

## OPTIMASI PADA SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DI WILAYAH III TELKOM UNIVERSITY DENGAN METODE CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)

### *WATER DISTRIBUTION SYSTEM OPTIMIZATION AT TELKOM UNIVERSITY AREA III WITH CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) METHOD*

Syadzwina Sendra Sari<sup>1</sup>, Agus Kusnayat<sup>2</sup>, Sri Martini<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[svadzwinasendra@gmail.com](mailto:svadzwinasendra@gmail.com), <sup>2</sup>[agus\\_kusnayat@yahoo.com](mailto:agus_kusnayat@yahoo.com), <sup>3</sup>[srimartini59m@gmail.com](mailto:srimartini59m@gmail.com)

#### Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan penting yang sering dimanfaatkan oleh manusia. Seiring dengan pertumbuhan penduduk, terjadi peningkatan kebutuhan sistem distribusi air yang efisien. Masalah yang terjadi pada sistem jaringan pipa dan pompa air seringkali menyebabkan penurunan efisiensi sistem distribusi air terlebih pada tempat umum seperti kantor, rumah susun, atau kompleks universitas. Telkom University merupakan institusi dengan angka kebutuhan air yang besar untuk mendukung aktivitas civitas Telkom University. Sehingga, dibutuhkan sistem distribusi air dengan tingkat kekurangan yang rendah. Untuk memperoleh rancangan sistem distribusi air yang diinginkan, simulasi dilakukan pada penelitian ini untuk menganalisis masalah yang ada pada pipa dan pompa seperti *head loss* atau kehilangan energi. Studi simulasi merupakan metode yang umum digunakan untuk menganalisis masalah terkait bidang mekanika. Salah satu metode simulasi yang digunakan untuk menganalisis permasalahan pada aliran jaringan pipa air adalah CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Penelitian dilakukan dengan membuat model jaringan distribusi air pada software WaterCAD. Hasil dari simulasi dan kalkulasi analisis hidrolis perubahan pipa 65 mm (2,5 *inch*) menjadi 100 mm (4 *inch*) dan pipa 50 mm (2 *inch*) menjadi 75 mm (3 *inch*) dapat meningkatkan rata-rata debit air yang masuk ke *rooftank* dan menurunnya rata-rata *headloss* pipa.

**Kata kunci** --- Air, distribusi air, pipa, pompa, *headloss*, WaterCAD.

#### Abstract

*Water is an important need that is utilized by humans. Along with population growth, the need of efficient water distribution plant is increasing. The problem that arise in pipe and pump network often affecting the efficiency of water distribution plant. Especially at public service building such as office building, apartment, or university complex. Telkom University is an institution with large number of water needs to support the civitas of Telkom University. Thus, the design of water distribution plant with minor fault is needed. In order to achieving the desired design of water distribution plant, simulation study are undergoing in this study to analyze the problem on pipe and pump network such as head loss. Simulation study have been a great method to analyze the mechanical problem, and the CFD method can solved the problem related to water flow on pipe network. The research was done by modeling the water distribution network with WaterCAD software. Result from the simulation and calculation of hydraulic analysis is changing the 2.5 inch pipe to 4 inch pipe and 2 inch pipe to 3 inch pipe can increasing the average value of flow rate to rooftank and decreasing the headloss in pipe.*

**Key words** --- Water, water distribution, pipe, pump, *headloss*, WaterCAD.

#### 1. Pendahuluan

Sebagai sebuah institusi yang menampung banyak civitas di area kampusnya, kebutuhan air bersih sangat diperlukan Telkom University untuk menunjang berbagai aktivitas yang ada. Pendistribusian air bersih di Telkom University terbagi menjadi beberapa wilayah yaitu wilayah I, II, dan III. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat terdapat 2 titik distribusi air bersih atau GWT (*Ground Water Tank*) di wilayah III yaitu di bagian asrama putri dan asrama putra. Adapun air yang didistribusikan dari GWT 1 adalah 5 gedung asrama putri A-E. dan untuk GWT 2 mendistribusikan air menuju 13 gedung yaitu gedung 1-12 dan F. Kebutuhan air perhari untuk gedung asrama A-E adalah sejumlah 150.400 liter sedangkan untuk gedung F dan 1-12 sejumlah 391.040 liter. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut tentunya dibutuhkan sistem distribusi air yang baik.



