

MST DALAM PERENCANAAN JARINGAN PIPA AIR MINUM DENGAN PERBANDINGAN MATRIKS KETETANGGAAN BERBOBOT DAN ALGORITMA SOLLIN

Ira Selvia. S¹⁾, Niken Rarasati^{2)*}, Wardi Syafmen³⁾, Gusmi Kholijah⁴⁾
^{1,2,3,4)}Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Sains dan Teknologi
Jl. Lintas Jambi-Ma Bulian, Kode Pos 36361

**nikenrarasati@unja.ac.id*

ABSTRACT

The ever-increasing demand for clean water contradicts the quality and quantity of water, causing water scarcity. Therefore, efforts are needed to distribute clean water. One of the efforts that can be made is to establish a Regional Drinking Water Company. This research discusses the Tirta Mayang Regional Drinking Water Company in Jambi City, which is one of the companies engaged in and responsible for distributing clean water. However, there are problems faced, namely that the pipe network that has been installed in areas that use water pipes is still not optimal because there are still circuits (pipe rotation), so the use of pipes is not optimal and the costs incurred are greater. Thus, pipe network optimization is required. The location studied in this research is Talang Belido Village, Sungai Gelam Subdistrict, Muaro Jambi Regency, so that the optimal results of the length of the pipe network at the location will be sought. Optimizing a network can be done by finding the Minimum Spanning Tree. In this study, a comparison was made with two algorithms in the graph method, namely the Weighted Neighbourhood Matrix Approach Algorithm and the Sollin Algorithm. The optimal Minimum Spanning Tree results obtained for the total length of secondary and tertiary pipelines with both algorithms are the same, namely 2620 m. The savings in pipe usage are 1595 m, or 37,8%. However, in the graph model results, there is a difference in one of the edges that is not included in T.

Keywords: *Clean Water, Distribution, Minimum Spanning Tree, Optimal.*

Abstrak

Kebutuhan air bersih yang terus meningkat bertolak belakang dengan kualitas dan kuantitas air, sehingga menyebabkan terjadinya kelangkaan air bersih. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mendistribusikan air bersih. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mendirikan Perusahaan Daerah Air Minum. Pada penelitian ini dibahas Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi yang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dan bertanggung jawab dalam pendistribusian air bersih. Akan tetapi, terdapat permasalahan yang dihadapi yaitu pada jaringan pipa yang telah terpasang di wilayah yang memakai pipa air masih belum optimal, karena masih terdapat sirkuit (perputaran pipa) sehingga penggunaan pipa menjadi tidak optimal dan biaya yang dikeluarkan lebih besar. Dengan demikian, diperlukan pengoptimalan jaringan pipa. Lokasi yang diteliti pada penelitian ini adalah di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi, sehingga akan dicari hasil optimal panjang jaringan pipa di lokasi tersebut. Pengoptimalan suatu jaringan dapat dilakukan dengan menemukan Minimum Spanning Tree.

Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan dengan dua algoritma dalam metode graf, yaitu Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dan Algoritma Sollin. Hasil optimal Minimum Spanning Tree yang diperoleh untuk total panjang jaringan pipa sekunder dan tersier dengan kedua algoritma adalah sama, yaitu 2620 m. Penghematan pemakaian pipa adalah 1595 m atau 37,8%. Akan tetapi, pada hasil model graf terdapat perbedaan pada bagian salah satu sisi yang tidak dimasukkan ke dalam T.

Kata Kunci: Air Bersih, Distribusi, Minimum Spanning Tree, Optimal.

PENDAHULUAN

Saat ini sering terjadi kelangkaan air bersih karena kualitas dan kuantitas air yang tersedia bertolak belakang dengan kebutuhan air yang terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mendistribusikan air bersih. Salah satu solusi yang dilakukan untuk mendistribusikan air bersih adalah dengan mendirikan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Pada penelitian ini, PDAM yang dibahas adalah Perusahaan Umum Daerah (PERUMDA) Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi. PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam masalah pendistribusian air bersih kepada masyarakat.

Pendistribusian air bersih menjadi salah satu hal penting yang harus diperhatikan, karena berkaitan dengan jaringan pipa air yang dipasang. Hal tersebut penting karena jaringan pipa air yang menyalurkan air dari instalasi ke perumahan masyarakat, sehingga pihak PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi harus meningkatkan pelayanannya terkhusus dalam pendistribusian air bersih. Permasalahan yang dialami perusahaan adalah dalam hal pengembangan wilayah karena pesatnya pertumbuhan penduduk. Dimana jaringan pipa yang terpasang di perumahan yang memakai pipa air dikatakan masih belum optimal. Hal tersebut karena

jaringan pipa yang terpasang terbentuk sirkuit, sehingga penggunaan pipa menjadi tidak optimal dan menyebabkan biaya yang dikeluarkan menjadi besar.

Oleh karena itu, dalam mengatasi permasalahan tersebut maka perlu dilakukan pengoptimalan jaringan pipa PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi agar dapat menghemat pemakaian pipa dan biaya pengeluaran, dengan ketentuan bahwa pipa yang terpasang dapat dilakukan secara merata ke semua wilayah yang akan dipasang pipa air dengan tidak terbentuk sirkuit. Menurut Ismail dan Setiadi (2014), pengoptimalan jaringan dilakukan dengan mencari *Minimum Spanning Tree* (MST). MST yaitu teknik dalam memperoleh jarak terpendek dengan semua titik terhubung dan tidak ada yang terbentuk sirkuit dalam graf yang diperoleh. Menurut Dewi et al, (2020), optimisasi merupakan proses yang dilakukan untuk memecahkan suatu permasalahan hingga didapat solusi terbaik.

