

PENGOPTIMALAN JARINGAN AIR BERSIH DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA *PRIM* DI KECAMATAN MALAKA TIMUR KABUPATEN MALAKA

Maksimus Asa Moruk^{1*}, Faustianus Luan², Fried M. Allung Blegur³

^{1*,2,3}Matematika, Universitas Timor,

mormex84@gmail.com¹, luanfausty57@gmail.com², allung.friedblegur@gmail.com³

ABSTRACT

A network is a group of devices that have the same structure and act together to perform certain functions. In this research, researchers studied the microcosm of clean water networks in East Malaka District, Malaka Regency using the Prim Algorithm which aims to determine the minimum distribution network for an interconnected weighted graph. Apart from that, researchers used volumetric (measurement of air discharge using a stopwatch) and 5 liter containers/buckets and calculated Hazen Williams to calculate how much air discharge from the spring source to the destination location, namely Felumasin village (G_5) and Fatumatetek village (G_6). The type of data used is quantitative data, namely data obtained from research results that are structured or patterned from one study so that it can be read more easily by researchers. The data source used is primary data, namely data obtained directly by researchers at the research location. Based on the results of this analysis, an air flow rate of 3,17 liters/second was obtained from a spring with a pipe slope of 0,00348258706, a flow velocity of 403,454545 m/s , and energy loss due to a height of 13.951.139,5 m . Thus, the overall air discharge calculation results obtained from the springs to (G_5) and (G_6) using the general Hazen Williams formula are 0,00430088749 liter/second. This shows that the distribution of clean water networks carried out by researchers using the *Prim Algorithm* is optimal.

Keywords: Graph, *Prim Algorithm*, Graph, Water Discharge

ABSTRAK

Jaringan merupakan sekelompok perangkat yang memiliki struktur yang sama dan bertindak bersama-sama untuk melakukan fungsi tertentu. Dalam penelitian ini, peneliti mengkaji tentang pengoptimalan jaringan air bersih di Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka dengan menggunakan *Algoritma Prim* yang bertujuan untuk menentukan jaringan pendistribusian minimal untuk sebuah graf berbobot yang saling terhubung. Selain itu juga, peneliti menggunakan *volumetric* (pengukuran debit air menggunakan stopwatch) dan wadah/ember 5 liter dan rumus Hazen Williams untuk menghitung seberapa besar debit air dari sumber mata air ke lokasi tujuan yakni kampung Felumasin (G_5) dan kampung Fatumatetek (G_6). Jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif yakni data yang diperoleh dari hasil penelitian yang bersifat terstruktur atau berpola dari satu riset sehingga dapat dibaca lebih mudah oleh peneliti. Sumber data yang digunakan adalah data primer yakni data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti di lokasi penelitian. Berdasarkan hasil analisis tersebut diperoleh debit air sebesar 3,17 liter/detik dari sumber mata air dengan kemiringan pipa sebesar 0,00348258706, kecepatan aliran sebesar 403,454545 m/s , serta kehilangan energi karena ketinggiannya sebesar 13.951.139,5 m . Dengan demikian, hasil perhitungan debit air yang diperoleh secara keseluruhan dari sumber mata air ke G_5 dan G_6 menggunakan rumus umum Hazen Williams sebesar 0,00430088749 liter/detik. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan pendistribusian air bersih yang dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan *Algoritma Prim* optimal.

Kata Kunci: Graf, Algoritma Prim, Graf, Debit Air

PENDAHULUAN

Jaringan merupakan sekelompok perangkat yang memiliki struktur yang sama dan bertindak bersama-sama untuk melakukan fungsi tertentu. Dalam kehidupan sehari-hari manusia tidak terlepas dari permasalahan jaringan, sebab jaringan sangat dibutuhkan sebagai suatu material yang membantu mempermudah pekerjaan manusia, seperti jaringan transportasi air bersih. Air bersih sangat dibutuhkan demi memperpanjang hidup makhluk hidup (manusia). Selain digunakan sebagai keperluan keluarga, air bersih juga digunakan pada berbagai fasilitas umum, fasilitas industri, dan ekonomi. Seiring dengan meningkatnya populasi manusia yang berdampak pada kepadatan penduduk, interaksi sosial, dan pertumbuhan ekonomi, kebutuhan dan permintaan air bersih pun terus meningkat.