Gambar 1 Peta Distribusi Wilayah III

Konstruksi sebuah jaringan perpipaan merupakan bagian yang paling mahal dari sistem distribusi air. Oleh karena itu, perencanaan, perancangan, dan pengelolaannya harus dilakukan dengan baik dan efisien terutama pada sistem jaringan pipa yang kompleks (Al-Amin, 2011). Jaringan pipa tersebut akan mengalami penurunan tekanan atau *pressure drop* yang disebabkan oleh gesekan dengan permukaan saluran, pengaruh panjang pipa, kehilangan tekanan (*Headloss*) ataupun ketika aliran air melewati sambungan pipa, lengkungan (*elbow*) pipa, katup, dan komponen pipa lainnya (Wasposito, 2017). Untuk meningkatkan efisiensi dari sebuah jaringan pipa diperlukan analisis dan perubahan dari komponen-komponen yang dapat memengaruhi aliran debit air pada masing-masing pipa, dimana pada studi ini objek rancangan utama adalah diameter pipa. Memperkecil atau memperbesar diameter pipa merupakan solusi alternatif yang dapat dilakukan sebagai solusi masalah jaringan distribusi air (Yosefa & Indarjanto, 2017). Penggunaan teknik *Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan metode yang menjanjikan untuk mengatasi keterbatasan guna memecahkan masalah mengenai prediksi dan analisis dinamika fluida termasuk analisis hidrolis dengan komputasi persamaan fluida serta visualisasi dari hasil analisis (Arbat, et al., 2011). Salah satu software analisis hidrolis yang dapat digunakan untuk melakukan kalkulasi dan simulasi jaringan distribusi air bersih adalah *WaterCAD*. Setelah dilakukan simulasi pada sistem eksisting, dihasilkan nilai total headloss GWT 1 sebesar 43,6 m dan GWT 2 sejumlah 69,4 m. Berdasarkan masalah yang telah dijabarkan, akan dilakukan analisis hidrolis seperti debit air, tekanan, dan *headloss* yang dialami pada sistem pengolahan dan distribusi air bersih di wilayah III Universitas Telkom. Simulasi dilakukan untuk menganalisis perubahan yang diterapkan pada jaringan pipa untuk memperoleh usulan yang dapat meningkatkan efisiensi pada jaringan distribusi air bersih di wilayah III Telkom University.

