju pertumbuhan penduduk, manusia dihadapkan pada berbagai persoalan yang menuntut manusia untuk dapat mencari solusi dari persoalan-persoalan tersebut. Salah satu persoalan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah tentang kebutuhan air bersih, sebagai dampak dari pembangunan dan laju pertumbuhan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam. Kebutuhan air bersih di Universitas Riau Kepulauan Batam bukan karena kurangnya sumber air, tetapi yang menjadi persoalan ialah pengaturan dan cara mendistribusikannya pada setiap titik lokasi yang telah ditentukan oleh pihak pengelola Universitas Riau Kepulauan Batam.

Kebutuhan akan air bersih untuk Mahasiswa dan Dosen Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam sering mengalami kendala pada waktu Sholat Maghrib dan jam istirahat, sehingga mahasiswa berusaha mencari berbagai alternatif cara yaitu dengan menggunakan air mancur di depan kantor BAAK untuk wudhu ataupun dengan menggunakan air minum / kemasan botol untuk sekedar ke toilet. Hal ini merupakan tantangan bagi pihak pengelola Universitas Riau Kepulauan sebagai penanggung jawab dalam upaya meningkatkan pelayanan terhadap Mahasiswa maupun Dosen, guna memenuhi kebutuhan air bersih di ruang lingkup Universitas Riau Kepulauan Batam.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, Analisa dan pembahasan yang dilakukan lebih spesifik pada perhitungan pompa dan total *head*

losses. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan saat ini. Dalam penelitian ini, tidak menggunakan pompa sebagai alat untuk mengalirkan air bersih, namun mengandalkan tekanan hidrostatik untuk mengalirkan air bersih ke jaringan pipa fakultas. Perhitungan analisis dan perencanaan dimulai dari debit aliran, kecepatan aliran, perbedaan tekanan, *head losses*, dan volume kapasitas penampung air yang sesuai dengan asumsi kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam.

II. LANDASAN TEORI

A. Definisi Tentang Fluida

Dalam konsep mekanika fluida semua bahan nampak berada dalam dua keadaan, yaitu sebagai zat padat dan cair (fluida). Perbedaan kedua keadaan tersebut secara teknis terletak pada reaksi kedua zat tersebut terhadap tegangan geser atau tegangan singgung yang dialaminya. Fluida dapat didefinisikan sebagai suatu zat mampu alir dan dapat menyesuaikan bentuk dengan wadah yang ditempatinya, serta apabila diberikan tegangan geser, berapapun kecilnya akan menyebabkan fluida tersebut bergerak dan berubah bentuk secara terus menerus selama tegangan tersebut bekerja [11].

Dengan pengertian diatas maka fluida dapat dibedakan atas zat cair dan gas. Dimana kedua zat ini pun berbeda secara teknis akibat *gayakohesif*. Zat cair cenderung mempertahankan volumenya dan akan membutuhkan permukaan bebas dalam medan gravitasi. Aliran muka bebas sangat dipenuhi efek gravitasi sedangkan zat gas akan memuai dengan bebas sampai tertahan oleh dinding yang membatasinya. Gas tersebut akan membentuk atmosfer

yang pada hakekatnya akan bersifat hidrostatis [6].

Ditinjau dari jenis aliran, fluida dapat diklasifikasikan menjadi aliran laminar dan aliran turbulenta. Aliran fluida dikatakan laminar jika lapisan fluida bergerak dengan kecepatan yang konstan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang, aliran laminar ditandai dengan tidak adanya ketidakberaturan atau fluktuasi di dalam aliran fluida. Karena aliran fluida pada laminar bergerak dalam lintasan yang konstan maka aliran laminar dapat diamati [2].

Partikel fluida pada aliran laminar jarang ditemui dalam praktek hidrolika. Sedangkan aliran dikatakan turbulenta, jika pada fluida tidak lagi tenang dan tunak (berlapis atau laminar) melainkan menjadi berolak dan bergejolak (bergolak atau turbulenta). Pada aliran turbulenta partikel fluida tidak membuat fluktuasi tertentu dan tidak memperlihatkan pola gerakan yang dapat diamati. Aliran turbulenta hampir dapat dijumpai pada praktek hidrolika. Dan diantara aliran *laminar* dan *turbulenta* terdapat daerah yang dikenal dengan daerah *transisi* [2].

