

**ALGORITMA PRIM ORDE 2 UNTUK MENENTUKAN 2
*SUBGRAPH MINIMUM SPANNING TREE***

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Strata Satu
Program Studi Matematika**



**RANGGA SANTOSO
22EN10003**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2026**

**ALGORITMA PRIM ORDE 2 UNTUK MENENTUKAN 2
*SUBGRAPH MINIMUM SPANNING TREE***

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Strata Satu
Program Studi Matematika**



**RANGGA SANTOSO
22EN10003**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa penulisan skripsi dengan judul “Algoritma Prim Orde 2 untuk Menentukan 2 *Subgraph Minimum Spanning Tree*” adalah hasil karya saya dengan arahan dari pembimbing dan belum diajukan kepada pihak manapun. Sumber informasi yang dikutip dalam skripsi ini telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat ketidaksesuaian dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Cilacap, 01 Juli 2026



Rangga Santoso
22EN10003

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi Saudara

Nama :angga Santoso
NIM : 22EN10003
Fakultas/Prodi : Fakultas MIKOM / Matematika
Judul : Algoritma Prim Orde 2 untuk Menentukan 2 *Subgraph Minimum Spanning Tree*

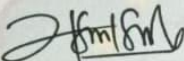
Telah disidangkan oleh Dewan Penguji Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap pada hari / tanggal :
Rabu, 01 Juli 2026

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata satu (S.1) Program Studi Matematika (S.Mat.) Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer (FMIKOM) pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.

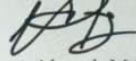
Cilacap, 01 Juli 2026

Dewan Sidang

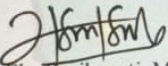
Ketua


Eka Susilowati, M.Sc.
NIDN. 0724028901

Sekretaris


Mizan Ahmad, M.Sc.
NIDN. 0601099402

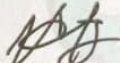
Penguji 1


Eka Susilowati, M.Sc.
NIDN. 0724028901

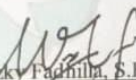
Penguji 2


Lasim, M.Kom.
NIDN. 0605048602

Pembimbing I


Mizan Ahmad, M.Sc.
NIDN. 0601099402

Pembimbing II


Widya Rizky Fadhillah, S.Pd., M.Sc.
NUPTK. 6943774675230282

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer



Mochamad T.A. Aziz Zein, S.Si., M.Kom.
NIDN. 2125098601

HALAMAN NOTA KONSULTAN

Eka Susilowati, M.Sc.

Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

NOTA KONSULTAN

Hal : Skripsi Saudara Rangga Santoso
Lampiran : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap
di Cilacap

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, memeriksa dan melakukan perbaikan seperlunya maka skripsi saudara:

Nama : Rangga Santoso

NIM : 22EN10003

Prodi : Matematika

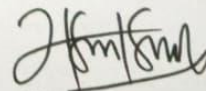
Judul : Algoritma Prim Orde 2 untuk Menentukan 2 *Subgraph Minimum*

Spanning Tree

Dapat diajukan ke Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S1).

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, 01 Juli 2026
Konsultan



Eka Susilowati, M.Sc.
NIDN. 0724028901

NOTA PEMBIMBING

Cilacap, 24 Juni 2026

Kepada Yth :
Fakultas Matematika dan Komputer (FMIKOM)
UNUGHA Cilacap
di Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah melakukan bimbingan, telaah, arahan dan koreksi tahap penulisan skripsi

Saudara:

Nama : Rangga Santoso
NIM : 22EN10003
Prodi : Matematika
Judul : Algoritma Prim Orde 2 untuk Menentukan 2 *Subgraph Minimum Spanning Tree*

Kami berpendapat bahwa skripsi tersebut sudah dapat diajukan ke sidang skripsi.
Bersamaan ini kami kirimkan skripsi tersebut, semoga dapat segera disidangkan.

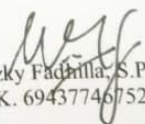
Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Mengetahui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Mizan Ahmad, M.Sc
NIDN. 0601099402


Widya Rizky Fadhillah, S.Pd., M.Sc.
NUPTK. 6943774675230282

HALAMAN MOTO

“Weak people revenge, strong people forgive, intelligent people ignore”
(Albert Einstein)

“Be fearful when others are greedy, and be greedy when others are fearful”
(Warren Buffet)

