



## OPTIMASI JARINGAN DISTRIBUSI AIR DI DESA GOMBOLHARJO MENGUNAKAN ALGORITMA PRIM

Wifqy Inayatul Ilahy<sup>1</sup>, Mizan Ahmad<sup>2</sup>, Bryan Pudji Hartono<sup>3</sup>

Corresponding author : Mizan Ahmad

<sup>1</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali, Cilacap, Jawa Tengah, 53274, wifqyinayatul23@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali, Cilacap, Jawa Tengah, 53274, mizan.ahmad36@gmail.com

<sup>3</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali, Cilacap, Jawa Tengah, 53274, bryanpudji772010@gmail.com

Received : 19 Juli 2023, Revised : 11 Oktober 2023, Accepted : 11 Oktober 2023

### Abstract

Perumdam Tirta Wijaya is a company engaged in the supply of clean water. One of the most significant things in the distribution of clean water is the pipe network. The pipe network needs to be constructed with the minimum length to minimize the cost of installing the pipe network. Therefore, the purpose of this study is to use the Prim's Algorithm to determine the shortest route of the pipe network in Gombolharjo, Kesugihan District, Cilacap Regency. Based on the results of this study, a total pipe length of 5706 m.

*Keywords: pipe network, graph, MST, Prim's Algorithm*

### Abstrak

Perumdam Tirta Wijaya merupakan perusahaan yang bergerak dibidang penyediaan air bersih. Salah satu hal yang penting dalam pendistribusian air bersih adalah jaringan pipa. Jaringan pipa yang terpasang harus dibuat seminimal mungkin untuk mendistribusikan air secara merata. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute terpendek pada jaringan pipa di Gombolharjo Kecamatan Kesugihan Kabupaten Cilacap dengan menggunakan Algoritma Prim. Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh total pipa sepanjang 5706 m.

*Kata Kunci: jaringan pipa, graf, MST, Algoritma Prim.*

### 1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia, maka semakin meningkat pula tingkat kebutuhan manusia [1]. Salah satu kebutuhan yang penting dan meningkat adalah pendistribusian air bersih [2]. Dengan meningkatnya kebutuhan penduduk akan air bersih jaringan pipa yang digunakan haruslah minimum untuk mendistribusikan air kepada masyarakat dan mengalirkan keseluruhan bagian yang diinginkan.

Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumdam) Tirta Wijaya merupakan perusahaan di Kabupaten Cilacap yang bergerak dalam bidang penyediaan air bersih untuk wilayah Kabupaten Cilacap. Perumdam Kabupaten Cilacap memiliki beberapa

instalasi pengolahan air bersih yang terdapat di masing-masing cabang. Perumdam Cabang Kesugihan merupakan instalasi pengolahan air bersih yang terbesar, dan melayani persediaan air bersih untuk wilayah Kecamatan Kesugihan. Semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan air bersih, maka dari itu Perumdam Tirta Wijaya berusaha semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut. Dalam upaya memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih, perlu adanya pembangunan sistem jaringan yang lebih baik lagi.

Di Kecamatan Kesugihan beberapa desa sudah terjangkau sistem jaringan distribusi air, akan tetapi ada desa yang belum

terjangkau secara keseluruhan. Adapun desa yang belum terjangkau secara keseluruhan adalah desa Gombolharjo. Pada desa tersebut sudah memiliki sistem jaringan distribusi air dari Perumdham, akan tetapi belum secara keseluruhan. Oleh karena itu, perlu adanya pembangunan sistem jaringan distribusi pada desa tersebut.

Dalam pembangunan sistem jaringan air yang optimal dapat menggunakan ilmu matematika yaitu teori graf. Suatu graf dimanfaatkan untuk mempresentasikan hubungan antar objek dengan garis. Dalam hal ini graf  $G$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan  $(V(G), E(G))$ , yang dalam hal ini  $V(G)$  adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertex*) dan  $E(G)$  adalah himpunan sisi (*edge*) yang menghubungkan simpul [3]. Jaringan pipa air yang terpasang direpresentasikan ke dalam graf terhubung, tidak berarah, dan berbobot, dimana kedua ujung dari pipa direpresentasikan sebagai *vertex* dan panjang pipa air direpresentasikan dengan bobot dari *edge* [4].