Untuk menganalisa kedua jenis aliran ini diberikan parameter tak berdimensi yang dikenal dengan nama bilangan *Reynolds* sebagai berikut : [11]

$$Re = \frac{D \cdot v}{\mu}$$

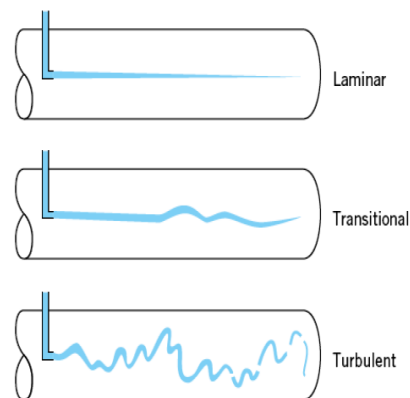
Dimana :

- Re = Bilangan *Reynolds*
- μ = Viskositas dinamis (N.s/m²)
- D = Diameter pipa (m)
- v = kecepatan aliran (m/s)

Transisi pada aliran *laminar* dan aliran *turbulenta* karena diatas bilangan *Reynolds* yang tertentu aliran laminar menjadi tidak stabil, jika terjadi suatu gangguan kecil diberikan pada aliran,

maka pengaruh aliran ini semakin besar dengan bertambahnya waktu. Suatu aliran dikatakan stabil apabila gangguan-gangguan diredam. Ternyata bila dibawah bilangan *Reynolds* yang tertentu aliran transisi tergantung pada gangguan-gangguan yang dapat berasal dari luar atau karena kekasaran permukaan pipa, transisi tersebut dapat terjadi dalam selang bilangan *Reynolds*. Angka *Reynolds* untuk aliran dalam pipa diklasifikasikan sebagai berikut [2]:

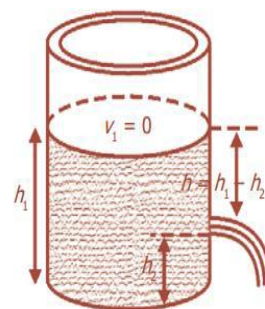
1. Pada $Re < 2300$, aliran bersifat *laminar*
2. Pada $Re > 4000$, aliran bersifat *turbulenta*
3. Pada $2300 < Re < 4000$, aliran bersifat *transisi*.



Gambar 1. Skema aliran fluida

B. Teorema Torricelli

Salah satu penggunaan persamaan *Bernoulli* adalah menghitung kecepatan zat cair yang keluar dari dasar sebuah wadah lihat gambar 2. Tabung berketebalan g.



Gambar 2. Tabung berlubang

Penerapan persamaan *Bernoulli* pada titik 1 (permukaan wadah) dan titik 2 (permukaan lubang). Karena diameter kran/lubang pada dasar wadah jauh lebih kecil dari diameter wadah, maka kecepatan zat cair di permukaan wadah dianggap nol ($v_1 = 0$). Permukaan wadah dan permukaan lubang/kran terbuka sehingga tekanannya sama dengan tekanan atmosfer ($P_1 = P_2$). Dengan demikian, persamaan untuk kasus ini adalah [8]:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$\rho g h_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Jika untuk menghitung kecepatan aliran zat cair pada lubang di dasar wadah, maka persamaan ini diturunkan menjadi :

$$\rho g h_1 = \left(\frac{1}{2}v_2^2 + g h_2\right) \rho$$

Massa jenis zat cair sama, sehingga ρ dihilangkan

$$g h_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + g h_2$$

$$\frac{1}{2}v_2^2 = g h_1 - g h_2$$

$$v_2^2 = 2g(h_1 - h_2)$$

$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Dimana :

P = Tekanan

v = Kecepatan fluida

h = Ketinggian fluida

g = Percepatan gravitasi 9,81 m/s²

ρ = Massa jenis zat cair

C. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan dapat ditemukan pada hampir semua jenis industri, dari sistem pipa tunggal yang sederhana sampai sistem pipa bercabang yang sangat kompleks.

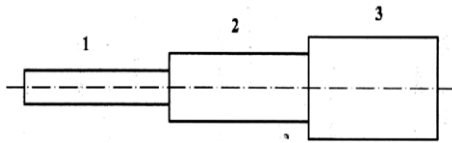
1. Sistem Pipa Tunggal

Sistem pipa tunggal merupakan sistem perpipaan yang hanya menggunakan satu buah pipa tanpa menggunakan sambungan. Penurunan tekanan pada sistem pipa tunggal adalah merupakan fungsi dari laju aliran, perubahan ketinggian dan total *head losses* merupakan fungsi dari faktor gesekan, perubahan penampang. Untuk aliran tak mampu mampat, sifat fluida diasumsikan tetap. Pada saat sistem telah ditentukan, maka konfigurasi sistem, kekasaran permukaan pipa, perubahan elevasi, dan kekentalan fluida bukan merupakan variabel bebas

2. Sistem Pipa Majemuk

Pada kenyataannya kebanyakan sistem perpipaan adalah sistem pipa majemuk, yaitu rangkaian pipa seri, paralel, maupun berupa jaringan perpipaan. Untuk rangkaian pipa seri maupun paralel, penyelesaiannya adalah serupa dengan perhitungan tegangan dan tahanan pada hukum *ohm*. Penurunan tekanan dan laju aliran identik dengan tegangan dan arus pada listrik. Namun persamaannya tidak identik dengan hukum *ohm*, karena penurunan tekanan sebanding dengan kuadrat dari laju aliran. Semua sistem pipa majemuk lebih mudah diselesaikan dengan persamaan empiris. Ada beberapa contoh sistem pipa majemuk, dengan memenuhi kaidah-kaidah tertentu sebagai berikut :