Graf merupakan suatu himpunan yang tidak kosong yang terdiri dari kumpulan titik (V) dan sisi (e) (Rahayuningsih, 2018). Terdapat beberapa istilah dalam graf, diantaranya ketetangaan, bersisian, simpul terisolasi, graf kosong, sirkuit, terhubung, berbobot dan lain sebagainya (Munir, 2010). Terdapat beberapa algoritma pada graf yang digunakan dalam mendapatkan MST, diantaranya algoritma Prim, Kruskal dan lain sebagainya (Sholikhatin et al, 2020).

Pada penelitian ini, akan dilakukan perbandingan dengan menerapkan dua algoritma, yaitu Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dan Algoritma *Sollin*. Dipilih Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot karena algoritma tersebut merupakan metode yang digunakan dalam penyelesaian MST dengan memilih sisi yang berbobot minimal dari matriks ketetangaan berbobot. Matriks ketetangaan dapat menyelesaikan masalah MST dengan lebih efisien (Vijayalakshmir dan Kalaivani, 2014).

Matriks ketetangaan memiliki beberapa ciri khas, yaitu untuk graf yang tidak memiliki *loop*, isi untuk semua entri pada diagonal utama adalah nol dan matriks ketetangaan merupakan matriks simetris yang memiliki arti $x_{ij} = x_{ji}$, untuk tiap nilai i dan j (Agarwal dan Singh, 2009).

Algoritma *Sollin* dipilih karena merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan MST dengan menghapus sisi dari bobot yang terbesar hingga terkecil (Efendi et al, 2021). Menurut Akhirina dan Afrizal (2020), Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan berbobot menjadi salah satu alternatif dalam menemukan MST dan hasil yang diperoleh optimal dengan algoritma yang umum digunakan. Menurut Abrori dan Ubaidillah (2014), Algoritma *Sollin* dapat menghasilkan hasil yang optimal dan berhasil menemukan MST sama dengan algoritma lain yang biasa digunakan.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengoptimalan jaringan pipa sekunder dan tersier di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi yang terdiri dari beberapa perumahan, yaitu Perumahan Grand Namura II, Perumahan Grand Namura Indah dan Perumahan Pesona Kenali Asri. Lokasi tersebut dipilih karena mengalami kelangkaan air bersih, sehingga

akan dilakukan pemasangan pipa air di wilayah tersebut agar dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak perusahaan dalam merencanakan pemasangan pipa dengan mempertimbangkan dari jarak terpendek. Pada penelitian ini, difokuskan pencarian MST pada pipa sekunder dan tersier yang akan dipasang di setiap persimpangan (pembelokan) jalan dengan mengesampingkan kelancaran air tiap rumah.

Dalam penelitian ini, terlebih dahulu akan dibuat rancangan model jaringan pipa air ke dalam bentuk graf berbobot terhubung yang tak memiliki arah yang terdiri dari titik dan sisi yang menghubungkan antar titik. Kemudian, dilakukan pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) dengan menerapkan perbandingan kedua algoritma.

Adapun permasalahan yang ingin diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil pembentukan model graf dari gambar denah (lokasi) jaringan pipa PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi yang akan dilakukan pemasangan pipa di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi?, selanjutnya bagaimana *Minimum Spanning Tree* (MST) untuk panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi berdasarkan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dan Algoritma *Sollin*? dan bagaimana perbandingan *Minimum Spanning Tree* (MST) untuk model graf dan panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi berdasarkan Algoritma Pendekatan Matriks

Ketertanggaan Berbobot dan Algoritma *Sollin*?

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan jenis penelitian kuantitatif dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dengan wawancara secara langsung kepada karyawan bagian Divisi Proyek Manajemen Perencanaan & *Asset* di PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi dan juga diperoleh dengan bantuan dari Google Maps. Adapun objek pada penelitian ini adalah lokasi yang akan dipasang pipa air PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi. Variabel pada penelitian ini adalah panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi yang terdiri dari beberapa perumahan, diantaranya Perumahan Grand Namura II, Perumahan Grand Namura Indah dan Perumahan Pesona Kenali Asri.

Dalam penelitian ini, digunakan metode penelitian kuantitatif karena data yang dikumpulkan berupa angka. Angka yang dimaksud dalam penelitian ini adalah berupa bobot sisi untuk panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier yang akan dipasang di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi. Selain itu, digunakan juga metode penelitian kualitatif karena pengumpulan data pada penelitian ini diperoleh dengan melakukan wawancara secara langsung berupa beberapa pertanyaan kepada karyawan bagian Divisi Proyek Manajemen Perencanaan & *Asset* di PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi dan juga diperoleh dengan bantuan dari *Google Maps*. Gabungan dari kedua

jenis penelitian tersebut digunakan untuk menyimpulkan pertanyaan penelitian.

