

OPTIMASI PADA SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DI WILAYAH I TELKOM UNIVERSITY DENGAN METODE CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) DAN ANALISIS PERBANDINGAN 3 WILAYAH MENGGUNAKAN SOFTWARE PIPE FLOW EXPERT

WATER DISTRIBUTION SYSTEM OPTIMIZATION AT TELKOM UNIVERSITY AREA I WITH CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) METHOD AND COMPARING 3 AREAS USING PIPE FLOW EXPERT SOFTWARE

Reynaldo Yoseva Parulian Sitompul¹, Agus Kusnayat², Sri Martini³
 Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
¹reynaldoyoseva@student.telkomuniversity.ac.id, ²agus_kusnayat@yahoo.com,
³srimartini59m@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 Pipe Flow Expert. Hasil dari simulasi dan kalkulasi analisis hidrolis perubahan pipa 100 mm (4 inch) menjadi 150 mm (6 inch) dan pipa 75 mm (3 inch) menjadi 100 mm (4 inch) dapat meningkatkan rata-rata debit air yang masuk ke *rooftank* dan menurunkan rata-rata *headloss* pipa. Hasil dari penelitian wilayah 1 akan dibandingkan dengan hasil penelitian wilayah 2 dan 3 menggunakan software PipeFlow, sehingga akan didapatkan hasil efektivitas terbaik dari software PipeFlow, WaterCAD, dan EPANET 2.0.

Kata kunci --- Air, distribusi air, pipa, pompa, *headloss*, Pipe Flow Expert, WATERCAD, EPANET 2.0.

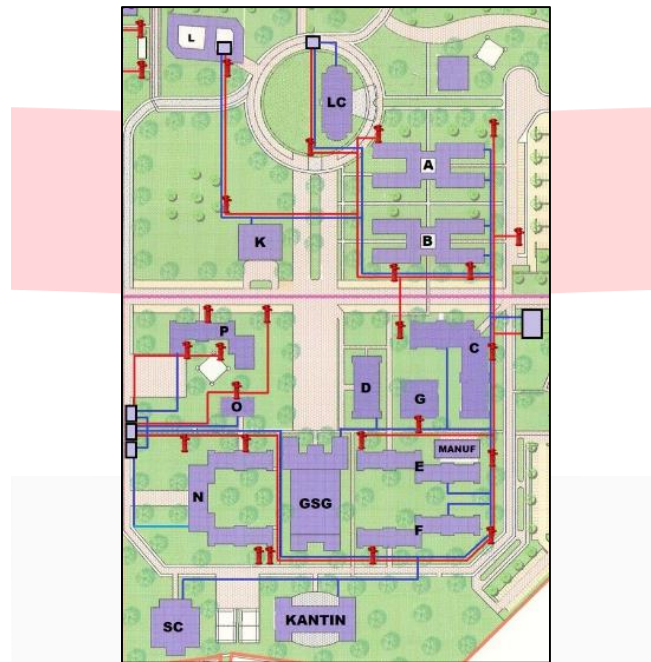
Abstract

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 Pipe Flow Expert software. Result from the simulation and calculation of hydraulic analysis is changing the 4 inch pipe to 6 inch pipe and 3 inch pipe to 4 inch pipe can increasing the average value of flow rate to *rooftank* and decreasing the *headloss* in pipe. The results of the research in area 1 will be compared with the results of the research in areas 2 and 3 using the PipeFlow software, so that the best effectiveness results will be obtained from the PipeFlow, WaterCAD, and EPANET 2.0 software.

Key words --- Water, water distribution, pipe, pump, *headloss*, Pipe Flow Expert, EPANET 2.0, 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 I yaitu di bagian depan gedung C dan di bagian belakang gedung P. Adapun air yang didistribusikan dari GWT 1 adalah 8 gedung A-F, GSG, SC, dan kantin. Dan untuk GWT 2 mendistribusikan air menuju 3 gedung yaitu gedung N, O, dan P. Kebutuhan air perhari untuk gedung A-F adalah sejumlah 262.560 liter sedangkan untuk gedung N, O, dan P sejumlah 387.260 liter. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut tentunya dibutuhkan sistem distribusi air yang baik.