- a. Sistem pipa yang disusun secara seri
 Jika dua buah pipa atau lebih dipasang secara seri, semua pipa akan dilewati oleh aliran yang sama dan total rugi *head* pada seluruh sistem adalah jumlah kerugian pada setiap pipa dan perlengkapan pipa. Contoh sistem pipa yang disusun secara seri dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sistem pipa yang disusun secara seri

Untuk menghitung total debit fluida dalam sistem pipa yang disusun secara seri maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

atau

$$Q_n = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 = v_3 \cdot A_3 = \dots = v_n \cdot A_n$$

Dan jika h_L adalah rugi *head* untuk perlengkapan pipa dan katup, maka :

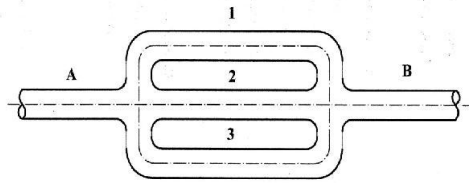
$$\Sigma h_L = h_{L1} + h_{L2} + h_{L3} + \dots + h_{Ln}$$

Dimana :

- Q = Debit Fluida
- v = Kecepatan aliran fluida
- h_L = Kerugian karena adanya penyempitan.

b. Sistem pipa yang disusun secara paralel

Jika dua buah pipa atau lebih dipasang secara paralel, total laju aliran sama dengan jumlah laju aliran yang melalui setiap cabang dan kerugian head. Pada sebuah cabang sama dengan kerugian head pada cabang yang lain. Contoh gambar sistem pipa yang disusun secara paralel dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sistem pipa yang disusun secara paralel

Untuk menghitung total debit fluida dalam sistem pipa yang disusun secara paralel maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

Atau

$$Q_0 = v_1 \cdot A_1 + v_2 \cdot A_2 + v_3 \cdot A_3 + \dots + v_n \cdot A_n$$

Dan

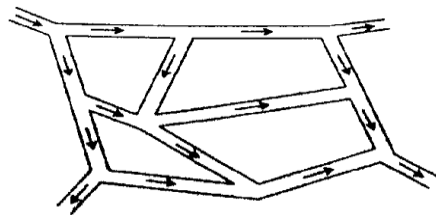
$$h_{L1} = h_{L2} = h_{L3} = \dots = h_{Ln}$$

Kerugian *head* pada setiap cabang boleh dianggap sepenuhnya terjadi akibat gesekan, atau rugi akibat katup dan perlengkapan pipa. Kerugian *head* jika totalnya (total *head losses*) diketahui, relatif cukup mudah untuk mencari masing-masing Q_1 dan menjumlahkannya. Sebaliknya, jika aliran totalnya Q yang diketahui, diperlukan pengulangan yang lumayan jumlahnya untuk menentukan bagaimana aliran total ini terbagi dalam tiga cabang pipa itu. Prosedur yang biasa ialah dengan menebak $Q_1 = Q_3$ misalnya, lalu menghitung kerugian *head*nya dan dari nilainya itu kita peroleh Q_1 dan Q_3 dan dengan menggunakan persamaan $h_n = h_{L1} = h_{L2} = \dots = h_{Ln}$. Kemudian, kalau jumlahnya tidak benar, turunkan cara yang pertama tadi Q_1

dengan membagi Q_1 dengan debit sisa dan hitung lagi Q_2 dan Q_3 , lalu kita uji lagi jumlahnya. Kalau perlu dinaikkan atau diturunkan lagi Q_1 . Proses ini sifatnya *konvergen*.

c. Jaringan pipa

Jaringan ini merupakan saluran air untuk sebuah rumah tangga, suatu kompleks perumahan atau bahkan sebuah kota. Gambar rangkaian pipa dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian pipa

Dalam sistem ini tidak dapat diselesaikan dengan kaidah-kaidah diatas karena persamaanya tidak linear, maka penyelesaiannya diperoleh dengan *iterasi numeric* yang pertama kali ditemukan oleh *Hardy cross* pada tahun 1936.

D. Energi dan Head

Energi biasanya didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Kerja merupakan hasil pemanfaatan tenaga yang dimiliki secara langsung pada suatu jarak tertentu. Energi dan kerja dinyatakan dalam satuan N.m (Joule). Setiap fluida yang sedang bergerak selalu mempunyai energi. Dalam menganalisa masalah aliran fluida yang harus dipertimbangkan adalah mengenai energi potensial, energi kinetik dan energi tekanan.