Masalah-masalah pengangkutan, distribusi, maupun transportasi yang berkaitan dengan masalah pengiriman komoditas dari suatu sumber ke suatu tujuan dengan biaya transportasi minimum, dapat direpresentasikan dan diselesaikan sebagai suatu jaringan. Jaringan dapat digambarkan sebagai suatu gugus titik dan sisi yang menghubungkan pasangan titik tertentu. Persoalan penting dalam jaringan terdiri atas: 1) persoalan rute terpendek (*shortest route*), 2) persoalan minimasi jaringan atau pohon rentang minimum, 3) persoalan aliran maksimum (*maximal flow*) (Oktaviani, 2007). Sedangkan persoalan pohon rentang minimum merupakan variasi dari persoalan rute terpendek yang perbedaannya terletak pada lintasan yang dicari, yaitu menentukan sisi-sisi yang menghubungkan titik-titik yang ada pada jaringan sehingga diperoleh panjang sisi total yang minimum. Salah satu permasalahan dari pohon rentang minimum ialah sistem jaringan pemasangan pipa air. Graf pada Sistem jaringan pipa air memberikan peranan yang cukup besar dalam jaminan kualitas dalam penyaluran air bersih kepada masyarakat. Dimana jaringan pipa air yang sudah disalurkan, ke suatu sumber air yang akan dialirkan, tidak dapat menjangkau seluruh masyarakat yang membutuhkan. Pendistribusian jaringan pipa air memiliki masalah karena ada beberapa wilayah yang berada di ketinggian. Wilayah yang dimaksud adalah sangat membutuhkan jaringan distribusi air. Sebagai contoh, masalah pendistribusian banyak dialami beberapa industri-industri (perusahaan) yang ada di Indonesia, salah satunya adalah Daerah Air Minum di Nusa Tenggara Timur, dimana jaringan pipa distribusi air dapat dikatakan belum optimal karena masih terdapat beberapa wilayah yang belum mendapatkan pendistribusian air bersih, Contoh ini bisa berkaitan dengan jaringan kerja komunikasi dalam skala luas atau jaringan kerja distribusi, seperti jaringan pipa untuk distribusi air bersih. Dalam mencari jaringan pipa air yang optimal, langkah awal yang dilakukan yaitu membentuk suatu graf dari jaringan distribusi air (Hillier, 1990:336).

Permasalahan yang dialami oleh masyarakat di Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka yaitu kuantitas air yang diterima masyarakat sangat terbatas. Terdapat beberapa daerah/kampung di wilayah Kecamatan Malaka Timur yang hingga saat ini belum mendapatkan pelayanan pendistribusian air bersih, di antaranya kampung Felu Masin dan Fatu Matetek di Desa Dirma. Kedua kampung ini berada di ketinggian kurang lebih 500 m di atas permukaan laut dan sumber air tersebut juga berada di ketinggian kurang lebih 570 m di atas permukaan laut. Tetapi persoalannya selama ini dari sumber air ke kedua kampung tersebut air sulit untuk dialirkan karena jaringan pipa yang dibangun selama ini melalui wilayah lain yang berada di bawah kedua kampung tersebut. Akibatnya debit air ketika tiba di kedua kampung tersebut sangatlah kecil. Oleh karena itu, perlu dibangun sebuah jaringan pipa air dari daerah lain yang berada di ketinggian sehingga debit air yang sampai ke kampung tersebut bisa lebih besar. Untuk menentukan jaringan pipa alternatif yang lebih efektif, perlu dilakukan perencanaan jaringan yang memerlukan biaya, yaitu dengan menentukan model optimasi pendistribusian air bersih Sam, M., & Yuliani, Y. (2017).