“Sebaik – baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia (yang lain)”
(HR.Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruquhi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, Rabb semesta alam yang senantiasa memberikan karunia sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Orang tua yang selalu mendidik saya, memberikan do'a, dukungan, nasihat dan semangat yang tiada henti.
2. Kakak – kakak saya yang selalu memberikan do'a dan semangat.
3. Teman – teman saya yang selalu menemani dan menyemangati selama perkuliahan.
4. Keluarga FMIKOM Angkatan 2022 yang selalu memberikan keceriaan, kebersamaan dan motivasi.
5. Keluarga program studi Matematika yang saya banggakan
6. Seluruh teman UNUGHA yang telah memberikan do'a, dukungan, dan semangat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dari banyak pihak, karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak M.T.A. Aziz Zein, S.Si., M.Kom. Dekan FMIKOM UNUGHA
2. Bapak Mizan Ahmad, M.Sc., pembimbing I yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Widya Rizky Fadhilla, S.Pd., M.Sc., pembimbing II yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Widya Rizky Fadhilla, S.Pd., M.Sc., sebagai Pembimbing Akademis
5. Badan Gizi Nasional Khususnya kepada SPPG Rawalo 3 dan SPPG Menganti
6. Bapak-Ibu dosen Program Studi Matematika FMIKOM UNUGHA
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amiin. Penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat bagi pembaca.

Cilacap, 01 Juli 2026

Penulis

ABSTRAK

RANGGA SANTOSO. Algoritma Prim Orde 2 untuk Menentukan 2 *Subgraph Minimum Spanning Tree*. Dibimbing oleh MIZAN AHMAD dan WIDYA RIZKY FADHILLA.

Penyelesaian masalah distribusi tidak hanya dimulai dari satu titik (sumber) saja, terkadang dimulai dengan dua titik awal. Algoritma – algoritma yang umum digunakan biasanya menggunakan satu titik awal. Penelitian ini berfokus mengembangkan algoritma Prim yang semula dimulai dari satu titik awal menjadi dimulai dari 2 titik awal yang berbeda. Hasil simulasi algoritma Prim orde 2 menunjukkan bahwa algoritma ini dapat membentuk 2 *subgraph minimum spanning tree* yang mana rute pendistribusian yang dimulai dari 2 titik awal yang berbeda menjadi optimal.

Kata kunci : teori graf, minimum spanning tree, algoritma Prim, algoritma Prim orde 2.

ABSTRACT

RANGGA SANTOSO. *Order 2 Prim Algorithm for Determining 2 Subgraph Minimum Spanning Tree*. Supervised by MIZAN AHMAD and WIDYA RIZKY FADHILLA.

Distribution problems do not always originate from a single source node; in some cases, they begin from two different source nodes. Commonly used algorithms generally employ only one starting vertex. This study focuses on developing Prim's algorithm, which originally starts from a single source vertex, into a modified version that begins from two distinct source vertex. Simulation results of the two order Prim algorithm show that the proposed algorithm is capable of constructing two subgraphs minimum spanning tree, resulting in an optimal distribution route originating from two different starting vertex.

Keywords: *graph theory, minimum spanning tree, Prim algorithm, 2 order Prim algorithm.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN NOTA KONSULTAN.....	iv
HALAMAN NOTA PEMBIMBING.....	v
HALAMAN MOTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Penelitian Terkait	5
B. Landasan Teori.....	9
BAB III METODOLOGI.....	16
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
B. Prosedur Penelitian	16
C. Jadwal Penelitian	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
A. Ide Dasar	19
B. Algoritma Prim orde 2	21
C. Simulasi.....	21
D. Studi Kasus	26

BAB V KESIMPULAN.....	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mind Map	9
Gambar 2. Graf G_1 dan G_2	10
Gambar 3. Graf Lengkap K_4 dan Graf Pohon G_3	11
Gambar 4. Graf G_4 dan G_5	12
Gambar 5. Graf G_6 dan G_7	13
Gambar 6. Graf G_8 dan Graf Pohon $T(G_8)$	13
Gambar 7. Graf G_9	14
Gambar 8. Flowchart Penelitian	16
Gambar 9. Graf G_{11} Data Simulasi	21
Gambar 10. Graf Hasil Iterasi Algoritma Prim Orde 2	25
Gambar 11. Graf G_{10} Rute Distribusi MBG dari 2 SPPG (dalam km)	27
Gambar 12. Graf Hasil Iterasi Algoritma Prim Orde 2	38
Gambar 13. Graf Pendistribusian Rawalo 3	39
Gambar 14 Dokumentasi Observasi SPPG Rawalo 3	45
Gambar 15 Dokumentasi Observasi SPPG Menganti	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terkait	5
Tabel 2. Iterasi Algoritma Prim	15
Tabel 3. Jadwal Penelitian.....	18
Tabel 4. Hasil Observasi	19
Tabel 5. Iterasi Algoritma Prim Orde 2 pada Data Simulasi	22
Tabel 6. Daftar Pendistribusian Semula.....	26
Tabel 7. Iterasi Algoritma Prim Orde 2 pada Data Riil	28
Tabel 8. Rute Pendistribusian Setelah Menggunakan Algoritma Prim Orde 2.....	39
Tabel 9. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Dilakukan Algoritma Prim Orde 2 ...	40

DAFTAR SIMBOL

v_n = *vertex* ke n .

e_n = *edge* ke n .