1. Energi kinetik menunjukkan energi yang dimiliki oleh fluida karena pengaruh kecepatan yang dimilikinya. Energi kinetik dirumuskan sebagai berikut :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

Dimana :

m = massa fluida (kg)

v = kecepatan aliran fluida (m/s^2)

2. Untuk mengitung *Head* total yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. *Head* total pompa dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

H = *Head* total pompa (m)

h_a = *Head statis* total (m)

Δh_p = Perbedaan *head* tekanan yang

bekerja

Δh_p = $h_{p1} - h_{p2}$

h_l = Berbagai kerugian *head* di pipa (m)

$\frac{v_a^2}{2g}$ = *Head* kecepatan keluar

g = Percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

E. Bentuk-Bentuk Kerugian Energi

1. Kerugian *Mayor*

Definisi dari kerugian *mayor* adalah kerugian yang diakibatkan oleh gesekan antara fluida pipa sepanjang lingkaran diameter pipa. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya kerugian yang terjadi akibat gesekan ini adalah panjang pipa (L), diameter pipa (D), kecepatan rata-rata fluida (v), faktor gesek (f). Untuk mengitung besar kecilnya kerugian yang terjadi dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan *Darcy-Weisbach* (Sularso,2000) [12]:

$$h_f = f \frac{Lv^2}{D2g}$$

Dimana :

h_f = head kerugian gesek dalam pipa (m);

merupakan fungsi dari $\frac{\epsilon}{D}$ dan Re

f = koefisien kerugian gesek; $\frac{64}{Re}$ (untuk aliran laminar)

= (1,5 – 2,0) kali nilai f yang baru untuk

Pemakaian yang sudah bertahun-tahun

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan rata-rata fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2. Kerugian Minor

Kerugian minor/kehilangan lokal adalah kerugian yang biasanya terjadi pada :

- Lubang masuk atau lubang keluar
- Penyusutan berlangsung
- Bending, siku, sambungan Tee, dan sambungan lain
- Katup yang terbuka atau sebagian tertutup.

Kerugian minor ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$h_k = k \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

h_k = Kerugian minor (m)

k = Koefisien kehilangan

Pada katup, bentuk sambungan, belokan dan sebagainya mempunyai nilai f sendiri-sendiri menurut bentuk dan kekasarannya. Oleh karena itu hambatan ini bergantung juga pada jenis fluida, jenis pipa, serta bentuk pipa.

F. Reservoir

Fungsi dari reservoir adalah selain sebagai penyimpan persediaan air bersih pada saat jam puncak, juga sebagai penambah tekanan pada titik pengambilan. Lokasi dari reservoir sebaiknya direncanakan didekat jaringan distribusi, agar pendistribusiannya dapat merata dan tekanan yang ada masih sesuai dengan perencanaan. Berdasarkan lokasinya reservoir dibedakan menjadi :

1. Elevated Reservoir

Reservoir yang menyimpan atau menampung air yang terletak diatas tanah.

2. Ground Reservoir

Reservoir yang menyimpan atau menampung air yang terletak dibawah tanah

Adapun fungsi dari reservoir adalah :

- Menyimpan air bersih yang siap untuk didistribusikan pada konsumen.
- Meratakan debit air dalam sistem jaringan distribusi.
- Mengatur tekanan air dalam jaringan distribusi.

Untuk mencari kapasitas reservoir, dihitung dengan metode analisis maupun grafis. Adapun perumusannya adalah :

$$K_r = S_{pos} - S_{neg}$$

Dimana :

K_r = Kapasitas reservoir (m^3)

S_{pos} = Besarnya deposit positif air (m^3)

S_{neg} = Besarnya deposit negatif air (m^3).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat yang digunakan

Alat dan bahan sangat diperlukan pada perancangan sistem perpipaan untuk distribusi air bersih di Fakultas Teknik Universitas Riau

Kepulauan Batam, sehingga penelitian dapat dilaksanakan. Alat yang diperlukan untuk melakukan penelitian dan perancangan sistem perpipaan untuk distribusi air bersih di Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