Penelitian ini menyelesaikan berbagai masalah pendistribusian air bersih yang merata dengan menggunakan *algoritma Prim*. Pengoptimalan air bersih berkaitan dengan pemecahan masalah jaringan air bersih yang merupakan masalah minimasi dari transportasi yang direpresentasikan dan diselesaikan sebagai suatu jaringan yang biasa disebut pohon rentang minimum. Untuk menyelesaikan pohon rentang minimum terdapat algoritma yaitu *algoritma Prim*. Selain itu juga, peneliti menggunakan *volumetric* (pengukuran debit air menggunakan stopwatch) dan wadah/ember 5 liter dan rumus Hazen Williams untuk mengetahui seberapa besar debit air dari sumber mata air ke titik-titik pendistribusian terutama kampung Felumasin (G_5) dan kampung Fatumatetek (G_6) Brafiadi, A. (2017).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif dengan menggunakan metode volumetric (analisis ketersediaan air). Metode ini fokus pada perhitungan debit sumber air untuk memastikan kapasitas air mampu memenuhi kebutuhan total warga di wilayah tersebut. Sedangkan, *algoritma Prim* (optimasi jaringan pipa) digunakan untuk merancang interkoneksi pipa paling efisien. Fokus utama adalah menentukan jaringan pipa (air bersih) distribusi terpendek (*Minimum Spanning Tree*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Hasil Penelitian

Penelitian ini mengkaji tentang jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka dengan permasalahannya yaitu menentukan jarak minimum dan menghitung debit air dari sumber mata air ke Desa Dirma (kampung Felumasin dan Fatumatetek). Sejauh pengamatan peneliti dan wawancara dengan pihak tokoh adat dan masyarakat mendapat masukkan bahwa beberapa kampung yang belum mendapatkan pendistribusian air bersih dikarenakan aliran air dari lokasi sumber mata air ke kampung tersebut tidak merata sehingga mengakibatkan aliran air tidak lancar bahkan tidak ada aliran air yang dilalui melalui pipa/kering. Berdasarkan hal ini, peneliti ingin memahami dan mendalami serta mengkaji lebih dalam tentang permasalahan di atas dengan menggunakan algoritma Prim yaitu untuk merancang model graf pendistribusian aliran air yang dapat memberikan manfaat bagi masyarakat setempat dan ingin mengetahui seberapa besar debit air dari sumber mata air ke Desa Dirma lebih tepatnya di kedua kampung yakni kampung Felumasin dan kampung Fatumatetek dengan menggunakan Rumus Hazen Williams. Langkah awal dalam penelitian ini, peneliti menentukan model graf pendistribusian jaringan air bersih dan selanjutnya menentukan pengoptimalan air bersih dengan menggunakan rumus Hazen Williams untuk menghitung debit air dari sumber mata air ke lokasi tujuan (Kampung Felumasin dan Kampung Fatumatetek). Data hasil penelitian, berupa gambar graf jaringan distribusi dari sumber mata air dengan jarak/panjang model pipa distribusi yang tersebar di beberapa titik/lokasi tujuan.

2. Pemodelan Graf

Berdasarkan data hasil penelitian pendistribusian jaringan air bersih yang telah ditentukan dengan pemberian nama/ simbol/simpul (istilah *vertex*) dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemberian Simpul/*Vertex* untuk Setiap Titik/Lokasi Pendistribusian Air

<i>Vertex</i>	Nama Titik/Lokasi
G_1	Sumber Mata Air
G_2	Kampung Baki
G_3	Kampung Boas
G_4	Kampung Wemeda
G_5	Kampung Felumasin
G_6	Kampung Fatumatetek
G_7	Kampung Nindatan