Salah satu cara meminimumkan bobot dalam graf adalah dengan menggunakan pohon rentang minimum atau dikenal dengan istilah *Minimum Spanning Tree* (MST). Penelitian terkait MST dapat ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Aritonang, B [5], J. Tania dkk. [6], Rembulan, Glisina Dwinoor, dkk [7], Mulki, Ali, dkk. [8], Rizki, Swaditya [9]. Dalam menentukan MST terdapat beberapa algoritma yang dapat digunakan diantaranya yaitu Algoritma Prim. Karena algoritma tersebut menggunakan titik awal, sehingga sesuai digunakan untuk menentukan MST pada sistem jaringan air. Penelitian terkait dapat ditemukan di jurnal Sari, Rina Fili, dkk [10], B, Fitriya Winda Ade et all [11], Nugraha, Deny Wiria [12], Lusiani, Ani et all [13].

Dalam tulisan ini penulis tertarik untuk mengoptimalkan jaringan distribusi air dengan menggunakan Algoritma Prim pada Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumdham) Tirta Wijaya cabang Kesugihan.

## 2. Metode

### 2.1 Pohon Rentang Minimum (*Minimum Spanning Tree*)

Berikut dijelaskan definisi dari sub graf, *spanning tree* dan *minimum spanning tree* menurut G. Chartrand, L. Lesniak, dan P. Zhang [14].

**Definisi 2.11** Sebuah graf  $H$  disebut subgraf dari graf  $G$  jika  $V(H) \subseteq V(G)$  dan  $E(H) \subseteq E(G)$ , yang mana dapat ditulis  $H \subseteq G$ . Jika  $V(H) = V(G)$  maka  $H$  adalah *spanning subgraf* dari  $G$ .

**Definisi 2.12** Graf pohon merupakan graf terhubung sederhana yang tidak memuat *cycle*. Sebuah *spanning tree* dari graf  $G$  adalah *spanning subgraf* dari  $G$  yang berupa graf pohon.

**Definisi 2.13** Sebuah *Spanning tree* dari graf  $G$  yang bobotnya minimum diantara semua *spanning tree* dari graf  $G$  disebut *minimum spanning tree*.

### 2.2 Algoritma Prim

Algoritma Prim Untuk suatu graf terbobot terhubung sederhana  $G$ , suatu *spanning tree*  $T$  pada graf  $G$  dikonstruksikan sebagai berikut: untuk sembarang *vertex*  $u$  dalam graf  $G$ , suatu *edge* dengan bobot minimum yang *incident* dengan *vertex*  $u$  dipilih sebagai *edge*  $e_1$  dari graf  $T$ . Untuk barisan *edge*  $e_2, e_3, \dots, e_{n-1}$  dipilih *edge* dengan bobot minimum yang mana *edge-edge* tersebut memiliki tepat satu *vertex* yang *incident* dengan *edge* sudah dipilih [14].

Algoritma Prim menitikberatkan pada pemilihan bobot minimum berdasarkan *vertex* yang diambil, sehingga tidak perlu mengurutkan terlebih dahulu. Pada algoritma Prim dapat ditemukan *minimum spanning tree* akan tetapi pohon yang dihasilkan tidak selalu unik [15]. Misalkan suatu graf  $G$  adalah graf terbobot dengan  $n$  titik dan graf  $T$  adalah suatu graf *minimum spanning tree* yang akan dibentuk.

Algoritma Prim sebagai berikut :

1. Pilih himpunan *vertex* awal  $V(T)$ .
2. i. Pilih *edge* yang *incident* dengan  $V(T(G))$  yang memiliki bobot terkecil, misalkan  $e_1$  yang tidak menimbulkan *cycle*, jika menimbulkan *cycle* maka pilih *edge* yang *incident* dengan bobot terkecil ke-2.

- ii. Pilih *vertex* yang *adjacent* dengan  $V(T)$  dan *incident* dengan  $e_1$ .
- 3. Kembali ke langkah 2. i. dan 2. ii.
- 4. Iterasi berhenti jika  $|E(T)| = n-1$

### 3. Pembahasan

Langkah awal untuk membentuk sebuah graf adalah menentukan *vertex* dan panjang *edgenya* terlebih dahulu. *Vertex* diberikan pada ujung jalan (ujung pipa) dan persimpangan, sedangkan *edgenya* berupa jalan. Tabel 1 berikut ini adalah koordinat dari *vertexnya*.