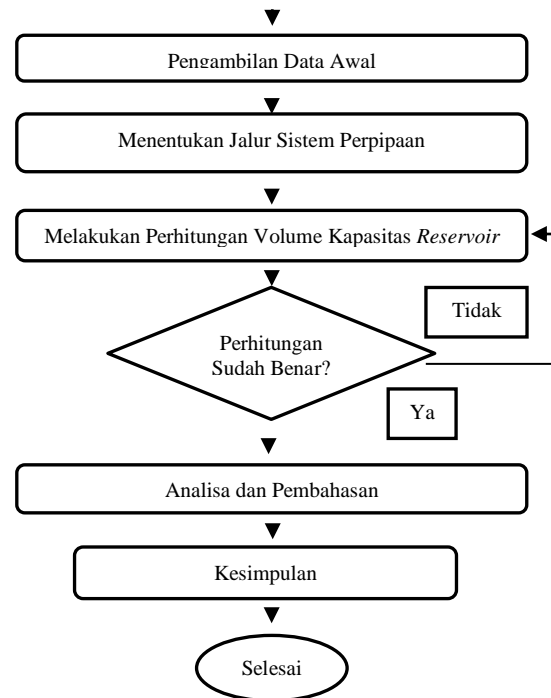
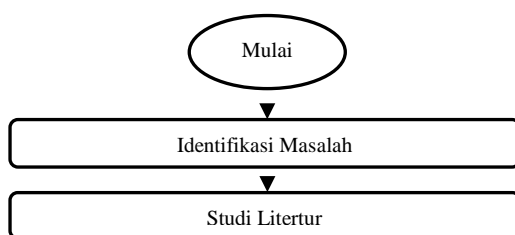
No	Nama Alat	Kegunaan
1	Meter Ukur	Survei lokasi distribusi air bersih
2	Gelas Ukur / Ember	Mengukur debit aliran fluida
3	Kamera Digital / Smartphone	Mengambil gambar lokasi penelitian
4	Laptop / PC	Menyusun hasil penelitian

2. Bahan

Bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian dan perancangan sistem perpipaan untuk distribusi air bersih di Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam adalah air dari sumber ATB.

B. Alur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan proses, sehingga penelitian dapat dilaksanakan secara tersusun dan teratur. Tahapan penelitian perancangan sistem perpipaan untuk distribusi air bersih di Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

Langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah

Tahap pertama dalam melakukan penelitian yaitu menentukan identifikasi masalah. Masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian adalah keterbatasan air yang tersedia untuk Mahasiswa dan Dosen Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam, sehingga kemudian dilakukan perumusan masalah dan pengambilan data secara langsung untuk melanjutkan penelitian.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan mulai tahap awal sampai akhir. Literatur yang dipakai dalam penelitian ini adalah literatur yang berhubungan dan relevan dengan system penyediaan air bersih/minum, baik dari segi teknis sarana prasarana ataupun pengelolanya. Literatur dapat berupa makalah, tesis, jurnal, skripsi dan sebagainya. Setelah studi literatur

dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah Pengambilan data awal.

3. Pengambilan Data Awal

Dalam pengambilan data, data-data diambil dengan mengukur kapasitas reservoir yang sudah ada, mengukur Instalasi pipa distribusi air bersih yang sudah terpasang dan mengambil data jumlah mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam. Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah menentukan perancangan jalur sistem perpipaan.

4. Menentukan Jalur Sistem Perpipaan

Jalur sistem perpipaan untuk distribusi air bersih harus ditentukan terlebih dahulu agar dalam perhitungan nanti sesuai dengan hasil yang telah di hitung berdasarkan referensi dari landasan teori yang ada. Setelah menentukan perancangan jalur sistem perpipaan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan perancangan kapasitas reservoir.

5. Melakukan perhitungan volume kapasitas *Reservoir*

Dalam tahap ini perhitungan kapasitas reservoir harus disesuaikan dengan jumlah kapasitas air yang dibutuhkan oleh Mahasiswa dan Dosen Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam, agar kendala yang terjadi bisa ditanggulangi. Setelah melakukan perhitungan perancangan kapasitas reservoir, maka tahap selanjutnya adalah mengoreksi kembali perhitungan perancangan jalur sistem perpipaan dan perancangan kapasitas reservoir. Jika analisa perhitungan sudah akurat dengan data di lapangan, maka bisa dilanjutkan dengan Analisa dan pembahasan.

6. Analisa dan Pembahasan

Setelah perhitungan dari perancangan jalur sistem perpipaan dan perancangan kapasitas reservoir selesai, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa

dan membahas dari pengolahan data-data tersebut untuk mengambil kesimpulan.

7. Kesimpulan

Tahapan terakhir dalam penelitian yaitu menyimpulkan hasil penelitian yang berisi jawaban singkat terhadap rumusan masalah berdasarkan data-data yang diperoleh. Dalam tahap ini, peneliti juga memberikan saran yang penting untuk membantu dalam memecahkan permasalahan yang ada.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Aliran Air dari Sumber ATB yang Terpasang Saat ini

1. Kapasitas Aliran air dari sumber ATB ke penampung air yang sudah terpasang saat ini :

$$\text{Diketahui : } V = 20 \text{ liter} = 0,02 \text{ m}^3$$

$$T = 31,33 \text{ detik}$$

$$\text{Ditanyakan: } Q_p = \frac{v}{t}$$

$$Q_p = \frac{0,02}{31,33} = 0,00064 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Pipa utama pengeluaran dari sumber ATB

- a. Luas penampang pipa diameter dalam (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} 3,14 \times (0,0434 \text{ m})^2 \\ &= 0,00148 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Laju aliran dalam pipa yang terpasang (v)

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q_p}{A} \\ v &= \frac{0,00064 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00148 \text{ m}^2} = 0,432 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- c. Bilangan Reynold (Re)