Gambar 1 Peta Distribusi Wilayah I

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 (Waspodo, 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 *Pipe Flow Expert*. Setelah dilakukan simulasi pada sistem eksisting, dihasilkan nilai total headloss GWT 1 sebesar 7.8 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 I 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 I Telkom University. Dan juga untuk mengetahui perbandingan efisiensi usulan menggunakan 3 macam software yaitu, *Pipe Flow Expert*, *WATERCAD*, dan *EPANET 2.0*.

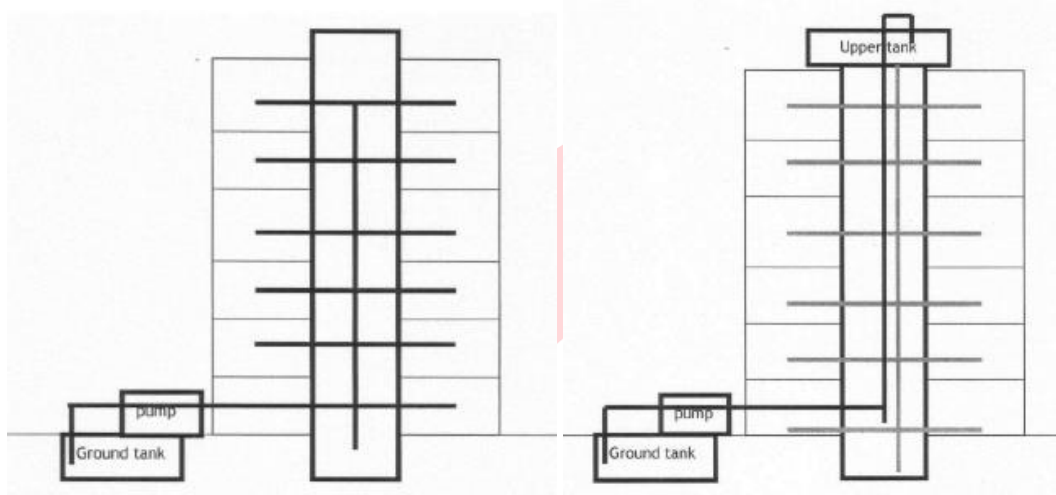
2. Dasar Teori

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 gravitasi. 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:

$$h_f = f \frac{lv^2}{d2g} \quad (3)$$

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/s²)

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).

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

Dengan:

h_f = headloss friction (m)

Q = debit air (m³/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. Teknik yang dilakukan adalah pembuatan model kemudian menetapkan kondisi dan batasan dari rancangan

2. Solving (Numerical Process)

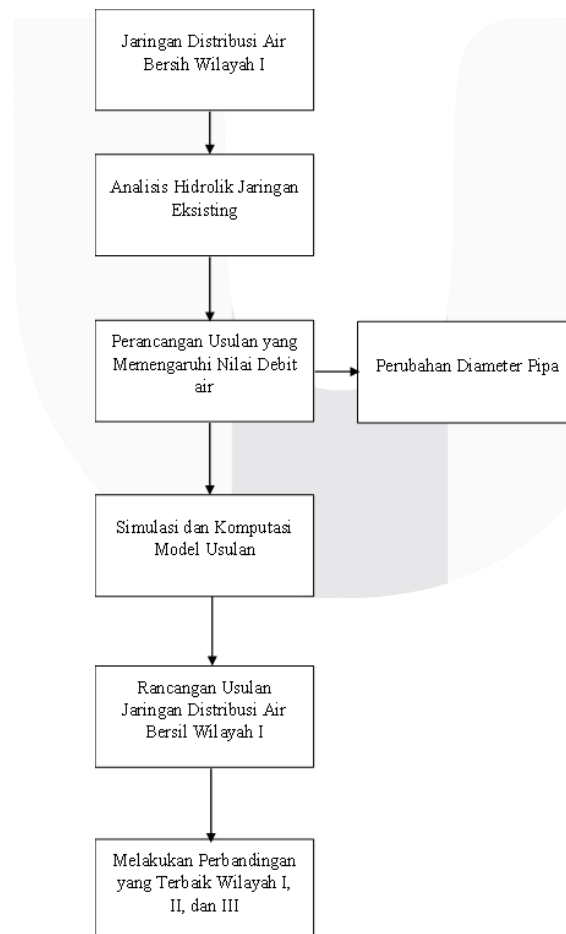
Langkah selanjutnya, perangkat lunak melakukan proses perhitungan dari input yang sudah ditentukan pada langkah sebelumnya