**Tabel 1. Letak Koordinat Vertex**

No	Vertex	Koordinat
1	$v_1$	7°39'48.4"S 109°06'46.3"E
2	$v_2$	7°39'50.0"S 109°06'46.6"E
3	$v_3$	7°39'52.4"S 109°06'45.7"E
4	$v_4$	7°39'53.7"S 109°06'45.3"E
5	$v_5$	7°39'51.9"S 109°06'41.3"E
6	$v_6$	7°39'50.2"S 109°06'41.7"E
7	$v_7$	7°39'51.4"S 109°06'40.1"E
8	$v_8$	7°39'53.0"S 109°06'38.4"E
9	$v_9$	7°39'55.1"S 109°06'43.9"E
10	$v_{10}$	7°39'55.9"S 109°06'35.7"E
11	$v_{11}$	7°39'59.3"S 109°06'41.0"E
12	$v_{12}$	7°39'58.2"S 109°06'30.3"E
13	$v_{13}$	7°39'58.9"S 109°06'33.9"E
14	$v_{14}$	7°40'02.0"S 109°06'38.8"E
15	$v_{15}$	7°39'59.6"S 109°06'29.6"E
16	$v_{16}$	7°40'00.6"S 109°06'33.1"E
17	$v_{17}$	7°40'01.0"S 109°06'29.4"E
18	$v_{18}$	7°40'02.0"S 109°06'32.5"E
19	$v_{19}$	7°40'03.1"S 109°06'32.1"E
20	$v_{20}$	7°40'02.2"S 109°06'26.0"E
21	$v_{21}$	7°40'03.2"S 109°06'28.7"E
22	$v_{22}$	7°40'04.2"S 109°06'31.7"E
23	$v_{23}$	7°40'03.3"S 109°06'25.1"E
24	$v_{24}$	7°40'04.3"S 109°06'28.4"E
25	$v_{25}$	7°40'05.3"S 109°06'31.4"E
26	$v_{26}$	7°40'05.5"S 109°06'28.0"E
27	$v_{27}$	7°40'06.6"S 109°06'31.0"E
28	$v_{28}$	7°40'06.5"S 109°06'27.7"E
29	$v_{29}$	7°40'07.6"S 109°06'30.8"E
30	$v_{30}$	7°40'08.9"S 109°06'30.5"E
31	$v_{31}$	7°40'03.3"S 109°06'37.8"E
32	$v_{32}$	7°40'05.6"S 109°06'42.7"E
33	$v_{33}$	7°40'06.7"S 109°06'46.9"E
34	$v_{34}$	7°39'59.1"S 109°06'49.1"E
35	$v_{35}$	7°39'56.6"S 109°06'50.4"E
36	$v_{36}$	7°39'58.3"S 109°06'55.3"E
37	$v_{37}$	7°39'59.2"S 109°07'00.8"E
38	$v_{38}$	7°39'55.0"S 109°06'51.1"E
39	$v_{39}$	7°39'49.9"S 109°06'54.6"E
40	$v_{40}$	7°39'48.7"S 109°06'54.4"E

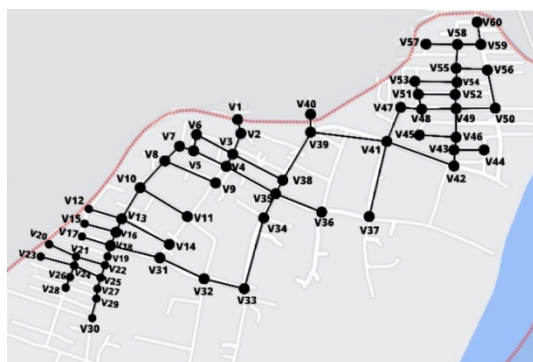
41	$v_{41}$	7°39'50.8"S 109°07'02.6"E
42	$v_{42}$	7°39'53.5"S 109°07'10.2"E
43	$v_{43}$	7°39'51.7"S 109°07'10.2"E
44	$v_{44}$	7°39'51.6"S 109°07'13.4"E
45	$v_{45}$	7°39'50.4"S 109°07'06.4"E
46	$v_{46}$	7°39'50.4"S 109°07'10.2"E
47	$v_{47}$	7°39'47.3"S 109°07'04.1"E
48	$v_{48}$	7°39'47.2"S 109°07'06.0"E
49	$v_{49}$	7°39'47.2"S 109°07'10.2"E
50	$v_{50}$	7°39'47.2"S 109°07'14.4"E
51	$v_{51}$	7°39'45.7"S 109°07'06.6"E
52	$v_{52}$	7°39'45.7"S 109°07'10.3"E
53	$v_{53}$	7°39'44.4"S 109°07'06.0"E
54	$v_{54}$	7°39'44.5"S 109°07'10.3"E
55	$v_{55}$	7°39'43.1"S 109°07'10.4"E
56	$v_{56}$	7°39'43.0"S 109°07'13.5"E
57	$v_{57}$	7°39'40.3"S 109°07'06.9"E
58	$v_{58}$	7°39'40.3"S 109°07'10.2"E
59	$v_{59}$	7°39'40.3"S 109°07'13.1"E
60	$v_{60}$	7°39'37.9"S 109°07'12.5"E