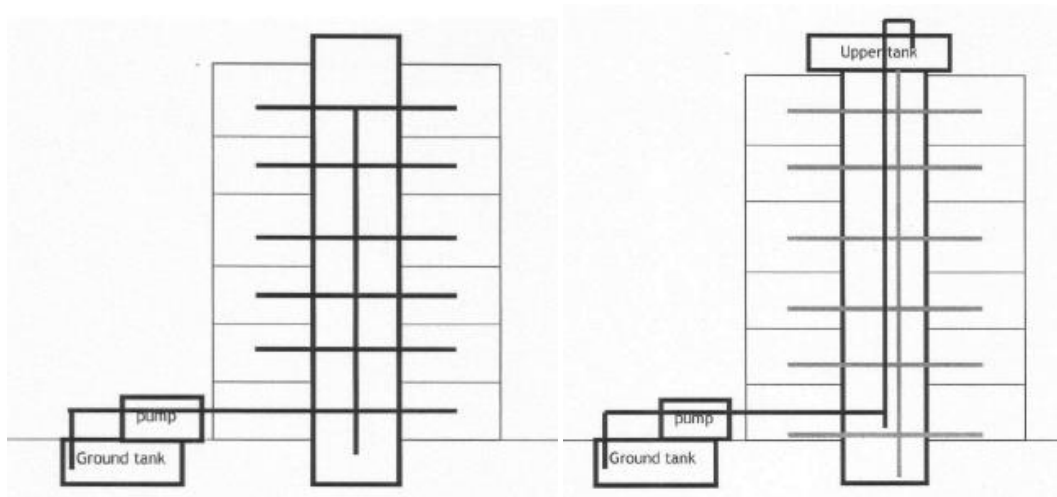
## 2. Dasar Teori

### 2.1 Sistem Distribusi Air Bersih

Dalam pendistribusian air bersih kepada pengguna diperlukan sistem perpipaan, reservoir, pompa, dan alat penunjang lainnya yang baik guna mendapatkan hasil dengan kuantitas, kualitas, dan tekanan yang tepat. Metode pendistribusian air bergantung pada kondisi sumber air yang digunakan dan posisi bangunan yang akan disalurkan air bersih. Pada gedung bertingkat, dibutuhkan sistem distribusi air bersih yang berbeda dari jaringan dasar. Terdapat dua sistem yang umum digunakan untuk bangunan *middle rise* atau *high rise*. (Pynkyawati & Wahadamaputera, 2015). Adapun kedua sistem tersebut dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. *Up Feed System*

Dalam sistem ini air dari ground tank langsung didistribusikan ke masing-masing lantai dengan menggunakan pompa. Penerapan sistem ini perlu memerhatikan kekuatan pompa yang digunakan karena pendistribusian air ke setiap lantai hanya mengandalkan kekuatan pompa saja. Implementasi sistem ini relatif murah namun memiliki kekurangan seperti pompa yang akan menyala terus menerus serta ketinggian yang terbatas dengan kekuatan pompa.



Gambar 2 Distribusi Air Bersih *Up Feed System* (kiri) dan *Down Feed System* (kanan)

## 2. *Down Feed System*

Dalam sistem ini air dari ground tank dialirkan dengan bantuan pompa dorong untuk ditampung di upper tank. Selanjutnya untuk pendistribusian ke setiap lantai dari upper tank menggunakan metode gravitas. Selain dengan metode gravitasi, dapat juga digunakan bantuan pompa dalam pendistribusian untuk masing-masing lantai terutama untuk bangunan dengan jumlah lantai lebih banyak. Sistem ini memiliki kelebihan seperti kerja pompa yang tidak terus menerus sehingga akan lebih efisien.

## 2.2 Fluida Pada Jaringan Pipa

Hukum kontinuitas merupakan persamaan yang menjelaskan keterkaitan antara kecepatan aliran dan luas penampang (Halliday, Resnick, & Walker, 2011). Adapun persamaan tersebut ditulis sebagai berikut.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (1)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 + A_3 v_3 \quad (2)$$

Penelitian oleh Hagar (1984) menyatakan bahwa pada perbedaan rugi tekan atau *head loss* pipa utama dengan pipa pemisah disebabkan oleh perbedaan luas penampang yang dilewati aliran fluida. persamaan Darcy-Wiesbach diperoleh dari:

$$h_f = f \frac{lv^2}{d^2g} \quad (3)$$

$h_f$  = headloss friction (m)

$f$  = koefisien gesek pipa

$l$  = panjang pipa (m)

$d$  = diameter pipa (m)

$v$  = kecepatan (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

Dimana  $f$  merupakan Darcy friction factor yang dapat diperoleh dari bilangan Reynolds dengan persamaan sebagai berikut:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (4)$$

Selain dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach, terdapat persamaan empiris yang umum digunakan yaitu persamaan Hazen-Williams yang ditulis sebagai berikut (Mays, 2004).

$$h_f = 10.654 \left( \frac{Q}{C} \right)^{0.54} \frac{1}{d^{4.87}} l \quad (5)$$

Dengan:

$h_f$  = headloss friction (m)

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ )

$C$  = koefisien kekasaran Hazen-Williams

$l$  = panjang pipa (m)

$d$  = diameter pipa (m)

## 2.3 CFD (Computational Fluid Dynamics)

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) didefinisikan sebagai metodologi yang digunakan untuk menunjukkan simulasi numerik dari aliran fluida dengan menggunakan program perangkat lunak komputer (Hirsch, 2007).