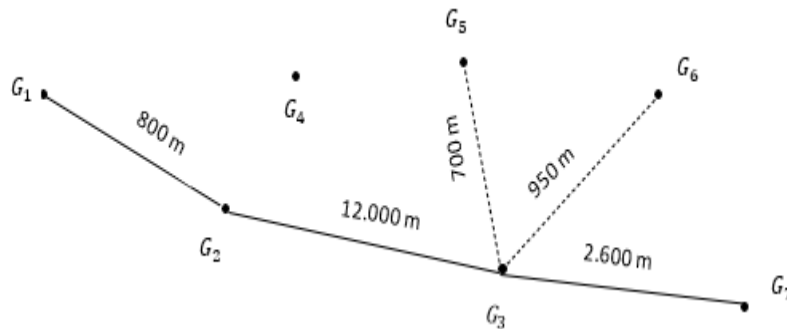
Tabel 1 di atas menunjukkan *vertex*/simpul untuk setiap titik/lokasi pendistribusian air dari sumber mata air. Selain itu juga peneliti ingin menunjukkan jarak antara titik/lokasi (kampung) yang satu dengan lainnya dari sumber mata air yang diperoleh jaraknya dengan bantuan *google maps* yakni untuk menentukan/memastikan jarak, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Jarak antar Titik/Lokasi (kampung) di Kecamatan Malaka Timur

No	<i>Vertex</i>	Jarak antar <i>Vertex</i>
1	G_1	$G_1 \rightarrow G_2$ 800 m
2	G_2	$G_2 \rightarrow G_3$ 13.000 m
3	G_3	$G_3 \rightarrow G_5$ 700 m
4	G_4	$G_4 \rightarrow G_5$ 2.400 m
5	G_5	$G_5 \rightarrow G_6$ 1.700 m
6	G_6	$G_3 \rightarrow G_6$ 950 m
7	G_7	$G_3 \rightarrow G_7$ 2.700 m

Pendistribusian jaringan air bersih sebelumnya melalui Kampung Boas (G_3) tetapi ada beberapa kampung yang tidak mendapatkan pendistribusian air bersih karena debit air yang diperoleh sangat kecil, sehingga dikatakan belum optimal. Beberapa kampung yang tidak mendapatkan

pendistribusian air bersih, yakni Kampung Felumasin atau G_5 dan Kampung Fatumatetek atau G_6 , yang ditunjukkan dalam model graf seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Graf jaringan pipa air sebelum penelitian

Ket: ————— = Pipa yang dialiri air
 - - - - - = Pipa yang tidak dialiri air

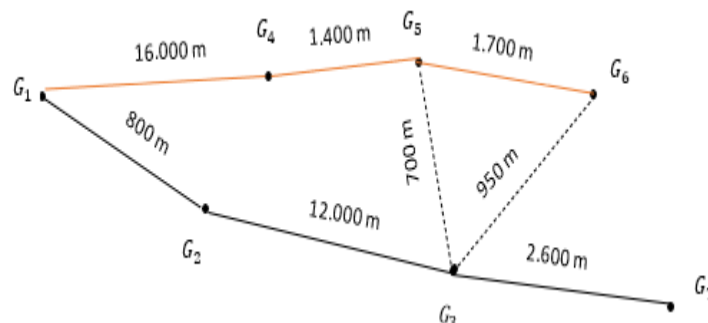
Gambar 1 di atas merupakan jaringan pipa air saat ini dari sumber mata air ke beberapa titik (kampung) termasuk 2 kampung (G_5 dan G_6) yang menjadi perhatian peneliti, karena kedua kampung tersebut belum ada pendistribusian pipa dan aliran air selama ini (ditandai dengan tanda titik-titik).

Selanjutnya, peneliti ingin memodelkan jaringan pendistribusian pipa air ke kedua kampung yang belum terdistribusi air dengan membentuk sebuah jaringan alternatif lain untuk pendistribusian jaringan dengan model graf. Dari model graf tersebut akan dicari pula debit air dengan rumus baku yang sudah diketahui. Model graf yang dibuat oleh peneliti jika dilihat dari sumber mata air (G_1) melewati G_4 ke G_5 dan G_6 , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Graf Alternatif Jaringan Pendistribusian Pipa Air

Dari Gambar 2, terdapat 4 simpul sebagai graf alternatif yang dibuat oleh peneliti untuk jaringan pendistribusian pipa air yaitu ke G_5 dan G_6 , sehingga total keseluruhan simpul pada titik/lokasi pendistribusian sebanyak 7 simpul. Dengan demikian, langkah ini seluruhnya telah memenuhi syarat *Algoritma Prim* yakni $n - 1 = 6$. maka hasil jaringan pendistribusian air yang diperoleh dengan menggunakan *Algoritma Prim* dapat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pemodelan graf jaringan pendistribusian pipa air