Berdasarkan *vertex* yang sudah ditentukan dapat dibentuk data berupa bobot panjang pipa primer desa Gombolharjo dalam satuan meter seperti pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 1. Bobot edge**

No	Edge	Bobot (m)
1	$v_1 - v_2$	48
2	$v_2 - v_3$	76
3	$v_3 - v_6$	137
4	$v_3 - v_{38}$	182
5	$v_3 - v_4$	39
6	$v_4 - v_5$	134
7	$v_5 - v_7$	37
8	$v_7 - v_8$	72
9	$v_8 - v_9$	176
10	$v_8 - v_{10}$	119
11	$v_{10} - v_{11}$	190
12	$v_{10} - v_{13}$	170
13	$v_{13} - v_{14}$	173
14	$v_{13} - v_{12}$	117
15	$v_{13} - v_{16}$	53
16	$v_{16} - v_{15}$	109
17	$v_{16} - v_{18}$	42
18	$v_{18} - v_{17}$	96
19	$v_{18} - v_{19}$	34
20	$v_{18} - v_{31}$	169
21	$v_{19} - v_{22}$	35
22	$v_{22} - v_{21}$	95
23	$v_{22} - v_{25}$	32
24	$v_{21} - v_{20}$	89
25	$v_{21} - v_{24}$	34
26	$v_{24} - v_{23}$	104

27	$v_{24} - v_{26}$	35
28	$v_{24} - v_{25}$	95
29	$v_{26} - v_{28}$	32
30	$v_{25} - v_{27}$	41
31	$v_{27} - v_{29}$	30
32	$v_{29} - v_{30}$	42
33	$v_{31} - v_{32}$	167
34	$v_{32} - v_{33}$	132
35	$v_{33} - v_{34}$	247
36	$v_{34} - v_{35}$	89
37	$v_{35} - v_{36}$	157
38	$v_{35} - v_{38}$	76
39	$v_{38} - v_{39}$	185
40	$v_{39} - v_{40}$	37
41	$v_{39} - v_{41}$	241
42	$v_{41} - v_{37}$	260
43	$v_{41} - v_{47}$	119
44	$v_{41} - v_{42}$	244
45	$v_{42} - v_{43}$	57
46	$v_{43} - v_{44}$	98
47	$v_{43} - v_{46}$	40
48	$v_{46} - v_{45}$	112
49	$v_{46} - v_{49}$	99
50	$v_{49} - v_{48}$	126
51	$v_{49} - v_{52}$	49
52	$v_{49} - v_{50}$	129
53	$v_{48} - v_{47}$	58
54	$v_{48} - v_{51}$	47
55	$v_{51} - v_{52}$	132
56	$v_{51} - v_{53}$	38
57	$v_{52} - v_{54}$	36
58	$v_{53} - v_{54}$	133
59	$v_{54} - v_{55}$	47
60	$v_{55} - v_{56}$	96
61	$v_{55} - v_{58}$	88
62	$v_{56} - v_{50}$	130
63	$v_{58} - v_{57}$	101
64	$v_{58} - v_{59}$	84
65	$v_{59} - v_{60}$	78



Gambar 1. Denah Desa Gombolharjo yang sudah diberikan vertex

Setelah ditentukan *vertex* dan *edge* untuk mengoptimalkan jaringan distribusi air di Desa Gombolharjo, maka terbentuk peta jaringan pipa seperti pada Gambar 1. Berdasarkan data dari Perumdam Tirta Wijaya, terdapat pipa yang sudah terpasang. Berikut ini adalah jaringan pipa yang sudah terpasang yang sekaligus menjadi graf awal pada Gambar 2.