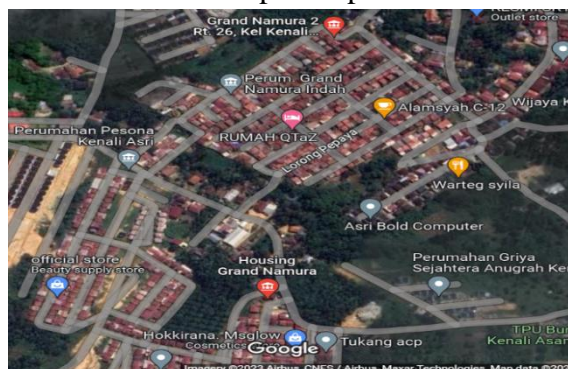
Analisis data yang terdapat dalam penelitian ini adalah (1) Identifikasi Masalah. Dalam upaya memperoleh pengoptimalan panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi dapat dilakukan dengan cara mencari *Minimum Spanning Tree* (MST). (2) Pengumpulan Data Jaringan Pipa Air PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi. Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data yang diperoleh dengan melakukan wawancara secara langsung kepada karyawan bagian Divisi Proyek Manajemen Perencanaan & Aset di PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi. Data juga diperoleh dengan memanfaatkan *Google Maps*. (3) Pemodelan Graf. Data Jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi yang telah diperoleh dibentuk menjadi graf terhubung berbobot dan tak berarah. (4) Pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST). Pada tahap ini akan dilakukan pencarian dengan menggunakan Algoritma Pendekatan Matriks Ketertanggaan Berbobot dan Algoritma *Sollin* dari graf terhubung berbobot dan tak berarah yang telah dibentuk sebelumnya untuk memperoleh *Minimum Spanning Tree* (MST). (5) Melihat Perbandingan Hasil *Minimum Spanning Tree* (MST). Pada tahap ini akan dilihat perbandingan hasil optimal *Minimum Spanning Tree* (MST) yang telah diperoleh dengan menerapkan Algoritma Pendekatan Matriks Ketertanggaan Berbobot dan Algoritma *Sollin* untuk model graf dan panjang jaringan pipa sekunder dan pipa

tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi. (6) Penarikan Kesimpulan. Tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan setelah diperoleh hasil perbandingan antara dua metode, yaitu dengan menggunakan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dan Algoritma *Sollin* untuk mendapatkan hasil yang optimum mengenai model graf dan panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi yang diteliti pada penelitian ini adalah di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi yang terdiri dari beberapa perumahan, diantaranya Perumahan Grand Namura 2, Perumahan Grand Namura Indah dan Perumahan Pesona Kenali Asri. Data yang diambil berupa titik (*node*) yang menyatakan lokasi (tempat) akan dilakukan pemasangan pipa air yang terdapat di setiap persimpangan (pembelokan) jalan dan sisi yang menghubungkan antar titik beserta data bobot yang menyatakan data panjang jaringan pipa air antar titik (*node*). Dengan demikian, akan disajikan data peta (denah

lokasi) dan bobot panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi yang akan dipasang pipa air di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi. Peta (denah lokasi) di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta (Denah Lokasi) di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi
 (Sumber: *Google Maps*, 2023)

Berdasarkan Gambar 1, dapat dibentuk data penamaan titik (lokasi) dan data bobot panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi yang akan dilakukan pemasangan pipa air di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Penamaan Titik (Lokasi) di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi

No.	Titik (Verteks)	Lokasi (Alamat)
Perumahan Grand Namura 2 dan Grand Namura Indah		
1.	V_1	Simpang Mekar Jaya
2.	V_2	Rumah Blok C-05
3.	V_3	Rumah Blok C-03
4.	V_4	Rumah Blok C-06
5.	V_5	Rumah Blok C-08
6.	V_6	Rumah Blok C-12

7.	V_7	Rumah Blok C-14
8.	V_8	Rumah Blok C-18
9.	V_9	Rumah Blok C-20
10.	V_{10}	Rumah Blok C-24
11.	V_{11}	Toko Donuts Joccu Blok C-26
12.	V_{12}	Rumah Blok C-35 (Grand Namura Indah)
13.	V_{13}	Rumah Blok C-33 (Grand Namura Indah)
14.	V_{14}	Rumah Blok B-18 (Grand Namura Indah)
15.	V_{15}	Rumah Blok B-10 (Grand Namura Indah)
16.	V_{16}	Rumah Blok B-08 (Grand Namura Indah)
17.	V_{17}	Rumah Blok B-15 (Grand Namura Indah)
18.	V_{18}	Rumah Blok C-41 (Grand Namura Indah)
19.	V_{19}	Rumah Blok C-39 (Grand Namura Indah)
20.	V_{20}	Rumah Blok C-42 (Grand Namura Indah)
21.	V_{21}	Rumah Blok C-44 (Grand Namura Indah)
22.	V_{22}	Rumah Blok O-02 (Lorong Mangga)
23.	V_{23}	Rumah Blok L-01 (Lorong Manggis)
24.	V_{24}	Rumah Blok I-01
25.	V_{25}	Rumah Blok F-01 (Lorong Pepaya)
26.	V_{26}	Rumah Blok C-01 (Lorong Jambu)
27.	V_{27}	Green Resort (Samping Pos Kamling)
28.	V_{28}	Rumah Blok A-10 RT.28 (Lorong Singgalang)
29.	V_{29}	Rumah Blok B-01 (Lorong Mansur)
30.	V_{30}	Rumah Blok B-17 (Lorong Mansur)
31.	V_{31}	Rumah Blok O-09 (Lorong Mangga)
32.	V_{32}	Dyfa Food Blok L-07 (Lorong Manggis)
33.	V_{33}	Rumah Blok I-07
34.	V_{34}	Bidan Muzilatulnisma Blok F-06 (Lorong Pepaya)
35.	V_{35}	Rumah Blok C-06 (Lorong Jambu)
36.	V_{36}	Rumah Blok O-16 (Lorong Mangga)
37.	V_{37}	Rumah Blok N-01 (Lorong Manggis)
38.	V_{38}	Toko Blok K-01
39.	V_{39}	Blok H-01 (Lorong Pepaya)
40.	V_{40}	Rumah Blok E-01 (Lorong Jambu)
41.	V_{41}	Rumah Blok O-25 (Lorong Mangga)
42.	V_{42}	Rumah Blok N-08 (Lorong Manggis)
43.	V_{43}	Masjid Al-Ikhlas
44.	V_{44}	Toko Tama Cell Blok H-05 (Lorong Pepaya)
45.	V_{45}	Rumah Blok E-05 (Lorong Jambu)
Perumahan Pesona Kenali Asri		
46.	V_{46}	Rumah Blok A-24
47.	V_{47}	Rumah Marketing Edi Blok B-01
48.	V_{48}	Toko Thai Tea RT.25
49.	V_{49}	Lorong Ujung Calon Universitas Dehonian
50.	V_{50}	Rumah Blok B-04
51.	V_{51}	Rumah Blok C-01
52.	V_{52}	Rumah Blok D-34
53.	V_{53}	Rumah Blok E-01