Tipe aliran ditentukan berdasarkan bilangan *Reynold*(*Re*) :

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

ν = *Viskositas kinematis* air pada

$$T = 30^{\circ}C$$

Temperatur $30^{\circ}C$; $\nu = 0,802 \times 10^{-6}$

$$m^2/s \quad Re = \frac{0,432 \frac{m}{s} \times 0,0434 m}{0,802 \times 10^{-6} m^2/s} = 23377,56$$

Karena $Re > 4000$ maka tipe aliran adalah *turbulent*.

d. Kerugian gesekan dalam pipa (*Major Losses*)

Untuk menghitung kerugian gesekan dalam pipa, maka harus menentukan koefisien gesek (*f*) dapat ditentukan berdasarkan hubungan *Reynold* (*Re*) dan ϵ/D pada diagram *Moody*. Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa PVC (*Poly Vinil Chloride*) maka $\epsilon = 0,005$ mm.

$$\text{Maka } \frac{\epsilon}{D} = \frac{0,005 mm}{43,4 mm} = 0,000115$$

Dari diagram *Moody* pada $Re = 23377,56$ dan $\epsilon/D = 0,000115$ maka diperoleh $f = 0,029$

$$h_f = f \frac{Lv^2}{D2g}$$

Jadi $h_f = 0,029$

$$\times \frac{72,8 m (0,432 m/s)^2}{(0,0434 m) (2 \times 9,81 m/s^2)} = 1,071 m$$

e. Kerugian pada perubahan geometri (*Minor Losses*)

$$h_k = k \frac{v^2}{2g}$$

Dimana $k = koefisien$ kerugian local

1 katup bola, $k = 8,2$

10 elbow 90° , $k = 1,5$

$$h_k = (8,2 + (10 \times$$

$$1,5)) \frac{(0,432 m/s)^2}{2 \times 9,81 m/s^2} = 0,510 m$$

Jadi total *head* kerugian pada jalur pipa keluar menuju penampung adalah

$$h_l = \text{kerugian } major$$

$$(h_f) +$$

$$\text{kerugian } minor (h_k)$$

$$= 1,071 + 0,510$$

$$= 1,581 m$$

f. *Head* kecepatan keluar

$$\begin{aligned} \text{Head kecepatan keluar} &= \frac{v_d^2}{2g} \\ &= \frac{(0,432 m/s)^2}{2 \times \frac{9,81 m}{s^2}} \\ &= 0,022 m \end{aligned}$$

g. Perbedaan ketinggian (*h*)

$$h = Z_2 - Z_1 = 11,7 m - 0 = 11,7 m$$

h. *Head* Total yang di perlukan (*H*)

$$\begin{aligned} H &= h + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \\ &= 11,7 m + 0 + 1,581 m + 0,022 m \\ &= 13,303 m \end{aligned}$$

B. Perhitungan Kecepatan air dari Penampung yang terpasang Saai ini

Dalam melakukan perhitungan, penulis mengambil titik dimana air dalam penampung dalam kondisi penuh. Selanjutnya untuk kecepatan/laju aliran juga diambil ketika air dalam kondisi penuh. Tahap dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan aliran dari penampung air

Diketahui :

$$g = 9,81 m/s^2$$

$$h = 1,24 m$$

Ditanyakan v

$$v = \sqrt{(2gh)}$$

$$v = \sqrt{(2 \times 9,81 \times 1,24)}$$

$$v = 4,93 m/s$$

2. Tekanan *Hidrostatik* (*P*)

$$P = P_0 + \rho \times g \times h$$

Dimana :
 P_0 = Tekanan udara luar
 1 atm = 101325 Pa
 ρ = Densitas air pada jenis air pada temperatur 30°C = 995,7 kg/m³
 g = Percepatan gravitasi = 9,81 m/s²
 h = Ketinggian (m)
 P = 101325Pa + 995,7 kg/m³ x 9,81 m/s² x 12,94 m
 = 227720,6 Pa

3. Luas penampang pipa diameter dalam pipa (A).
 $A = \frac{1}{4} \pi D^2$
 $= \frac{1}{4} 3,14 \times (0,0434 \text{ m})^2$
 $= 0,00148 \text{ m}^2$

4. Debit dan laju aliran dalam pipa yang terpasang (v)
 $v = Q/A$
 $Q = v \times A$
 $Q = 4,93 \text{ m/s} \times 0,00148 \text{ m}^2 = 0,0073 \text{ m}^3/\text{s}$

C. Perbedaan Kecepatan Aliran Air

Kecepatan Aliran air yang ada pada jaringan pipa menuju toilet 1, toilet 2, dan jaringan pipa menuju mushola dapat dihitung menggunakan persamaan *Hardy Cross* berikut :

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$0,0073 \text{ m}^3/\text{s} = Q_{\text{Toilet 1}} + Q_{\text{Toilet 2}} + Q_{\text{Mushola}}$$