$u - v$ = dari *vertex* u ke *vertex* v .

$V(G)$ = himpunan *vertex* pada suatu graf G .

$E(G)$ = himpunan *edge* pada suatu graf G .

$T(G)$ = graf tree dari suatu graf G .

$|G|$ = banyaknya *vertex* pada graf G .

$u_{1,2}$ = titik awal yang dipilih.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Algoritma merupakan suatu langkah, prosedur, atau instruksi logis dan sistematis yang terstruktur untuk menyelesaikan perhitungan atau memecahkan masalah [1]. Dalam bidang ilmu komputer dan matematika terapan, algoritma berperan penting sebagai pedoman dalam menjalankan suatu proses komputasi sehingga hasil atau solusi yang diinginkan dapat tercapai secara konsisten dan efisien. Menurut Cormen dalam buku *Introduction to Algorithms*, algoritma didefinisikan sebagai prosedur komputasi terdefinisi dengan baik, menerima masukan berupa nilai atau himpunan nilai, serta menghasilkan keluaran berupa nilai atau himpunan nilai [2]. Oleh karena itu, proses analisis dan pemilihan algoritma menjadi aspek penting dalam penyelesaian berbagai permasalahan komputasi.

Algoritma dalam kajian teori graf dan optimasi jaringan, digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan pencarian lintasan optimal maupun pembentukan struktur jaringan dengan biaya minimum. Beberapa algoritma yang digunakan dalam permasalahan tersebut antara lain algoritma Prim, algoritma Kruskal, algoritma Dijkstra, dan lain – lain. Masing – masing algoritma memiliki karakteristik serta tujuan penggunaan yang berbeda. Sebagai contoh algoritma Dijkstra digunakan untuk menentukan lintasan terpendek pada suatu graf berbobot, sedangkan algoritma Prim dan Kruskal digunakan untuk membentuk *Minimum Spanning Tree* (MST), yaitu suatu struktur pohon yang menghubungkan seluruh *vertex* pada graf dengan total bobot sisi minimum [3].

Minimum Spanning Tree merupakan konsep yang banyak diterapkan dalam bidang perancangan jaringan komunikasi, sistem distribusi listrik, jaringan transportasi, serta perencanaan infrastruktur jaringan komputer. Menurut Bondy dan Murty, MST adalah suatu subgraf berbentuk pohon yang menghubungkan seluruh *vertex* pada graf berbobot tanpa membentuk *cycle* dan memiliki jumlah bobot *edge* minimum dibandingkan semua kemungkinan *spanning tree* lainnya [4].

Oleh karena itu, berbagai algoritma telah dikembangkan untuk menemukan MST secara efisien.

Salah satu algoritma yang digunakan dalam pembentukan *Minimum Spanning Tree* adalah algoritma Prim. Algoritma ini membangun *Minimum Spanning Tree* secara bertahap dengan memulai satu *vertex* awal, kemudian secara berturut – turut menambahkan *edge* berbobot minimum yang menghubungkan *vertex* yang telah terpilih dengan *vertex* lain di luar *tree* tanpa membentuk *cycle* hingga seluruh *vertex* terhubung [5]. Selain itu, algoritma Prim bekerja sangat cepat dan efisien, terutama pada jenis graf tertentu, karena waktu waktu prosesnya hampir bertambah lurus (linear) saat ukuran graf bertambah [6].

Meskipun algoritma Prim memiliki kelebihan dalam kesederhanaan implementasi dan efisiensi proses pencarian *edge* minimum, proses pembentukan *spanning tree* pada algoritma ini bergantung pada satu *vertex* awal sebagai titik awal iterasi. Ketergantungan terhadap satu *vertex* awal tersebut dapat mempengaruhi urutan pemilihan *edge* selama proses pembentukan *spanning tree*. Dengan demikian, pemilihan *vertex* awal yang berbeda berpotensi menghasilkan struktur *tree* yang berbeda meskipun total bobotnya tetap minimum. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa performa algoritma MST dapat bervariasi tergantung pada struktur graf dan pendekatan algoritma yang digunakan [7].