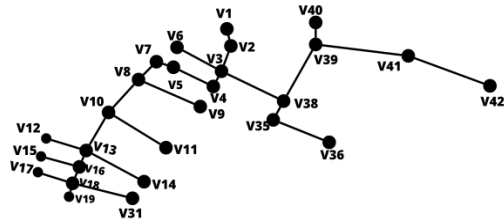
Gambar 2. Jaringan yang sudah terpasang

Setelah didapatkan model grafnya, maka langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan Algoritma Prim untuk menentukan *minimum spanning tree*. Berikut ini adalah penyelesaian persoalan optimasi jaringan distribusi air menggunakan Algoritma Prim. Langkah awal, dipilih  $V(T) = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}, v_{18}, v_{31}, v_{35}, v_{36}, v_{38}, v_{39}, v_{40}, v_{41}, v_{42}\}$ . Iterasi Algoritma Prim ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Iterasi Algoritma Prim

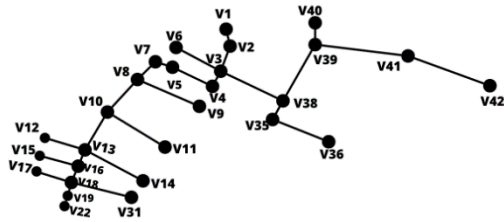
Iterasi	Bobot yang terpilih (m)	Vertex yang ditambahkan
Graf awal	-	-
		Total panjang <i>edge</i> sepanjang 3079
1	34	$v_{19}$
		Karena <i>edge</i> dengan bobot terkecil yang <i>incident</i> dengan $V(T)$ yaitu $(v_{18}, v_{19})$ dengan

bobot 34, maka dipilih *vertex*  $v_{19}$ . Sehingga total panjang *edge* sepanjang 3113.



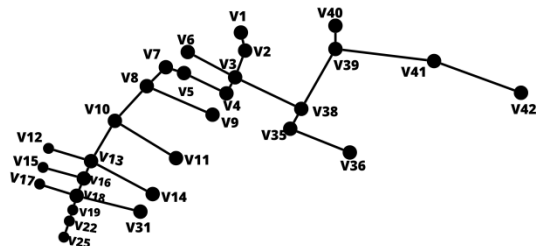
2                      35                       $v_{22}$

Karena *edge* dengan bobot terkecil yang *incident* dengan  $V(T)$  yaitu  $(v_{19}, v_{22})$  dengan bobot 35, maka dipilih *vertex*  $v_{22}$ . Sehingga total panjang *edge* sepanjang 3148.



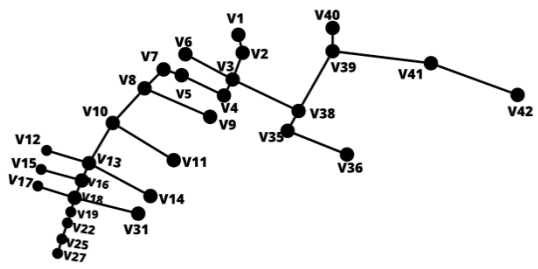
3                      32                       $v_{25}$

Karena *edge* dengan bobot terkecil yang *incident* dengan  $V(T)$  yaitu  $(v_{22}, v_{25})$  dengan bobot 32, maka dipilih *vertex*  $v_{25}$ . Sehingga total panjang *edge* sepanjang 3180.



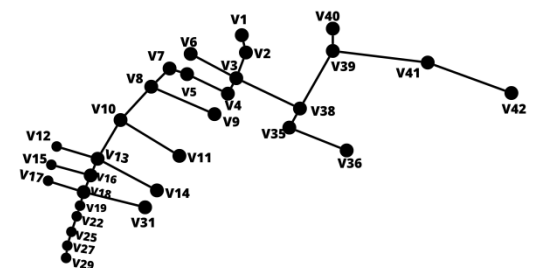
4                      41                       $v_{27}$

Karena *edge* dengan bobot terkecil yang *incident* dengan  $V(T)$  yaitu  $(v_{25}, v_{27})$  dengan bobot 41, maka dipilih *vertex*  $v_{27}$ . Sehingga total panjang *edge* sepanjang 3221.



5                      30                       $v_{29}$

Karena *edge* dengan bobot terkecil yang *incident* dengan  $V(T)$  yaitu  $(v_{27}, v_{29})$  dengan bobot 30, maka dipilih *vertex*  $v_{29}$ . Sehingga total panjang *edge* sepanjang 3251.