3. Postprocessing

Langkah terakhir dari analisis CFD ini dilakukan interpretasi dan pengelompokan 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.

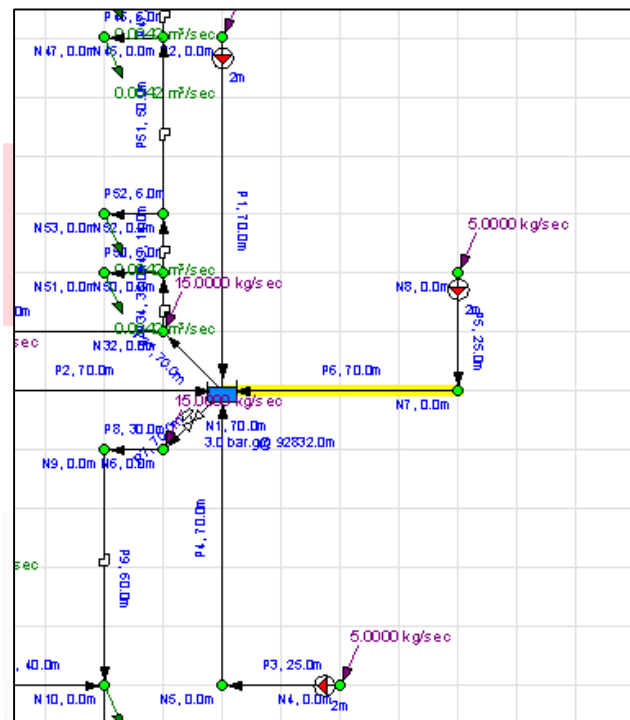


Gambar 3 Model Konseptual Penelitian

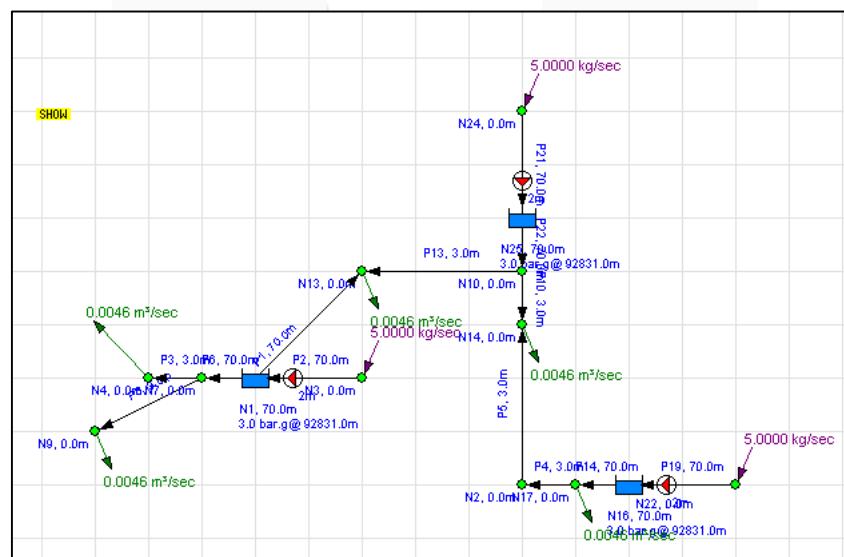
3. Pembahasan

3.1 Pembuatan Model Jaringan Pipa Air

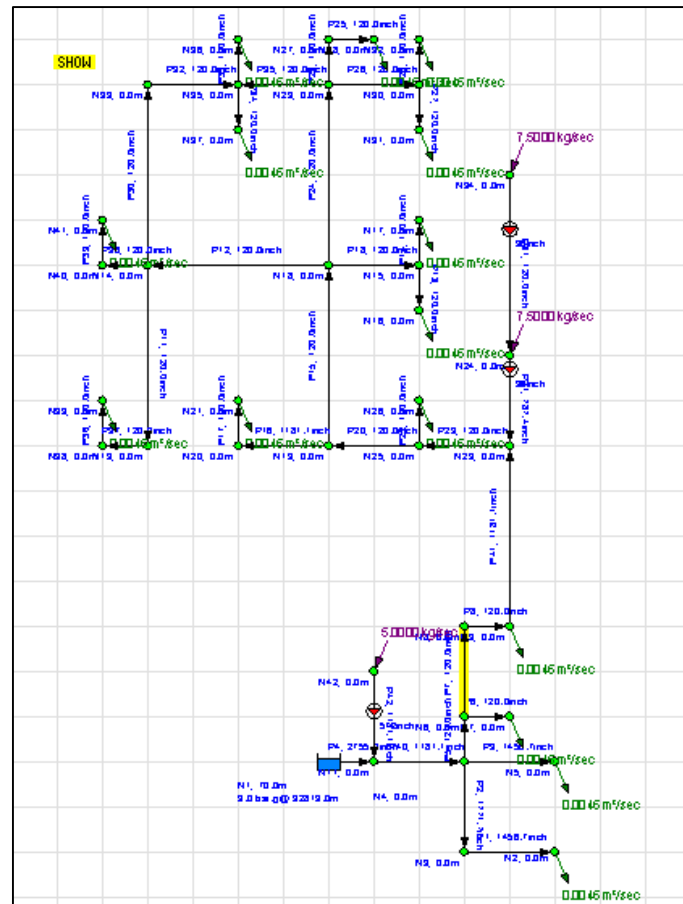
Untuk melakukan proses simulasi dan komputasi menggunakan software CFD, dibutuhkan proses pembuatan yang merupakan *pre-processing* untuk melakukan simulasi CFD. Berdasarkan spesifikasi acuan yang sudah didapatkan, dilakukan proses pemodelan 2D dari peta jaringan distribusi air bersih di wilayah I, II,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