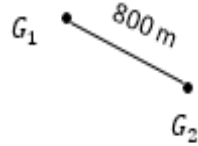
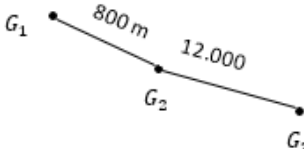
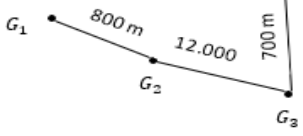
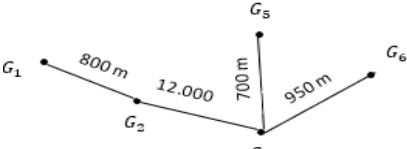
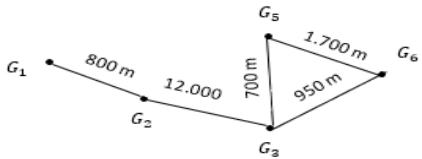
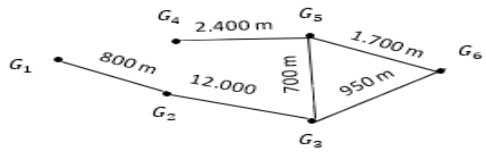
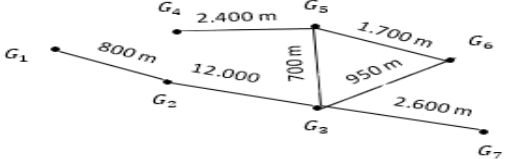
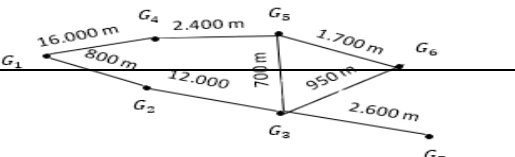
Dari Gambar 3, memperlihatkan kepada kita bahwa hasil pemodelan graf jaringan pendistribusian pipa air dari sumber mata air ke beberapa lokasi termasuk kedua kampung (G_5 dan G_6) dengan model graf sisi-sisinya berwarna hitam (jaringan pipa yang dialiri air), sisi-sisi berupa titik-titik (jaringan pipa yang tidak dilewati aliran air), sedangkan sisi-sisi berwarna merah adalah model graf terbaru yang dibuat atau dirancang oleh peneliti untuk jalur pendistribusian pipa air. Model

graf yang diperoleh ini memang tidaklah cukup untuk menentukan pengoptimalan sebuah pendistribusian air sehingga dilakukan juga dengan perhitungan debit air yang dihitung dengan menggunakan rumus umum Hazen Williams.

3. Penyelesaian Graf menggunakan *Algoritma Prim*

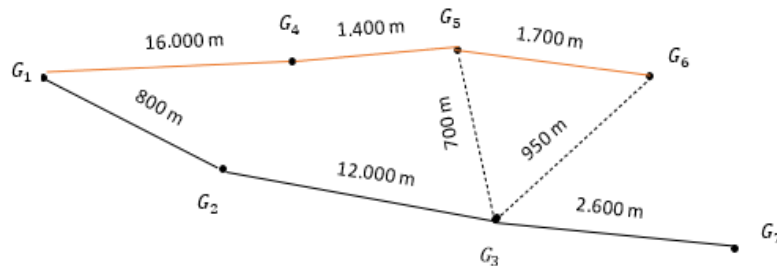
Langkah-langkah penyelesaian graf dengan menggunakan *Algoritma Prim* untuk menentukan jaringan pendistribusian pipa air di Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka dapat disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Tahapan Penyelesaian Jaringan Pendistribusian dengan *Algoritma Prim*