Terdapat tiga langkah proses simulasi pada CFD, yaitu:

### 1. Preprocessing

Preprocessing merupakan langkah pertama dalam membangun dan menganalisis sebuah model CFD. Teknis yang dilakukan adalah pembuatan model kemudian menetapkan kondisi dan batasan dari rancangan

### 2. Solving (Numerical Process)

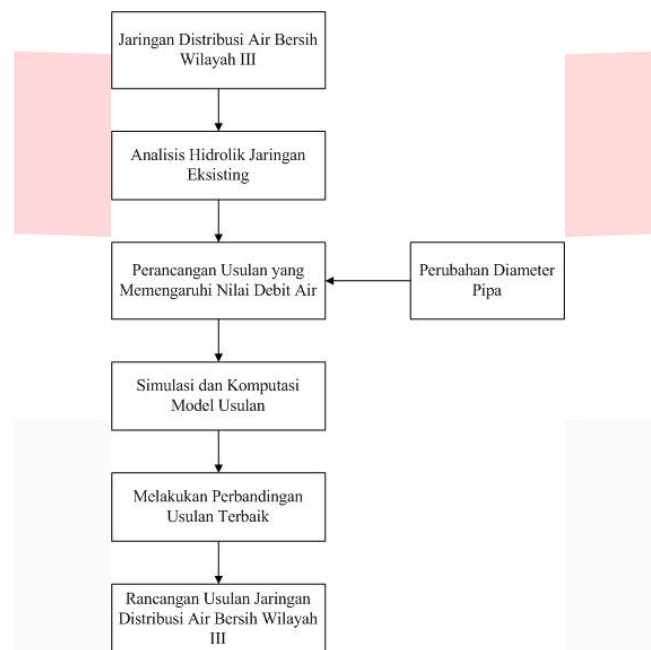
Langkah selanjutnya, perangkat lunak melakukan proses perhitungan dari input yang sudah ditentukan pada langkah sebelumnya

### 3. Postprocessing

Langkah terakhir dari analisis CFD ini dilakukan interpretasi dan pengelompokkan data hasil simulasi CFD yang berupa gambar, kurva, dan animasi

## 2.4 Model Konseptual

Penelitian ini melakukan perancangan jaringan usulan dengan merubah diameter pipa pada jaringan distribusi air bersih di wilayah III Telkom University menggunakan *software* WaterCAD.