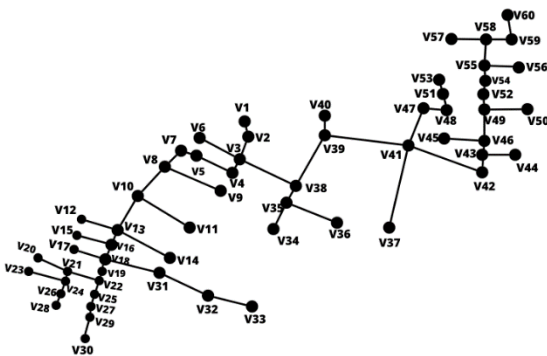
Untuk menentukan *edge* yang *incident* dengan  $V(T)$  selanjutnya, menggunakan cara yang sama seperti pada tabel diatas, sehingga menjadi seperti pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil iterasi Algoritma Prim's

Iterasi	<i>Vertex</i> yang terpilih	<i>Edge</i> yang terpilih	Bobot
1	$v_{19}$	$v_{18} - v_{19}$	34
2	$v_{22}$	$v_{19} - v_{22}$	35
3	$v_{25}$	$v_{22} - v_{25}$	32
4	$v_{27}$	$v_{25} - v_{27}$	41
5	$v_{29}$	$v_{27} - v_{29}$	30
6	$v_{30}$	$v_{29} - v_{30}$	42
7	$v_{43}$	$v_{42} - v_{43}$	57
8	$v_{46}$	$v_{43} - v_{46}$	40
9	$v_{34}$	$v_{35} - v_{34}$	89
10	$v_{21}$	$v_{22} - v_{21}$	95
11	$v_{24}$	$v_{21} - v_{24}$	34
12	$v_{26}$	$v_{24} - v_{26}$	35
13	$v_{28}$	$v_{26} - v_{28}$	32
14	$v_{20}$	$v_{21} - v_{20}$	89
15	$v_{44}$	$v_{43} - v_{44}$	98
16	$v_{49}$	$v_{46} - v_{49}$	99

17	$v_{52}$	$v_{49} - v_{52}$	49
18	$v_{54}$	$v_{52} - v_{54}$	36
19	$v_{55}$	$v_{54} - v_{55}$	47
20	$v_{58}$	$v_{55} - v_{58}$	88
21	$v_{59}$	$v_{58} - v_{59}$	84
22	$v_{60}$	$v_{59} - v_{60}$	78
23	$v_{56}$	$v_{55} - v_{56}$	96
24	$v_{57}$	$v_{58} - v_{57}$	101
25	$v_{23}$	$v_{24} - v_{23}$	104
26	$v_{45}$	$v_{46} - v_{45}$	112
27	$v_{47}$	$v_{41} - v_{47}$	119
28	$v_{48}$	$v_{47} - v_{48}$	58
29	$v_{51}$	$v_{48} - v_{51}$	47
30	$v_{53}$	$v_{51} - v_{53}$	38
31	$v_{50}$	$v_{49} - v_{50}$	129
32	$v_{32}$	$v_{31} - v_{32}$	167
33	$v_{33}$	$v_{32} - v_{33}$	132
34	$v_{37}$	$v_{41} - v_{37}$	260

Iterasi ke-34 merupakan iterasi yang terakhir, dikarenakan  $E(T) = n - 1$ , dimana  $n = 60$ , dan *edge* yang terpilih sudah mencapai 59 *edge*, sehingga diperoleh graf seperti pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Hasil Algoritma Prim

Setelah menerapkan Algoritma Prim dalam mencari *minimum spanning tree* pada pembangunan sistem jaringan distribusi air pada Perumdam Kecamatan Kesugihan di desa Gombolharjo terdapat 34 iterasi dan ada beberapa *edge* yang dihapus dari graf pipa distribusi. Adapun *edge* yang dihapus adalah  $(v_{24}, v_{25})$ ,  $(v_{33}, v_{34})$ ,  $(v_{48}, v_{49})$ ,  $(v_{51}, v_{52})$ ,  $(v_{53}, v_{54})$ ,  $(v_{50}, v_{56})$ , maka diperoleh bobot (panjang) pipa primer adalah 5706 m. Sedangkan bobot (panjang) total jaringan pipa primer pada graf pipa distribusi berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 adalah 6569 m. Setelah dihitung menggunakan Algoritma Prim lebih minimum dari graf pipa distribusi dengan selisih 863 m.