No	Langkah-Langkah	Graf
1	Dengan menggunakan <i>Algoritma Prim</i> , langkah pertama yang dipilih yaitu titik G_1 sebagai titik awal. Maka mula mula kita pilih titik G_1 , selanjutnya pilih sebuah sisi dengan bobot minimum yang terhubung dengan G_1 , yaitu sisi (G_1, G_2) dengan bobot 800 m	
2	Selanjutnya pilih kembali sebuah sisi dengan bobot terkecil yang terhubung dengan salah satu dari titik G_1 atau G_2 yaitu sisi (G_2, G_3) dengan bobot 1.300 m	
3	Selanjutnya pilih kembali sebuah sisi dengan bobot terkecil yang terhubung dengan salah satu titik G_1, G_2 atau G_3 yaitu sisi (G_3, G_5) dengan bobot 700 m	
4	Selanjutnya pilih kembali sebuah sisi dengan bobot terkecil yang terhubung dengan salah satu dari titik G_1, G_2, G_3 atau G_5 yaitu sisi (G_3, G_6) dengan bobot 950 m	
5	Selanjutnya pilih kembali sebuah sisi dengan bobot terkecil yang terhubung dengan salah satu dari titik G_1, G_2, G_3, G_5 atau G_6 yaitu sisi (G_5, G_6) dengan bobot 1.700 m	
6	Selanjutnya pilih kembali sebuah sisi dengan bobot terkecil yang terhubung dengan salah satu dari titik G_1, G_2, G_3, G_5 atau G_6 yaitu sisi (G_5, G_4) dengan bobot 2.400 m	
7	Selanjutnya pilih kembali sebuah sisi dengan bobot terkecil yang terhubung dengan salah satu dari titik G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 , atau G_6 , yaitu sisi (G_3, G_7) dengan bobot 2.600 m	
8	Selanjutnya pilih kembali sebuah sisi dengan bobot terkecil yang terhubung	

dengan salah satu dari titik G_1 , G_2 , G_3 , G_4 , G_5 , G_6 atau G_7 , yaitu sisi (G_4, G_1) dengan bobot 16.000 m

Dari Tabel 3, diperoleh jarak minimum, serta jumlah langkah seluruhnya telah memenuhi syarat $n - 1 = 6$, maka hasil jarak jaringan pendistribusian minimum yang diperoleh dari perhitungan menggunakan *Algoritma Prim* dapat diilustrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Graf Hasil Perhitungan *Algoritma Prim*

Dari Gambar 4, diperoleh bobot jaringan pendistribusian minimum, yaitu jumlah langkah $n - 1 = 7 - 1 = 6$.

$$\text{Vertex} = (G_1, G_2) + (G_2, G_3) + (G_3, G_5) + (G_3, G_6) + (G_5, G_6) + (G_5, G_4) + (G_3, G_7) + (G_4, G_1)$$

$$\text{Edge} = 800 \text{ m} + 12.000 \text{ m} + 700 \text{ m} + 950 \text{ m} + 1.700 \text{ m} + 2.400 \text{ m} + 2.600 \text{ m} + 16.000 \text{ m} = 37.150 \text{ m}.$$

Algoritma Prim akan memiliki waktu proses yang lebih cepat dibandingkan dengan algoritma yang lain seperti *algoritma Kruskal*. Dalam *algoritma kruskal*, setiap kali penambahan sebuah garis, haruslah dicek dahulu apakah penambahan tersebut tidak akan membentuk sirkuit. Sedangkan pengecekan ini tidak perlu dilakukan dalam *Algoritma Prim*. Pengecekan terjadi ada tidaknya sirkuit cukup dilakukan dengan melihat apakah kedua ujung garis merupakan anggota $G(T)$. Jika ya, berarti penambahan tersebut menghasilkan sirkuit (Siang, 2011).