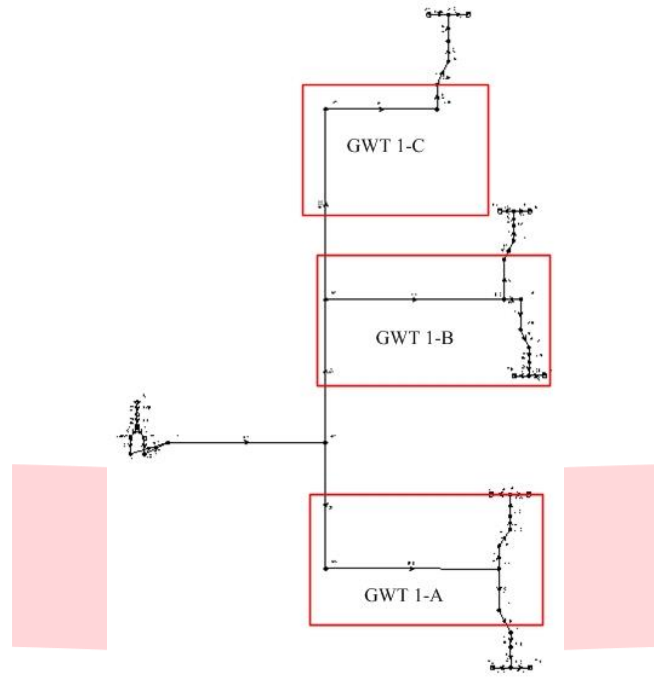


Gambar 3 Model Konseptual Penelitian

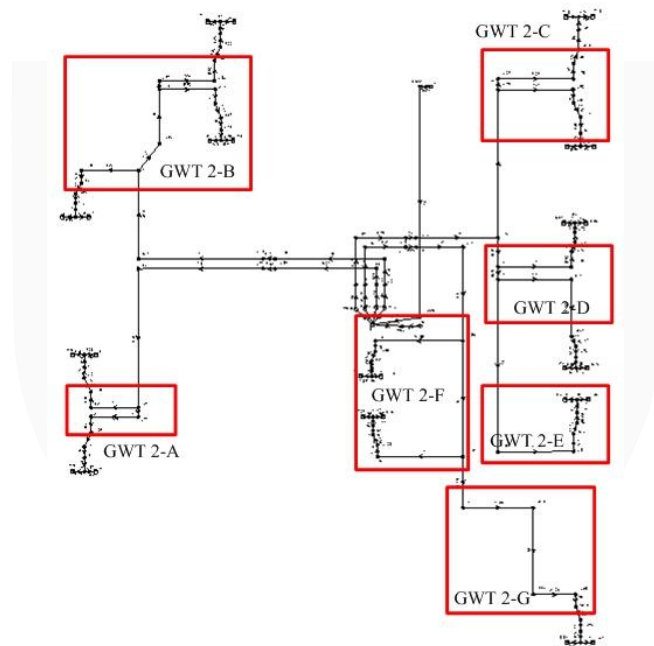
## 3. Pembahasan

### 3.1 Pembuatan Model Jaringan Pipa Air

Untuk melakukan proses simulasi dan komputasi menggunakan software CFD, dibutuhkan proses pembuatan yang merupakan *pre-processing* untuk melakukan simulasi CFD. Berdasarkan spesifikasi acuan yang sudah didapatkan, dilakukan proses pemodelan 2D dari peta jaringan distribusi air bersih di wilayah III Telkom University.



Gambar 4 Model Jaringan GWT 1



Gambar 5 Model Jaringan GWT 2

**3.2 Analisis Hasil Simulasi**

Analisis dilakukan untuk mengetahui perubahan debit air setelah dilakukan simulasi pada model usulan 1 dan usulan 2. Pada Tabel 1 dan Tabel 2 ditampilkan nilai rata-rata dari pipa outlet pada masing-masing GWT setelah dilakukan simulasi.

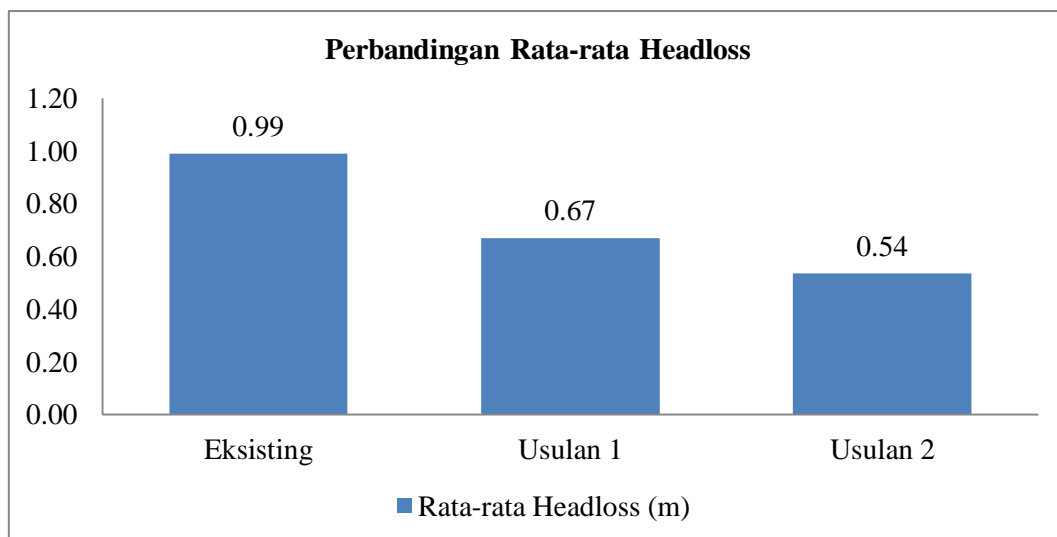
Tabel 1 Rata-rata Debit Air Pipa Outlet GWT 1