54.	V_{54}	Rumah Blok E-32
55.	V_{55}	Rumah Blok G-05
56.	V_{56}	Rumah Blok H-01
57.	V_{57}	Rumah Blok D-18
58.	V_{58}	Rumah Blok E-17
59.	V_{59}	Rumah Blok E-20
60.	V_{60}	Rumah Blok I-08
61.	V_{61}	Rumah Blok H-08
62.	V_{62}	Rumah Blok K-15
63.	V_{63}	Rumah Blok K-10

(Sumber: *Google Maps*, 2023)

Tabel 2. Data Bobot Panjang Jaringan Pipa Sekunder dan Tersier di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi

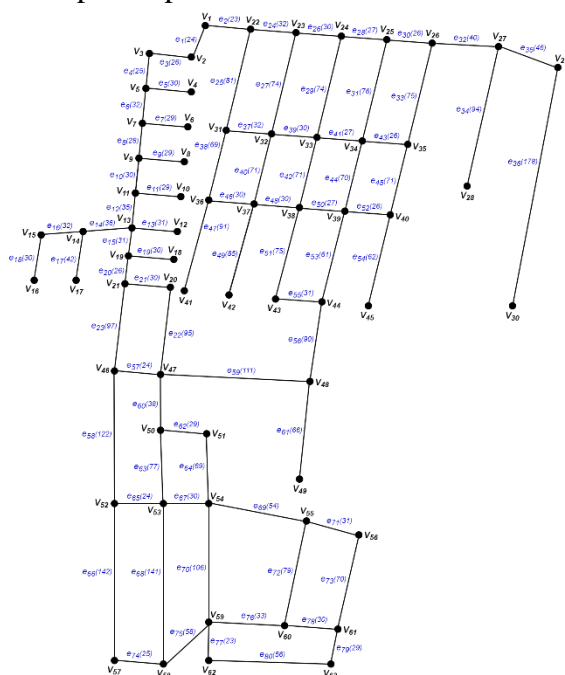
No.	Sisi	Titik yang Dihubungkan	Panjang Pipa (Bobot) (Meter)
1.	e_1	$V_1 - V_2$	24
2.	e_2	$V_1 - V_{22}$	23
3.	e_3	$V_2 - V_3$	26
4.	e_4	$V_3 - V_5$	25
5.	e_5	$V_4 - V_5$	30
6.	e_6	$V_5 - V_7$	32
7.	e_7	$V_6 - V_7$	29
8.	e_8	$V_7 - V_9$	28
9.	e_9	$V_8 - V_9$	29
10.	e_{10}	$V_9 - V_{11}$	30
11.	e_{11}	$V_{10} - V_{11}$	29
12.	e_{12}	$V_{11} - V_{13}$	35
13.	e_{13}	$V_{12} - V_{13}$	31
14.	e_{14}	$V_{13} - V_{14}$	36
15.	e_{15}	$V_{13} - V_{19}$	31
16.	e_{16}	$V_{14} - V_{15}$	32
17.	e_{17}	$V_{14} - V_{17}$	42
18.	e_{18}	$V_{15} - V_{16}$	30
19.	e_{19}	$V_{18} - V_{19}$	30
20.	e_{20}	$V_{19} - V_{21}$	26
21.	e_{21}	$V_{20} - V_{21}$	30
22.	e_{22}	$V_{20} - V_{47}$	95
23.	e_{23}	$V_{21} - V_{46}$	97
24.	e_{24}	$V_{22} - V_{23}$	32
25.	e_{25}	$V_{22} - V_{31}$	81
26.	e_{26}	$V_{23} - V_{24}$	30
27.	e_{27}	$V_{23} - V_{32}$	74

28.	e_{28}	$V_{24} - V_{25}$	27
29.	e_{29}	$V_{24} - V_{33}$	74
30.	e_{30}	$V_{25} - V_{26}$	26
31.	e_{31}	$V_{25} - V_{34}$	76
32.	e_{32}	$V_{26} - V_{27}$	40
33.	e_{33}	$V_{26} - V_{35}$	75
34.	e_{34}	$V_{27} - V_{28}$	94
35.	e_{35}	$V_{27} - V_{29}$	46
36.	e_{36}	$V_{29} - V_{30}$	178
37.	e_{37}	$V_{31} - V_{32}$	32
38.	e_{38}	$V_{31} - V_{36}$	69
39.	e_{39}	$V_{32} - V_{33}$	30
40.	e_{40}	$V_{32} - V_{37}$	71
41.	e_{41}	$V_{33} - V_{34}$	27
42.	e_{42}	$V_{33} - V_{38}$	71
43.	e_{43}	$V_{34} - V_{35}$	26
44.	e_{44}	$V_{34} - V_{39}$	70
45.	e_{45}	$V_{35} - V_{40}$	71
46.	e_{46}	$V_{36} - V_{37}$	30
47.	e_{47}	$V_{36} - V_{41}$	91
48.	e_{48}	$V_{37} - V_{38}$	30
49.	e_{49}	$V_{37} - V_{42}$	85
50.	e_{50}	$V_{38} - V_{39}$	27
51.	e_{51}	$V_{38} - V_{43}$	75
52.	e_{52}	$V_{39} - V_{40}$	26
53.	e_{53}	$V_{39} - V_{44}$	61
54.	e_{54}	$V_{40} - V_{45}$	62
55.	e_{55}	$V_{43} - V_{44}$	31
56.	e_{56}	$V_{44} - V_{48}$	90
57.	e_{57}	$V_{46} - V_{47}$	24
58.	e_{58}	$V_{46} - V_{52}$	122
59.	e_{59}	$V_{47} - V_{48}$	111
60.	e_{60}	$V_{47} - V_{50}$	38
61.	e_{61}	$V_{48} - V_{49}$	66
62.	e_{62}	$V_{50} - V_{51}$	29
63.	e_{63}	$V_{50} - V_{53}$	77
64.	e_{64}	$V_{51} - V_{54}$	69
65.	e_{65}	$V_{52} - V_{53}$	24
66.	e_{66}	$V_{52} - V_{57}$	142
67.	e_{67}	$V_{53} - V_{54}$	30
68.	e_{68}	$V_{53} - V_{58}$	141