Gambar 4 Model Jaringan Wilayah 1



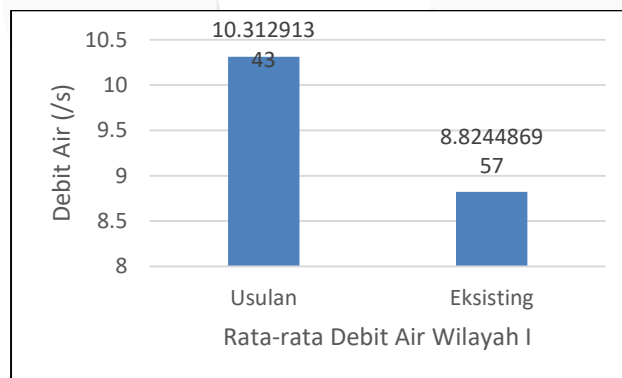
Gambar 5 Model Jaringan Wilayah 2



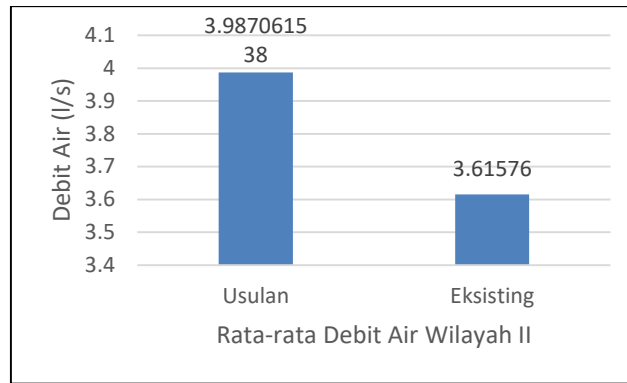
Gambar 6 Model Jaringan Wilayah 3

3.2 Analisis Hasil Simulasi

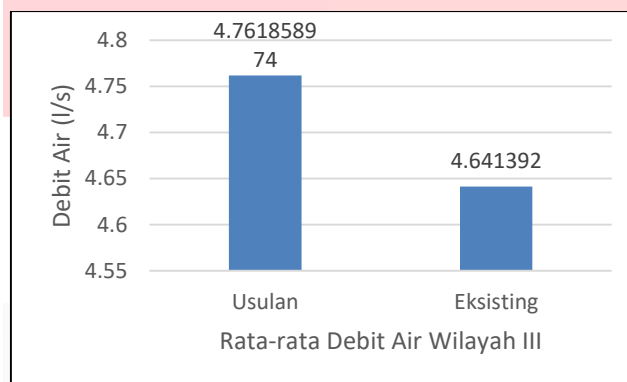
Analisis dilakukan untuk mengetahui perubahan debit air setelah dilakukan simulasi pada model wilayah I, II, dan III. Pada Gambar 7, 8, dan 9 ditampilkan nilai rata-rata dari pipa outlet pada masing-masing GWT setelah dilakukan simulasi.