Model	Debit Air (l/s)
Eksisting	1.47
Usulan 1	1.58
Usulan 2	1.63

Tabel 2 Rata-rata Debit Air Pipa Outlet GWT 2

Model	Debit Air (l/s)
Eksisting	1.56
Usulan 1	1.59
Usulan 2	1.61

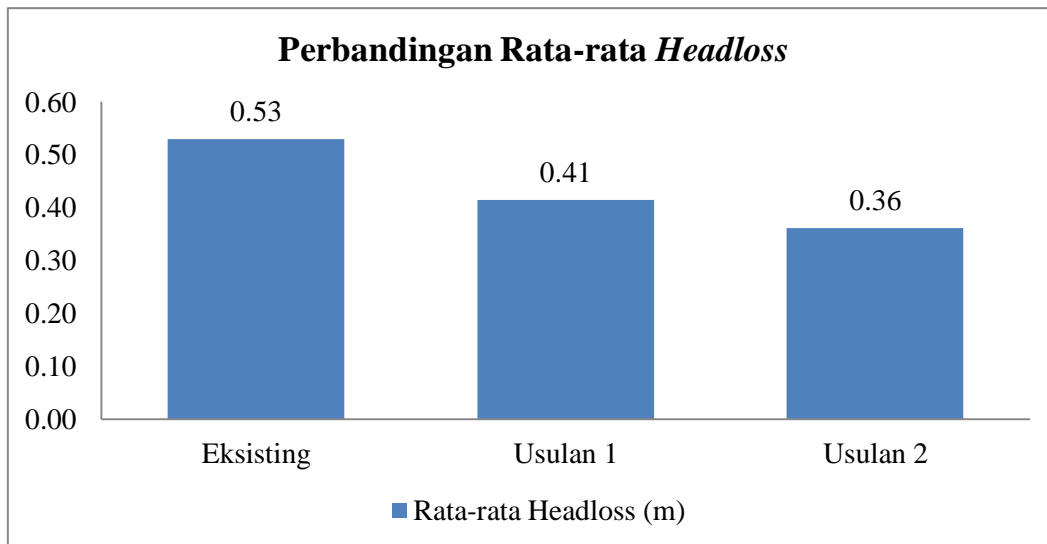
Berdasarkan Tabel 1, ditampilkan nilai rata-rata debit air pada pipa outlet. Adapun pipa outlet tersebut merupakan pipa inlet pada rooftank yang memiliki spesifikasi diameter berukuran 40 mm (1,5 inch). Untuk model eksisting didapatkan hasil sejumlah 1,47 l/s sedangkan untuk model usulan 2 mengalami kenaikan sejumlah 1,63 l/s. Hal tersebut menandakan perubahan diameter pada usulan 2 yaitu dengan mengubah 12 titik pipa dengan diameter pipa 65 mm (2,5 inch) menjadi 100 mm (4 inch) dan pipa 50 mm (2 inch) menjadi 75 mm (3 inch) dapat memberikan dampak naiknya nilai air yang masuk ke rooftank setiap detiknya. Perubahan tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan usulan 1 yaitu dengan mengubah diameter pipa 65 mm (2,5 inch) menjadi 75 mm (3 inch) dan pipa 50 mm (2 inch) menjadi 65 mm (2,5 inch) yang memiliki nilai rata-rata debit air sejumlah 1,58 l/s. Dengan melakukan eksperimen yang sama pada GWT 2 yaitu mengubah ukuran pipa pada 42 titik, nilai rata-rata debit air pada 26 pipa outlet juga mengalami perubahan. Seperti yang terdapat pada Tabel 2, hasil pada model usulan 2 memiliki nilai rata-rata debit air lebih tinggi yaitu sebesar 1,61 l/s jika dibandingkan dengan model eksisting dan usulan 1 dengan debit air sejumlah 1,56 l/s dan 1,59 l/s. Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa perubahan debit air pada beberapa pipa berpengaruh terhadap pipa outlet. Selanjutnya dilakukan juga analisis headloss pada jaringan GWT 1 dan GWT 2.