4. Pengukuran Debit Air dari Sumber Mata Air

Pengukuran debit air berlangsung di lokasi sumber mata air dengan menggunakan *Volumetrical Method*. Cara pengukuran debit air yaitu dengan menggunakan wadah berupa ember plastik dengan volume 5 liter dan stopwatch. Wadah (ember) dan stopwatch digunakan untuk menampung air dari sumber mata air dan mengukur berapa lama wadah terisi air sampai penuh. Pengukuran debit air ini dilakukan beberapa kali, selanjutnya menghitung nilai rata-rata dari perlakuan tersebut, seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengukuran Debit dari Sumber Mata Air

Jumlah Pengukuran	Waktu (detik)	Volume (liter)	Debit (liter/detik)
1	1,20	5	4,17
2	1,50	5	3,33
3	1,93	5	2,59
4	1,91	5	2,62
5	2,01	5	2,49
6	2,04	5	2,45
7	1,11	5	4,50
$\sum n$	11,7		22,15
Rata-rata			3,165714

Dari data di atas diperoleh debit air dari 7 kali perlakuan yang dilakukan oleh peneliti menggunakan wadah (ember 5 liter dan stopwatch). Setelah ke-7 perlakuan ini dirata-ratakan diperoleh nilai sebesar 3,165714 atau 3,17. Selanjutnya, peneliti akan menghitung koefisien pipa, tujuannya adalah untuk melihat kekasaran dalam pipa.

a. Koefisien Pipa

Pipa yang digunakan untuk pendistribusian air bersih di Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka adalah pipa besi hitam dengan ukurannya 100 mm (4 inci). Untuk lebih rinci, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Koefisien Pipa	
Koefisien Pipa	
D	100 mm/0,1m
r	0,05m
C_{HW}	140
Tinggi elevasi	70 m
L	20.100m
A	0,00785714286

Selanjutnya, dilanjutkan dengan menghitung kemiringan pipa.

b. Kemiringan Pipa

Berdasarkan data yang diperoleh tinggi elevasi sumber mata air sebesar 70 m dan Panjang pipa 20.100 m. Sehingga di peroleh Langkah- Langkah untuk menghitung kemiringan pipa di Desa Dirma Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka sebagai berikut:

$$S = \frac{70}{20.100} \cdot 100 = 0,348258706 \%$$

Jadi diketahui kemiringan pipa di Desa Dirma Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka yaitu 0,348258706 %.

c. Kecepatan Aliran

Berdasarkan data yang diperoleh debit air yang mengalir dalam pipa sebesar 3,17 liter/detik dan luas penampang 0,00785714286 m, maka diperoleh pula hasil untuk menghitung kecepatan aliran air, yaitu

$$V = \frac{3,17}{0,00785714286} = 403,454545 \text{ m/s}$$

Hasil di atas menunjukkan kecepatan aliran air dalam pipa sebesar 403,454545 m/s.

d. Mayor Losses (Kehilangan Tinggi Energi Mayor)

Berdasarkan data yang diperoleh debit air dalam pipa sebesar 3,17 liter/detik, kekasaran dalam pipa Hazen Williams sebesar 140, dan diameter pipa 0,1 m, serta panjang pipa 20.100 m. Selanjutnya, untuk menghitung kehilangan tinggi energi mayor diperoleh hasil seperti berikut ini:

$$h_f \left(\frac{3,17}{0,0278 \cdot 140 \cdot 0,1^{2,63}} \right)^{1,85} \cdot 20.100$$

$$h_f = \left(\frac{3,16}{0,092} \right)^{1,85} \cdot 20.100$$

$$h_f = 694,08654 \cdot 20,100$$

$$h_f = 13.951.139,5 \text{ m}$$

Hasil dari rumus Hazen Williams diketahui kehilangan tinggi energi karena ketinggiannya 13.951.139,5 m.