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan pengembangan terhadap algoritma pembentukan *Minimum Spanning Tree*, baik melalui peningkatan efisiensi komputasi maupun melalui modifikasi mekanisme pemilihan *edge* dalam proses iterasi [8]. Namun demikian penelitian yang memanfaatkan lebih dari satu *vertex* awal dalam proses pembentukan *spanning tree* secara simultan masih relatif terbatas. Hal ini membuka peluang untuk melakukan pengembangan metode yang memungkinkan proses pembentukan *spanning tree* dilakukan lebih dari satu *vertex* awal. Sebagai contoh peneliti melakukan observasi pada Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) pada distribusi Makan Bergizi Gratis (MBG) di kecamatan Rawalo, terdapat suatu sekolah X yang lebih dekat dengan SPPG A daripada SPPG B, berdasarkan pertimbangan biaya distribusi, sekolah X yang

seharusnya mendapatkan suplai dari SPPG A, kenyataan dilapangan mendapatkan suplai dari SPPG B. Oleh karena itu, terdapat ketidakefisienan dari segi biaya pendistribusian apabila tidak menerapkan MST dalam kasus tersebut.

Penelitian ini mengembangkan algoritma Prim yang disebut algoritma Prim orde 2, yaitu metode yang menggunakan dua *vertex* awal berbeda sebagai titik awal pembentukan *Minimum Spanning Tree*. Berbeda dari algoritma Prim yang hanya menggunakan satu *vertex* awal, pendekatan ini menjalankan dua proses iterasi secara simultan pada graf berbobot yang sama untuk mencari *edge* dengan bobot minimum. Setiap iterasi membentuk struktur *tree* dengan menambahkan *edge* minimum yang menghubungkan *vertex* terpilih dengan *vertex* yang belum terhubung, sehingga dari satu graf dapat dihasilkan 2 *subgraph minimum spanning tree* yang berbeda berdasarkan dua *vertex* awal tersebut.

Melalui pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk menganalisis kinerja algoritma Prim orde 2 yang diusulkan, baik dari segi proses pembentukan *spanning tree* maupun struktur jaringan yang dihasilkan. Selain itu, algoritma tersebut diimplementasikan pada suatu model graf berbobot untuk mengevaluasi bagaimana metode yang diusulkan bekerja dalam menyelesaikan permasalahan konektivitas jaringan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka pokok rumusan permasalahan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengembangan algoritma Prim orde 2 dalam pembentukan 2 *subgraph minimum spanning tree* pada graf berbobot?
2. Bagaimana simulasi dan penerapan algoritma Prim orde 2 pada suatu graf berbobot?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan secara spesifik dan tidak terlalu meluas, maka penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Graf yang digunakan adalah graf berbobot sederhana dan tidak berarah.

2. Data yang digunakan dalam penelitian ini akan menggunakan data simulasi dan hasil observasi pada SPPG Rawalo 3 dan SPPG Menganti.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilaksanakannya penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengembangkan algoritma Prim menjadi algoritma Prim orde 2 dalam pembentukan 2 *subgraph minimum spanning tree* pada graf berbobot.
2. Mengetahui hasil simulasi algoritma Prim orde 2 pada graf berbobot

E. Manfaat Penelitian

Adapun penulisan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi penulis
 - i. Menambah pemahaman dalam pengembangan algoritma, khususnya algoritma Prim orde 2.
 - ii. Meningkatkan kemampuan dalam menganalisis dan menerapkan algoritma pada permasalahan optimasi jaringan.
2. Bagi ilmu pengetahuan
 - i. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teori graf, khususnya *minimum spanning tree*.
 - ii. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait pengembangan algoritma.
3. Bagi pembaca.
 - i. Memberikan pemahaman mengenai konsep *minimum spanning tree* dan algoritma Prim.
 - ii. Menjadi sumber referensi dalam penerapan algoritma pada permasalahan jaringan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Mengenai adanya penelitian – penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil penelitian – penelitian tersebut menjadi referensi pada penelitian ini. Berikut adalah penelitian – penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terkait