Gambar 6 Perbandingan Rata-rata Headloss GWT 1

Berdasarkan Gambar 6 disajikan diagram batang yang menunjukkan perbedaan nilai rata-rata headloss dari keseluruhan pipa distribusi dari groundtank menuju rooftank yang berjumlah 44 pipa untuk GWT 1. Dapat dilihat terjadi penurunan nilai rata-rata headloss setelah dilakukan perubahan diameter pipa. Hal tersebut sesuai dengan persamaan headloss menurut Darcy-Weisbach bahwa nilai headloss berbanding terbalik dengan diameter pipa. Karena pada penelitian ini dilakukan perubahan diameter dengan memperbesar diameter pipa maka seperti yang disajikan Gambar 5.15 nilai rata-rata headloss akan menurun. Adapun rata-rata untuk model eksisting sebesar 0,99 m lalu untuk usulan 1 sejumlah 0,67 m dan 0,54 untuk usulan 2.





Gambar 7 Perbandingan Rata-rata Headloss GWT 1

Berdasarkan Gambar 7 disajikan diagram batang yang menunjukkan perbedaan nilai rata-rata *headloss* dari keseluruhan pipa distribusi dari *groundtank* menuju *rooftank* yang berjumlah 131 pipa untuk GWT 2. Dapat dilihat terjadi penurunan nilai rata-rata *headloss* setelah dilakukan perubahan diameter pipa. Adapun rata-rata untuk model eksisting sebesar 0,76 m lalu untuk usulan 1 sejumlah 0,65 m dan 0,6 untuk usulan 2. Selanjutnya dilakukan analisis nyala waktu pompa akibat perubahan debit air yang terjadi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan perubahan diameter pipa dengan memperbesar ukuran diameter pada jaringan distribusi air bersih dapat memperbesar nilai rata-rata debit air yang masuk ke *rooftank* dan menurunkan nilai rata-rata *headloss*. Berdasarkan simulasi yang sudah dilakukan menggunakan *software* WaterCAD, model usulan 2 yaitu dengan mengubah pipa 65 mm (2,5 *inch*) menjadi 100 mm (4 *inch*) dan pipa 50 mm (2 *inch*) menjadi 75 mm (3 *inch*) memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan model usulan 1. Adapun pada model usulan 2 dihasilkan nilai rata-rata debit air pada pipa *outlet* sebesar 1,63 liter/detik dan rata-rata nilai *headloss* sebesar 0,54 m dengan penurunan nilai head loss sebesar 46%. Perubahan tersebut dilakukan pada 12 titik pipa di GWT 1. Sedangkan untuk GWT 2 dilakukan perubahan pada 42 titik, sehingga dari model usulan 2 dihasilkan nilai rata-rata debit air pada pipa *outlet* sebesar 1,61 liter/detik dan rata-rata nilai *headloss* pada pipa dari *groundtank* ke *rooftank* sebesar 0,36 m, dengan penurunan nilai head loss sebesar 32%. Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari studi ini telah dicapai dengan mengubah diameter pipa pada distribusi jaringan air bersih di wilayah III Telkom University.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Al-Amin, M. B. (2011). Komputasi Analisis Hidraulika Jaringan Pipa Air Minum. Seminar Nasional Kebumihan, 18-29.
- [2] Waspod. (2017). Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa Pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. Suara Teknik: Jurnal Ilmiah.
- [3] Yosefa, F., & Indarjanto, H. (2017). Analisis Perencanaan dan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih di PDAM Tulungagung. JURNAL TEKNIK ITS, 25-29.
- [4] Arbat, G., Pujol, T., Puig-Bargués, J., Duran-Ros, M., Barragán, J., Montoro, L., et al. (2011). USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS TO PREDICT HEAD LOSSES. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1367-1376.
- [5] Pynkyawati, T., & Wahadamaputera, S. (2015). Utilitas Bangunan Modul Plumbing. Jakarta: Griya Kreasi.
- [6] Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2011). Fundamentals of Physics. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [7] Mays, L. W. (2004). Hydraulic Design Handbook. New York: McGraw-Hill.
- [8] Hirsch, C. (2007). Numerical Computation of Internal and External Flows Volume 1 Fundamentals of Computational Fluid Dynamics. Oxford: Butterworth-Heinemann.