1. Kecepatandan Debit aliran air jaringan pipa toilet 1.

$$v_{\text{Toilet 1}} = \frac{v_0}{H_{\text{Mushola}}} \times H_{\text{Toilet1}}$$

$$= \frac{4,93 \text{ m/s}}{21,324 \text{ m}} \times 9,096 \text{ m}$$

$$= 2,103 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Toilet 1}} = v \times A$$

$$= 2,103 \text{ m/s} \times 0,00148 \text{ m}^2$$

$$= 0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Kecepatandan Debit aliran air jaringan pipa toilet 2.

$$v_{\text{Toilet2}} = \frac{v_0 - v_{\text{Toilet1}}}{H_{\text{Mushola}} - H_{\text{Toilet1}}} \times (H_{\text{Toilet2}} - H_{\text{Toilet1}})$$

$$= \frac{2,827 \text{ m/s}}{12,228 \text{ m}} \times 7,126 \text{ m}$$

$$= 1,647 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Toilet 2}} = v \times A$$

$$= 1,647 \text{ m/s} \times 0,00148 \text{ m}^2$$

$$= 0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Kecepatan dan Debit aliran air jaringan pipa Mushola.

$$v_{\text{Mushola}} = \frac{v_0 - v_{\text{Toilet1}} - v_{\text{Toilet2}}}{H_{\text{Mushola}}} \times H_{\text{Mushola}}$$

$$= \frac{1,180 \text{ m/s}}{21,324 \text{ m}} \times 21,324 \text{ m}$$

$$= 1,180 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Mushola}} = v \times A$$

$$= 1,180 \text{ m/s} \times 0,00148 \text{ m}^2$$

$$= 0,0017 \text{ m}^3/\text{s}$$

D. Nilai Hasil Perhitungan Perancangan Sistem Perpipaan

Dari perhitungan mulai dari jaringan pipa pengeluaran dari ATB menuju penampung hingga jaringan pipa dari penampung menuju toilet 1, toilet 2, dan mushola, maka diperoleh hasil perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 4.2. Hasil perhitungan laju aliran yang ada diambil ketika air dalam penampung dalam kondisi penuh.

Tabel 2. Perbandingan perhitungan jaringan pipa pengeluaran.

No	Item	Simbol	Jaringan Pipa Toilet 1	Jaringan Pipa Toilet 2	Jaringan Pipa Mushola
1	Kapasitas Aliran	Q	0,0031 m ³ /s	0,0024 m ³ /s	0,0017 m ³ /s
2	Luas Permukaan Pipa 1½ "	A	0,00148 m ²	0,00148 m ²	0,00148 m ²
3	Kecepatan Aliran Pipa 1½ "	v	2,103 m/s	1,647 m/s	1,180 m/s
4	Tekanan	P	244000,1 Pa	249372,5 Pa	248395,6 Pa
5	Kerugian Total	h_l	9,096 m	16,222 m	21,324 m

E. Perhitungan Kuantitas Air

Aktifitas mahasiswa dan Dosen Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan dimulai dari jam 17:00 – 22:00 WIB (5 jam). Penampung air di Fakultas Teknik Universitas Kepulauan Riau Batam yang tersedia sebanyak 4 buah dengan Volume kapasitas masing-masing sebanyak 1,05 m³ atau setara 1050 liter

Diketahui :

$$S_{pos} = 0,00064 \text{ m}^3/\text{s} \times 18000 \text{ s} = 11,52 \text{ m}^3$$

Jika ditambah dengan penampung air yang tersedia saat ini,

$$= 11,52 \text{ m}^3 + 4,20 \text{ m}^3 = 15,72 \text{ m}^3$$

$$S_{neg} = 956 \times 0,05 \text{ m}^3 = 47,80 \text{ m}^3$$

Ditanyakan K_r?

$$K_r = S_{pos} - S_{neg}$$

Dimana :

$$K_r = \text{Kapasitas Reservoir}$$

S_{pos} = Besarnya deposit *positif* air (Debit aliran

air masuk)

S_{neg} = Besarnya deposit *negatif* air (Debit aliran

air keluar)

1800 s = 5 Jam (aktifitas mahasiswa dari jam 17:00 WIB – 22:00 WIB)

4,20 m³ = Total penampung yang tersedia saat ini.