Gambar 7 Rata-rata Debit Air Wilayah I

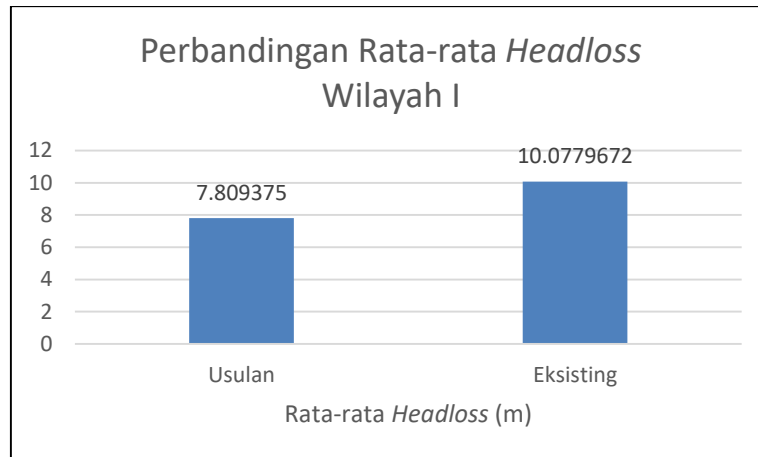


Gambar 8 Rata-rata Debit Air Wilayah II

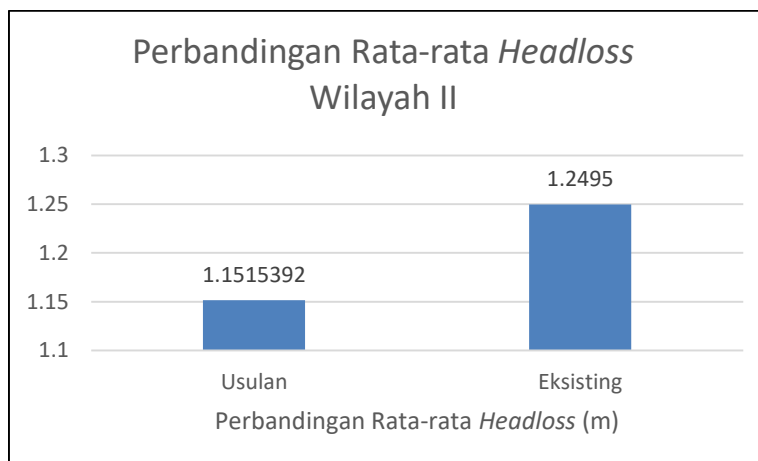


Gambar 9 Rata-rata Debit Air Wilayah III

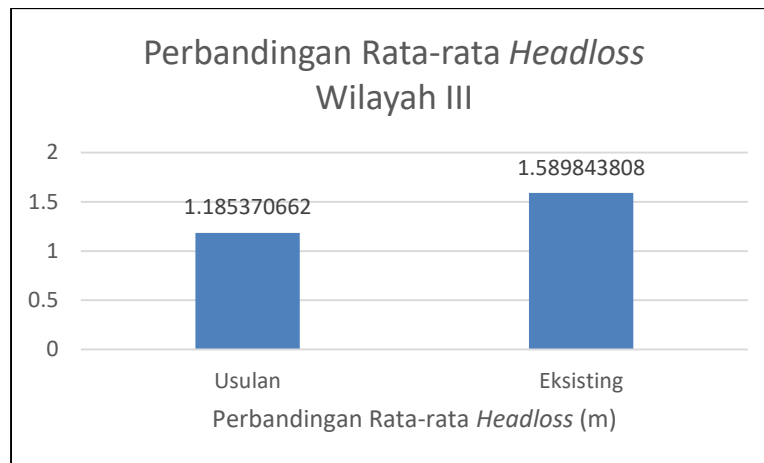
Setelah melakukan perancangan model usulan dengan mengubah ukuran diameter pipa pada titik tertentu, dan sedih mengubah jalur dan denah berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pengaruh dari perubahan tersebut. Sesuai dengan persamaan hubungan debit air dan luas penampang pipa, dengan melakukan pembesaran pada ukuran pipa, maka nilai debit air akan membesar. Adapun perbandingan rata-rata debit air pada jaringan pipa wilayah 1 dapat dilihat pada diagram batang Gambar 7 yang menunjukkan untuk model eksisting memiliki nilai 8,82 l/s lalu sedangkan untuk usulan memiliki nilai debit air sebesar 10,31 l/s. Adapun untuk Wilayah 2 setelah dilakukan perubahan pada denah dan diameter di beberapa titik, dihasilkan juga nilai rata-rata debit air yaitu untuk model eksisting dihasilkan nilai rata-rata sebesar 3,61 l/s, lalu untuk model