69.	e_{69}	$V_{54} - V_{55}$	54
70.	e_{70}	$V_{54} - V_{59}$	106
71.	e_{71}	$V_{55} - V_{56}$	31
72.	e_{72}	$V_{55} - V_{60}$	79
73.	e_{73}	$V_{56} - V_{61}$	70
74.	e_{74}	$V_{57} - V_{58}$	25
75.	e_{75}	$V_{58} - V_{59}$	58
76.	e_{76}	$V_{59} - V_{60}$	33
77.	e_{77}	$V_{59} - V_{62}$	23
78.	e_{78}	$V_{60} - V_{61}$	30
79.	e_{79}	$V_{61} - V_{63}$	29
80.	e_{80}	$V_{62} - V_{63}$	56
Total Bobot (meter)			4215

(Sumber: Google Maps, 2023)

Berdasarkan data pada Gambar 1, Tabel 1 dan Tabel 2, selanjutnya dapat dimodelkan ke dalam bentuk graf yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Graf Jaringan Pipa Sekunder dan Tersier Dari Gambar 1

(Sumber: Google Maps, 2023)

A.) Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot

Menurut Akhirina dan Afrizal (2020), pencarian MST dengan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dalam pengoptimalan jaringan pipa air di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai

Gelam Kabupaten Muaro Jambi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Meng-*input* w_{ij} (bobot sisi e_{ij}) ke dalam matriks untuk membentuk matriks berbobot $M = [w_{ij}]_{n \times n}$.

Dengan:

$M = M_{[i,j]}$ = Matriks M yang terdiri dari i baris dan j kolom;

n = Jumlah simpul pada graf;

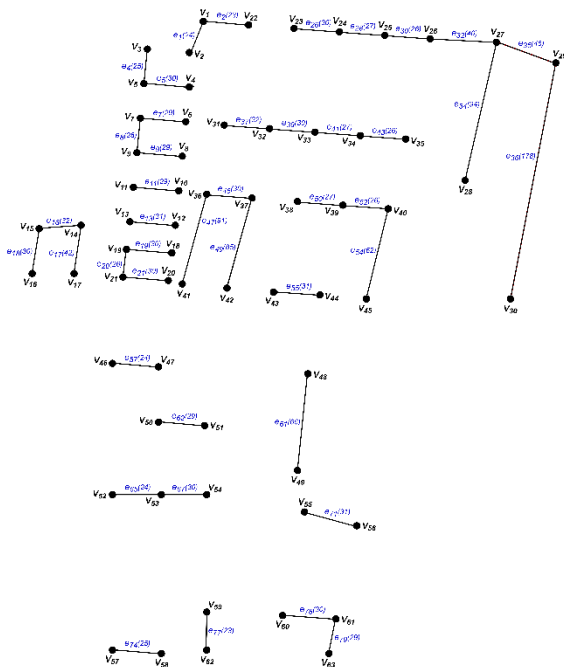
i = Baris matriks dari simpul V_i ;

w_{ij} = Elemen matriks M pada baris ke- i dan kolom ke- j yang menyatakan bobot sisi e_{ij} ;

e_{ij} = Sisi yang menghubungkan Simpul V_i dan V_j .

Tabel matriks ketetangaan berbobot $M_1 = [w_{ij}]_{n \times n}$ yang berordo 63×32 dan 63×31 ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

- 3) Setelah itu, melakukan pencarian w_{ij} minimum pada tiap baris matriks yang telah dibentuk pada langkah 1, dengan $M_{ij} \neq 0$.
 - 4) Selanjutnya, memasukkan e_{ij} minimum yang diperoleh dari tiap baris matriks pada langkah 2 ke dalam graf T (dengan syarat tidak terbentuk sirkuit). Jika e_{ij} minimum menyebabkan terbentuknya sirkuit, maka tolak e_{ij} tersebut.
- MST iterasi 1 dengan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot ditampilkan pada Gambar 3.