Jadi :

$$K_r = 15,72 \text{ m}^3 - 47,80 \text{ m}^3 = -32,08 \text{ m}^3$$

Berdasarkan perhitungan diatas, besarnya deposit *negatif* (Debit air yang keluar) lebih besar dibanding deposit *positif* (Debit air yang masuk). Total Volume kapasitas penampung air di Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam sebanyak 4,20 m³ dan total kapasitas aliran air yang mengalir selama 5 jam sebanyak 11,52 m³. Jika dijumlahkan hasilnya 15,72 m³. Sedangkan kebutuhan air di Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam sebesar 47,80 m³. Sehingga Volume kapasitas penampung air di Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam masih kurang 32,08 m³.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perencanaan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Total *Head* aliran air dari sumber ATB menuju penampung air adalah sebesar 13,303 m dengan debit aliran (Q) sebesar 0,00064 m³/s dan laju aliran (v) sebesar 0,432 m/s.
2. Total *Head* (H) aliran air dari

penampung, Debit aliran (Q), dan Laju aliran (v) pada setiap titik pengeluaran air di Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam, adalah sebagai berikut :

- a. Total *Head* aliran air dari penampung air menuju jaringan pipa toilet 1 adalah sebesar 9,096 m dengan debit aliran (Q) sebesar $0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$ dan laju aliran (v) sebesar $2,103 \text{ m/s}$.
 - b. Total *Head* aliran air dari penampung air menuju jaringan pipa toilet 2 adalah sebesar 16,222 m dengan debit aliran (Q) sebesar $0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$ dan laju aliran (v) sebesar $1,647 \text{ m/s}$.
 - c. Total *Head* aliran air dari penampung air menuju jaringan pipa Mushola adalah sebesar 21,324 m dengan debit aliran (Q) sebesar $0,0017 \text{ m}^3/\text{s}$ dan laju aliran (v) sebesar $1,180 \text{ m/s}$.
3. Jumlah kapasitas air yang dibutuhkan untuk Mahasiswa dan dosen selama 5 jam sebanyak $47,80 \text{ m}^3$. Sedangkan Jumlah kapasitas penampung air dan jumlah kapasitas aliran yang mengalir selama 5 jam sebanyak $15,72 \text{ m}^3$. Agar distribusi air bersih dapat terpenuhi dan tidak terjadi kendala mati air, maka volume kapasitas penampung air ditambah sebesar $32,08 \text{ m}^3$.

B. Saran

Adapun Saran untuk pengelola Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam dan peneliti selanjutnya antara lain :

1. Bagi pengelola gedung Universitas Riau Kepulauan Batam, apabila hendak memperbaiki ataupun menambah bangunan gedung Universitas, sebaiknya perlu diperhatikan dan diperhitungkan juga untuk kebutuhan air bersih dan

Volume kapasitas penampung air untuk kebutuhan air bersih Mahasiswa dan Dosen. Agar tidak terjadi kendala mati air dan aktifitas perkuliahan juga bisa berjalan sesuai perencanaan.

2. Perlu adanya penambahan pemasangan katub meteran air bersih dari ATB di setiap Fakultas masing-masing apabila penampung air belum juga terpenuhi.

Daftar Pustaka

- [1] Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, *Mekanika Fluida jilid I. Jakarta: PT. Erlangga. 2002.*
- [2] Dedi Pratama Purwanto. "Perancangan ulang kapasitas pompa sistem pengolahan air mineral di PT. Batamec Shipyard". *Skripsi*, tidak diterbitkan, Universitas Riau Kepulauan, Batam. 2015.
- [3] Dep. PU Direktorat Jenderal Cipta Karya, *Petunjuk Teknis Pelaksanaan Pengembangan SPAM Sederhana*. Jakarta. 2007.
- [4] Djoko Sasongko, *Teknik Sumber Daya Air Terpadu*. Jakarta: Erlangga. 1991.
- [5] Holman, J. P, *Heat Transfer (10th ed)*. New York : McGraw Hill. 2010.
- [6] Hendra Panjaitan. "Analisis pemakaian air bersih (PDAM) untuk Kota Pangkep 10 tahun ke depan". *Skripsi*, tidak diterbitkan, Universitas Hasanudin, Makassar. 2011.
- [7] Irfandi. "Perancangan sistem distribusi air bersih pada komplek perumahan karyawan PT. Pertamina (Persero) UP II Sei-Pakning Kabupaten Bengkalis, Riau dari reservoir WDcp (*Water decolorization plant*) kilang pertamina". *Skripsi*, tidak diterbitkan,

Universitas Sumatera Utara, Medan.
2009.

- [8] Jack B. Evett, Cheng Lin, *Fundamentals of Fluid Mechanics*. New York : McGraw Hill. 1987.
- [9] Prima Kurniasari Rahayu. “Perencanaan sistem jaringan perpipaan penyediaan air bersih mandiri di Kecamatan Beji kabupaten pasuruan”. *Skripsi*, tidak diterbitkan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. 2011.
- [10] Priyono. A, *Mekanika Fluida*, Jakarta: PT. Erlangga. 1990.
- [11] Sularso, Haruo Tahara, *Pompa dan Kompresor*, Jakarta: PT. Pradnya Paramitha. 2000
- [12] White, M. Frank, Manahan Hariandja, *Mekanika Fluida*(Terjemahan). Jilid 1 Edisi II. Jakarta: Erlangga. 1988.