usulan 1 senilai 3,98 l/s, Adapaun grafik perbandingan dapat dilihat pada diagram batang Gambar 8. Sedangkan untuk Wilayah 3 setelah dilakukan perubahan pada jalur dan diameter di beberapa titik, dihasilkan juga nilai rata-rata debit air yaitu untuk model eksisting dihasilkan nilai rata-rata sebesar 4,64 l/s, lalu untuk model usulan senilai 4,76 l/s, Adapaun grafik perbandingan dapat dilihat pada diagram batang Gambar 9.

Gambar 10 Perbandingan Rata-rata *Headloss* Wilayah 1

Pada tahapan simulasi eksperimen, dihasilkan juga rata-rata dari keseluruhan nilai *headloss* pada masing-masing pipa. Simulasi dilakukan pada setiap rancangan yang dibuat untuk masing-masing GWT. Rata-rata nilai *headloss* pada wilayah I didapatkan dari 69 pipa yang ada pada jaringan tersebut. Jumlah pipa tersebut merupakan pipa yang mendistribusikan air dari *groundtank* ke *rooftank*. Adapun perbandingan data hasil eksperimen dari simulasi yang dilakukan pada rancangan usulan untuk wilayah 1 yaitu sebesar 7.8m untuk hasil usulan dan 10.07m hasil dari eksisting dapat dilihat pada diagram batang Gambar 10.