#### 4. Penutup

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Algoritma Prim dalam menentukan jalur distribusi jaringan air bersih diperoleh total vertex sebanyak 60 dan total *edge* sebanyak 59. Total panjang jaringan pipa primer yang terpendek yaitu sepanjang 5706 m.

Berdasarkan hasil tersebut, penulis menyarankan agar dikembangkan untuk penelitian selanjutnya dengan menambahkan variabel, seperti harga pipa dalam meter, menambahkan pipa selain primer, seperti pipa sekunder dan tersier. Dikarenakan penelitian ini dihitung secara manual maka dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan aplikasi ataupun metode lainnya.

#### Referensi

- [1] Armadi. D, Hidayat. A, and Simanjuntak. S. M, "Analisis Pengelolaan Air Bersih Berkelanjutan Di Kota Bogor (Studi Kasus: Pdam Tirta Pakuan)," *J. Agric. Resour. Environ. Econ.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [2] Nelwan. F, Wuisan .E. M., and Tanudjaja. L., "Perencanaan Jaringan Air Bersih Desa Kima Bajo Kecamatan Wori," *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 10, pp. 678–684, 2013.
- [3] Syahputra. E. R, "Analisis Perbandingan Algoritma Prim dengan Algoritma Dijkstra dalam Pembentukan Minimum Spanning Tree ( MST )," *J. Tek. Inform. Unika St. Thomas*, vol. 01, no. 02, pp. 50–55, 2016.
- [4] Latifah. U and Sugiharti. E, "Penerapan Algoritma Prim Dan Kruskal Pada Jaringan Distribusi Air Pdam Tirta Moedal Cabang Semarang Utara," *UNNES J. Math.*, vol. 4, no. 1, pp. 48–57, 2015.
- [5] Aritonang., B, *Rencana Induk Pengoptimalan Jaringan Pipa Distribusi Perusahaan Air Minum (Pdam) Di Aurduri Dengan Metode Algoritma Kruskal*. Universitas Jambi. 2021.
- [6] Tania, J. Firza, D. Cahyadi, I.N, "Penerapan Minimum Spanning Tree

- Pada Pengoptimalan Jaringan Listrik Di Perumahan Depok Indah I,” *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 2, no. 2, pp. 85–90, 2021.
- [7] Rembulan. G. D, Luin. J. A, Julianto. V, and Septorino. G, “Optimalisasi Panjang Jaringan Pipa Air Bersih di Dki Jakarta Menggunakan Minimum Spanning Tree,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 6, no. 1, pp. 75–87, 2020.
- [8] Mulki. A, Suhaedi. D, and Permanasari. Y, “Optimasi Jaringan Distribusi Listrik dengan Pohon Rentang Minimum Menggunakan Bahasa Pemrograman Python,” *Bandung Conf. Ser. Math.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–41, 2022.
- [9] Rizki. S, “Penerapan Teori Graf Untuk Menyelesaikan Masalah Minimum Spanning Tree (Mst) Menggunakan Algoritma Kruskal,” *AKSIOMA J. Math. Educ.*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [10] Sari. R. F, Widyasari. R, Marpaung. F. A, “ Optimasi Pemasangan jalur Pipa Air Bersih Melalui *Minimum Spanning Tree* Dengan Algoritma Prim's, ” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 295–305, 2022.
- [11] B. Winda. A.F, Sumardi. S.R, Paranoan. N. R, Allo. B. G, “Penentuan Rute Di Aplikasi Google Maps Dengan Menggunakan Graf Dan Algoritma Prim's,” vol. 2, no. 1, pp. 220–225, 2023.
- [12] Nugraha. D. W, “Aplikasi Algoritma Prim untuk Menentukan Minimum Spanning Tree Suatu Graf Berbobot Berorientasi Objek,” *Tek. Elektro UNTAD Palu*, vol. 1, no. 2, pp. 70–79, 2011.
- [13] Lusiani. A, Sartika. E, Habinuddin. E, Binarto. A, Azis. I, “Algoritma Prim dalam Penentuan Lintasan Terpendek dan Lintasan Tercepat pada Pendistribusian Logistik Bulog Jawa Barat,” pp. 4–5, 20
- [14] Chartrand. G, Lesniak. L, and Zhang. P, *Graphs & digraphs*. New York: Taylor & Francis Group, LLC, 2010.
- [15] Munir. R, Matematika Diskrit, *Inform. Bandung*, pp. 281–308, 2010.