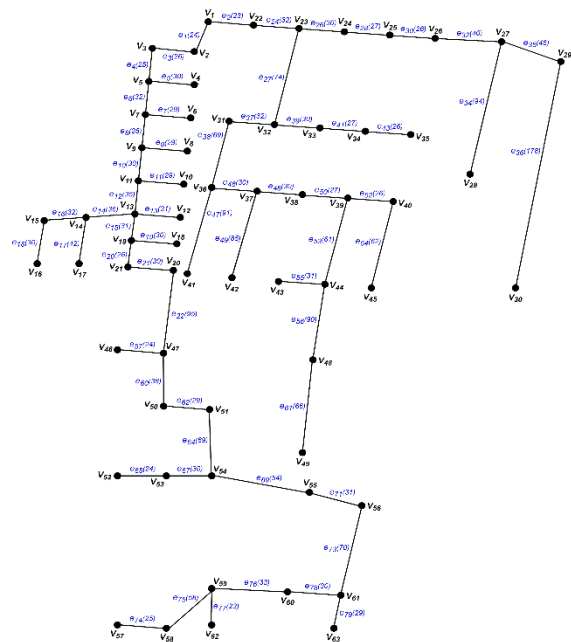
Gambar 3. MST Iterasi 1 dengan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot

- 5) Meng-*update* w_{ij} minimum pada tiap baris matriks yang telah dicari pada langkah sebelumnya dengan 0.
- 6) Selanjutnya, memeriksa apakah jumlah sisi yang terhubung sudah sebanyak $e_{ij} = (n - 1)$. Jika belum, maka mencari w_{ij} paling minimum untuk semua sisi yang belum dipilih pada iterasi sebelumnya. Cara pencariannya dengan mencari w_{ij} minimum pada tiap baris matriks, dengan tidak memperhatikan $M_{ij} \neq 0$ seperti pada langkah ke-2. Lalu, dilakukan

pengurutan w_{ij} minimum untuk semua sisi yang belum dipilih pada iterasi sebelumnya.

- 7) Kemudian, memasukkan e_{ij} paling minimum ke dalam graf T dengan syarat tidak terbentuk sirkuit. Dilanjutkan, dengan meng-*update* w_{ij} minimum pada tiap baris matriks yang telah dicari pada langkah sebelumnya dengan 0.
- 8) Jika jumlah sisi yang terhubung belum sebanyak $e = (n - 1)$, maka ulangi langkah 5 hingga seluruh simpul sudah terhubung dan diperoleh MST. Sebaliknya, jika semua simpul sudah terhubung dan diperoleh MST, maka dilakukan penghitungan bobot $MST = \sum \min (w_{ij})$.

Setelah dilakukan pencarian MST dengan langkah-langkah tersebut, maka diperoleh MST pada iterasi ke-3 dari graf Gambar 2 dengan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. MST Iterasi 3 (Iterasi Terakhir) dari Graf Gambar 2 dengan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot Berdasarkan Gambar 4 dan hasil pencarian yang telah dilakukan dari iterasi 1

hingga iterasi 3 dengan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot, diperoleh total bobot MST yaitu: Total bobot MST = $\sum \min (w_{ij})$.

$$\begin{aligned} \text{Total Bobot MST} &= e_2 + e_1 + e_4 + e_5 + e_7 + e_8 + e_9 + e_{11} \\ &= +e_{13} + e_{16} + e_{18} + e_{17} + e_{19} + e_{20} + \\ &= e_{21} + e_{26} + e_{28} + e_{30} + e_{32} + e_{34} + e_{35} \\ &= e_{36} + e_{37} + e_{39} + e_{41} + e_{43} + e_{46} + e_{50} \\ &= e_{52} + e_{47} + e_{49} + e_{55} + e_{54} + e_{57} + e_{61} \\ &= e_{62} + e_{65} + e_{67} + e_{71} + e_{74} + e_{77} + e_{78} \\ &= e_{79} + e_3 + e_{10} + e_{48} + e_{15} + e_{24} + e_{76} \\ &= e_{14} + e_{60} + e_{69} + e_{75} + e_{53} + e_{38} + e_{64} \\ &= e_{73} + e_{56} + e_{22} + e_6 + e_{12} + e_{27} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Bobot MST} &= (23 + 24 + 25 + 30 + 29 + 28 + 29 + \\ &= 29 + 31 + 32 + 30 + 42 + 30 + 26 + \\ &= 30 + 30 + 27 + 26 + 40 + 94 + 46 + \\ &= 178 + 32 + 30 + 27 + 26 + 30 + 27 + \\ &= 26 + 91 + 85 + 31 + 62 + 24 + 66 + \\ &= 29 + 24 + 30 + 31 + 25 + 23 + 30 + \\ &= 29 + 26 + 30 + 30 + 31 + 32 + 33 + \\ &= 36 + 38 + 54 + 58 + 61 + 69 + 69 + \\ &= 70 + 90 + 95 + 32 + 35 + 74)m \end{aligned}$$

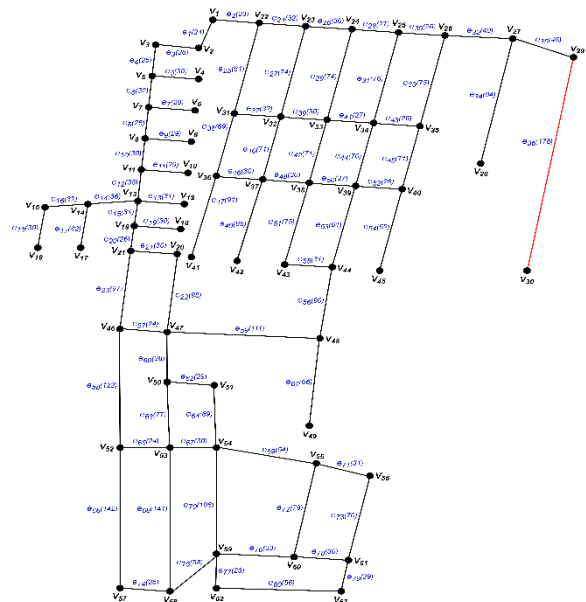
$$\begin{aligned} \text{Total Bobot MST} &= 2620 m. \end{aligned}$$

B) Algoritma Sollin

Menurut Simanjuntak et al, (2020), pencarian MST dengan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dalam pengoptimalan jaringan pipa air di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