Gambar 11 Perbandingan Rata-rata *Headloss* Wilayah 2

Sedangkan pada Wilayah 2 nilai rata-rata *headloss* didapatkan dari 12 pipa yang mendistribusikan air dari *groundtank* ke *rooftank*. Adapun perbandingan data hasil eksperimen dari simulasi yang dilakukan pada rancangan usulan untuk wilayah 2 yaitu sebesar 1.15m untuk hasil usulan dan 1.24m hasil dari eksisting dapat dilihat pada diagram batang Gambar 11.



Gambar 12 Perbandingan Rata-rata Headloss Wilayah 3

Dan untuk Wilayah 3 nilai rata-rata headloss didapatkan dari 42 pipa yang mendistribusikan air dari *groundtank* ke *rooftank*. Adapun perbandingan data hasil eksperimen dari simulasi yang dilakukan pada rancangan usulan untuk wilayah 3 yaitu sebesar 1.18m untuk hasil usulan dan 1.58m hasil dari eksisting dapat dilihat pada diagram batang Gambar 12.

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*, menurunkan nilai rata-rata headloss, dan menurunkan biaya yang digunakan untuk pengisian *rooftank*. Berdasarkan simulasi yang sudah dilakukan menggunakan *software* Pipe Flow Expert, model usulan yaitu dengan mengubah pipa 65 mm (2,5 inch) menjadi 100 mm (4 inch). Adapun model usulan di wilayah lain dengan menambahkan beberapa pipa dan mengubah sedikit denah, serta mengubah arah jalur air pada wilayah III. Maka dihasilkan nilai rata-rata debit air pada pipa wilayah I sebesar 10,31 liter/detik, rata-rata nilai headloss sebesar 7,8 m, dan efisiensi biaya pengisian *rooftank* sebesar 8%. Perubahan tersebut dilakukan pada 6 titik pipa di wilayah I. Sedangkan untuk wilayah II dilakukan perubahan pada 3 titik, sehingga dari model usulan dihasilkan nilai rata-rata debit air pada pipa sebesar 3,98 liter/detik, rata-rata nilai headloss pada pipa dari *groundtank* ke *rooftank* sebesar 1,15 m, dan efisiensi biaya pengisian *rooftank* sebesar 6%. Sedangkan untuk wilayah III tidak dilakukan perubahan, hanya mengubah arah jalur air sehingga dari model usulan dihasilkan nilai rata-rata debit air pada pipa sebesar 4.76 liter/detik, rata-rata nilai headloss pada pipa dari *groundtank* ke *rooftank* sebesar 1,18 m, dan efisiensi biaya pengisian *rooftank* sebesar 8%. Sehingga dapat disimpulkan perubahan jaringan menjadi model jaringan untuk wilayah I, II, dan III dapat mengefisienkan biaya hingga 22%. Berdasarkan hal tersebut, *software* Pipe Flow Expert lebih efektif dan efisien apabila diterapkan pada wilayah I dan II. Wilayah III akan tetap lebih efisien apabila menggunakan *software* WATERCAD dikarenakan nilai efisiensi yang tidak lebih besar dari *software* Pipe Flow Expert. Berdasarkan perumusan hasil nilai kelayakan penelitian ini maka didapatkan nilai BCR < 1 yaitu sebesar 0,11 dan dapat disimpulkan penelitian ini tidak *feasible* jika direalisasikan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Al-Amin, M. B. (2011). Komputasi Analisis Hidraulika Jaringan Pipa Air Minum. Seminar Nasional Kebumihan, 18-29.
- [2] Waspodo. (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.