e. Rumus Umum Hazen Williams

Berdasarkan data yang diperoleh dari analisis sebelumnya, maka untuk mengetahui debit air adalah sebagai berikut: kekasaran dalam pipa Hazen Williams 140, Diameter pipa 0,1 m, dan kemiringan pipa 0,034825870647. Sehingga di peroleh langkah-langkah untuk menghitung

debit air yang sampai ke kedua kampung yang berada di Desa Dirma Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q &= 0,2785 \cdot 140 \cdot 0,1 \, m^{2,63} \cdot 0,348258706 \, \%^{0,54} \\ &= 0,2785 \cdot 140 \cdot 0,1^{2,63} \cdot 0,00348225706^{0,54} \\ &= 0,00430088749 \, \text{liter/detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan secara analitik menggunakan rumus Hazen Williams diperoleh debit air sebesar $3,17 \, \text{liter/detik}$ pada area sumber mata air, kemiringan pipa sebesar $0,00348258706 \, \%$, kecepatan aliran sebesar $403,454545 \, m/s$, dan kehilangan tinggi energi karena ketinggiannya $13.951.139,5 \, m$. Dari data yang diperoleh pada Gambar 3, merupakan model graf pendistribusian jaringan pipa air di Desa Dirma Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka.

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh bahwa debit air yang dilakukan oleh peneliti dari sumber mata air sebesar $3,17 \, \text{liter/detik}$. Air dengan debit tersebut akan alirkan dengan sistem gravitasi dari sumber mata air ke tempat tujuan/titik tujuan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perhitungan menggunakan rumus umum Hazen Williams diperoleh debit air sebesar $0,00430088749 \, \text{liter/detik}$. Hasil ini pula menggambarkan bahwa penelitian pendistribusian jaringan air bersih dari sumber mata air ke lokasi tujuan optimal dilakukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan hasil perhitungan yang telah dilakukan, peneliti dapat menyimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil analisis, penentuan jalur menggunakan model graf dinilai optimal untuk mendistribusikan jaringan air bersih dari sumber mata air Babahane menuju Kampung Felumasin dan Kampung Fatumatetek di Desa Dirma, Kecamatan Malaka Timur. Jalur pipa yang dirancang dalam pemodelan ini mencakup jarak total sepanjang 20,1 kilometer dari sumber air hingga ke lokasi sasaran.
2. Berdasarkan analisis algoritma *Prim* dan rumus umum Hazen Williams, debit air yang diperoleh untuk Kecamatan Malaka Timur Kabupaten Malaka adalah $0,00430088749 \, \text{liter/detik}$. Kapasitas ini dinilai optimal dan mapu mengatasi kendala distribusi dari sumber mata air menuju Kampung Felumasin dan Kampung Fatumatetek sesuai pemodelan graf yang dirancang.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, peneliti dapat menyarankan beberapa hal berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya dapat menghitung termasuk biaya untuk pendistribusian jaringan air bersih.
2. Harus dilakukan pula perlindungan terhadap sumber air di daerah mata air.
3. Diadakan lembaga pengelolaan sistem penyediaan air bersih dan kepada pengurus diberi pelatihan manajemen dan teknik operasi dan pemeliharaan instalasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan artikel ini, tentunya tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, selayaknya dengan penuh kasih penulis menyampaikan limpah terima kasih kepada Bapak Faustianus Luan sebagai Pembimbing Utama dan Bapak Fried Markus Allung Blegur sebagai Pembimbing Pendamping.

REFERENCES

- Brafiadi, A. (2017). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih. *Jurnal Sipil Statik*, 5(1), 985–994.
 Hillier, 1990:336. Masalah pendistribusian banyak dialami beberapa industri.
 Siang, J. J. 2011. Riset Operasi Dalam Pendekatan Algoritmis. Yogyakarta: ANDI.

- Oktaviani, D.N. (2007). Pengoptimalan Jaringan Air Bersih Di Kecamatan Jatibarang Kabupaten Brebes Menggunakan Algoritma Prim Dengan Program Maple, 2007.
- Putri. A.F.B dan Saptomo. S.K. (2013). Analisis Debit Air Das Cipasauran Water Discharge Analysis Of Cipasauran Watershed. (Jurnal) Kampus IPB Dramaga, Bogor. 1 – 10.
- Sam, M., & Yuliani, Y. (2017). Penerapan Algoritma Prim Untuk Membangun Pohon Merentang Minimum (Minimum Spanning Tree) Dalam Pengoptimalan Jaringan Transmisi Nasional Provinsi Sulawesi Selatan. *Dinamika*, 7 (1), 50-61.