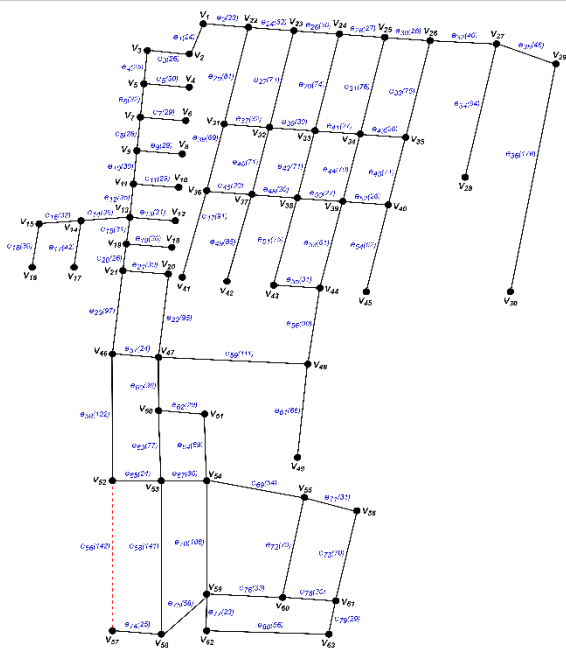
- 1) Mengurutkan setiap sisi dari graf G berdasarkan bobot terbesar hingga bobot terkecil.
- Data bobot panjang pipa sekunder dan tersier pada tabel 2 dilakukan pengurutan sisi dari bobot terbesar hingga terkecil.
- 2) Melakukan penghapusan sisi yang dimulai dari bobot terbesar hingga

terkecil, dengan ketentuan tidak menyebabkan graf menjadi tidak terhubung dan atau membentuk sirkuit. MST iterasi 1 dimulai dari sisi yang memiliki bobot terbesar, yaitu sisi $e_{36}(V_{29} - V_{30})$ dengan bobot 178 m. Sisi e_{36} tidak dihapus, karena tidak membentuk sirkuit dan jika dihapus membuat graf menjadi terputus. MST iterasi 1 dengan Algoritma Sollin ditampilkan pada Gambar 5.



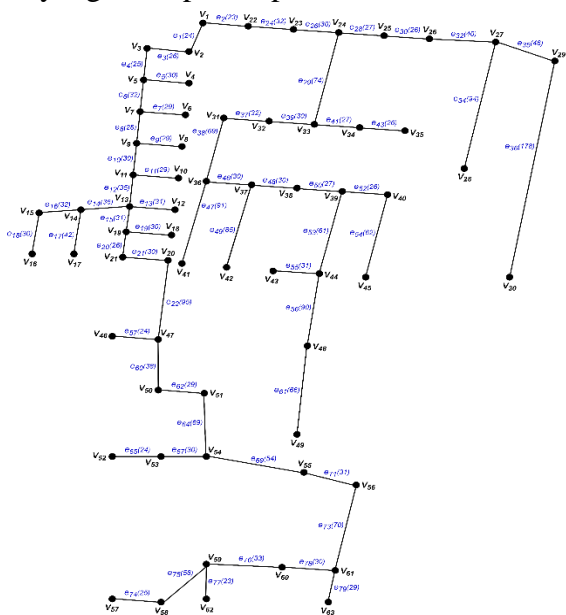
Gambar 5. MST Iterasi 1 dengan Algoritma Sollin

MST Iterasi 2 dilakukan pada sisi yang berbobot terbesar kedua, yaitu sisi $e_{66}(V_{52} - V_{57})$ dengan bobot 142 m. Sisi e_{66} dihapus, karena membentuk sirkuit. MST Iterasi 2 dengan Algoritma Sollin ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. MST Iterasi 2 dengan Algoritma *Sollin*

3) Melakukan pengulangan langkah kedua hingga semua titik telah terhubung dan diperoleh MST. Lalu, dilakukan penghitungan total bobot MST. Setelah dilakukan pencarian MST dengan langkah-langkah tersebut, maka diperoleh MST pada iterasi ke-32 dari graf Gambar 2 dengan Algoritma *Sollin* yang ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. MST Iterasi 32 (Iterasi Terakhir) dari Graf Gambar 2 dengan Algoritma *Sollin*

Berdasarkan Gambar 7 dan hasil pencarian yang telah dilakukan dari iterasi 1 hingga iterasi 32 dengan Algoritma *Sollin*, diperoleh total bobot MST yaitu: Total Bobot MST

$$\begin{aligned}
 &= e_{36} + e_{22} + e_{34} + e_{47} + e_{56} + e_{49} + e_{29} \\
 &= +e_{73} + e_{38} + e_{64} + e_{61} + e_{54} + e_{53} + \\
 &= e_{75} + e_{69} + e_{35} + e_{17} + e_{32} + e_{60} + e_{14} \\
 &= +e_{12} + e_{76} + e_6 + e_{16} + e_{24} + e_{37} + \\
 &= e_{13} + e_{15} + e_{55} + e_{71} + e_5 + e_{10} + e_{18} \\
 &= +e_{19} + e_{21} + e_{26} + e_{39} + e_{46} + e_{48} + \\
 &= e_{67} + e_{78} + e_7 + e_9 + e_{11} + e_{62} + e_{79} + \\
 &= e_8 + e_{28} + e_{41} + e_{50} + e_3 + e_{20} + e_{30} + \\
 &= e_{43} + e_{52} + e_4 + e_{74} + e_1 + e_{57} + e_{65} + \\
 &= e_2 + e_{77}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Bobot MST} &= (178 + 95 + 94 + 91 + 90 + 85 + 74 \\
 &= +70 + 69 + 69 + 66 + 62 + 61 + 58 + \\
 &= 54 + 46 + 42 + 40 + 38 + 36 + 35 + \\
 &= 33 + 32 + 32 + 32 + 32 + 31 + 31 + \\
 &= 31 + 31 + 30 + 30 + 30 + 30 + 30 + \\
 &= 30 + 30 + 30 + 30 + 30 + 30 + 29 + \\
 &= 29 + 29 + 29 + 29 + 28 + 27 + 27 + \\
 &= 27 + 26 + 26 + 26 + 26 + 26 + 25 + \\
 &= 25 + 24 + 24 + 24 + 23 + 23)m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Bobot MST} &= 2620 m.
 \end{aligned}$$

Proses pencarian MST dengan Algoritma *Sollin* dilakukan secara manual dan tidak menggunakan bantuan program (aplikasi matematika). Pencarian MST dengan Algoritma *Sollin* secara manual tersebut dilakukan dengan mengurutkan terlebih dahulu sisi dari graf G berdasarkan bobot terbesar hingga terkecil. Langkah selanjutnya dengan menghapus sisi dari bobot terbesar hingga terkecil dan dilakukan pengulangan langkah tersebut hingga diperoleh MST pada iterasi ke-32 dengan total bobot MST adalah 2620 m .

SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dengan menerapkan perbandingan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dan Algoritma *Sollin* adalah diperoleh hasil pembentukan model graf dari gambar denah (lokasi) jaringan pipa PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi yang akan dilakukan pemasangan pipa di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi ditampilkan pada Gambar 2.

Kesimpulan kedua yang diperoleh mengenai hasil optimal MST untuk panjang jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi berdasarkan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dan Algoritma *Sollin* adalah diperoleh hasil yang sama yaitu dengan total bobot 2620 *m*, dengan 63 titik dan 62 sisi. Selisih total bobot panjang jaringan pipa sekunder dan tersier sebelum dan setelah menerapkan perbandingan kedua algoritma adalah 1595 *m* atau 37,84%.

Kesimpulan ketiga mengenai perbandingan MST untuk model graf jaringan pipa sekunder dan pipa tersier PERUMDA Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi sebelum dan setelah menerapkan Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot dan Algoritma *Sollin* ditampilkan pada Gambar 2, Gambar 4 dan Gambar 7. Dari hasil gambar tersebut, dapat dilihat bahwa hasil model graf terdapat satu perbedaan yaitu pada bagian salah satu sisi yang tidak dimasukkan ke dalam *T*. Pada Algoritma Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot, sisi yang tidak dimasukkan ke dalam *T* adalah sisi $e_{29}(V_{24} - V_{33})$ dengan

bobot 74 *m* dan pada Algoritma *Sollin*, sisi yang tidak dimasukkan ke dalam *T* adalah sisi $e_{27}(V_{23} - V_{32})$ dengan bobot 74 *m*. Sedangkan, untuk total panjang jaringan pipa sekunder dan tersier yang diperoleh setelah menerapkan kedua algoritma adalah diperoleh hasil total bobot MST yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Perusahaan Umum Daerah (PERUMDA) Air Minum Tirta Mayang Kota Jambi beserta seluruh karyawan dan *staff* yang bekerja khususnya di bagian Divisi Proyek Manajemen Perencanaan & *Asset* yang telah memberikan izin dan bersedia membantu peneliti dalam melakukan penelitian hingga selesai di instansi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, M., & Ubaidillah, N. 2014. "Pengujian Optimalisasi Jaringan Kabel Fiber Optic di Universitas Islam Indonesia Menggunakan Minimum Spanning Tree". *Jurnal Fourier*. Vol. 3 (1), pp: 49-58.
- Agarwal, U., & Singh, U. 2009. *Graph Theory*. New Delhi: University Science Press.
- Akhirina, T., & Afrizal, T. 2020. "Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot untuk Solusi Minimum Spanning Tree (MST)". *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*. Vol. 4 (3), pp: 280-287.
- Dewi, K., Imrona, M., & Triantoro, D. 2020. "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization Pada Pencarian Rute Optimal untuk Transportasi Umum Kota Bandung". *e-Proceeding of Engineering*. Vol. 7 (1), pp: 2827-2839.
- Efendi, R., Susilo, B., & Prasetyo, Y. 2021. "Perbandingan Algoritma Boruvka

- dan Algoritma Sollin Pada Optimasi Kebutuhan Kabel Fiber Optik Universitas Bengkulu”. *JSSAI: Journal Scientific and Applied Informatics*. Vol. 4 (2), pp: 175-181.
- Ismail, T., & Setiadi, T. 2014. “Media Pembelajaran Strategi Algoritma Pada Pokok Bahasan Pohon Merentang Minimum dan Pencarian Lintasan Terpendek”. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*. Vol. 2 (2), pp: 359-366.
- Munir, R. 2010. *Matematika Diskrit Edisi Ketiga*. Bandung: Informatika Bandung.
- Rahayuningsih, S. 2018. *Teori Graph dan Penerapannya*. Malang: Universitas Wisnuwardhana Press Malang (Unidha Press).
- Sholikhatin, S., Prasetyo, A., & Nurhopipah, A. 2020. “Aplikasi Berbasis Desktop untuk Penyelesaian Graph dengan Algoritma Kruskal dan Algoritma Prim”. *Jurnal Resistor*. Vol. 3 (2), pp: 89-93.
- Simanjuntak, P., Elisa, E., & Pangaribuan, H. 2020. *Pengantar Konsep Struktur Data*. Padang: Pustaka Galeri Mandiri.
- Vijayalakshmir, D., & Kalaivani, R. 2014. “Minimum Cost Spanning Tree using Matrix Algorithm”. *International Journal of Scientific and Research Publications*. Vol. 4 (9), pp: 1-5.