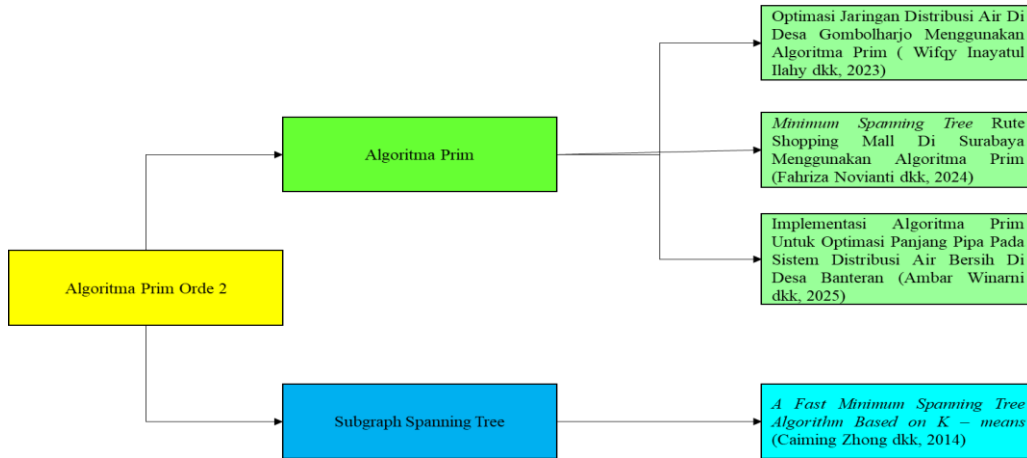
No	Peneliti	Keterangan
1	Rina Filia Sari, Rina Widyasari, Fithria Aidra Marpaung (2023) [9]	Judul : Optimasi Pemasangan Jalur Pipa Bersih Melalui <i>Minimum Spanning Tree</i> dengan Algoritma Prim Metode : Kuantitatif. Hasil : Penelitian ini menghasilkan penghematan biaya dalam pemasangan instalasi air bersih sepanjang 162 meter.
2	Nabila Tasya Amalia, Fahriza Novianti, Yasirah Rezqita Aisyah Yasmin (2024) [10]	Judul : <i>Minimum Spanning Tree</i> Rute Shopping Mall di Surabaya Menggunakan Algoritma Prim Metode : Kuantitatif. Hasil : Penelitian ini menghasilkan rute terpendek pusat perbelanjaan di Surabaya didapatkan rute terpendek dengan percabangan 2 rute.
3	Wifqy Inayatul Ilahy, Mizan Ahmad, Bryan Pudji Hartono (2023) [11]	Judul : Optimasi Jaringan Distribusi Air di Desa Gombolharjo Menggunakan Algoritma Prim Metode : Kuantitatif. Hasil : Penelitian ini menghasilkan jalur distribusi jaringan air bersih diperoleh total <i>vertex</i> sebanyak 60 dan total <i>edge</i> sebanyak 59 dengan panjang jaringan pipa sepanjang 5706 m.

4	Arya Bima Mohammad Heriansyah, Rinaldi Rizwar, Muhamad Rafliansyah, Efrans Christian, Viktor Handrianus Pranatawijaya (2024) [12]	Judul : Penerapan Algoritma Prim dalam Menentukan Rute Prioritas Pengiriman Paket <i>Express</i> Metode : Kuantitatif. Hasil : Penelitian ini menghasilkan rute yang efisien untuk menentukan rute pengiriman pake <i>express</i>.
5	Syamsuddin Mas'ud (2024) [13]	Judul : Penentuan Rute Pendistribusian Gas LPG Menggunakan Algoritma Prim dengan Optimalisasi Melalui Pergantian Sisi Metode : Studi Literatur. Hasil : Penelitian ini menganalisis hasil dari peneliti sebelumnya yang menghasilkan rute optimal menggunakan algoritma Greedy dengan total bobot 13,13 km, sedangkan peneliti menggunakan algoritma Prim menghasilkan rute dengan total bobot 10,91 km.
6	Shafira Zakiatul Faizah, Dwiani Listya Kartika, Ambar Winarni (2025) [14]	Judul : Implementasi Algoritma Prim untuk Optimasi Panjang Pipa pada Sistem Distribusi Air Bersih di Desa Banteran Metode : Kuantitatif. Hasil : Penelitian ini dapat mengatasi masalah pendistribusian air secara efisien, dengan panjang pipa yang semula mencapai 14.890 meter dapat dioptimalkan menjadi 11.020 meter.
7	Moufya Fattan Ghifara, Muhammad Ilham Chasanudin, Azza An Nafisah, Muhammad Gani Rohman (2024) [15]	Judul : Optimalisasi Rute Pendistribusian Buku dari Perpustakaan Daerah Salatiga ke SMA dan SMK Negeri dengan Algoritma Prim Metode : Kuantitatif. Hasil : Penelitian ini menunjukkan keberhasilan dalam mengoptimalkan proses pendistribusian

		buku dari Perpustakaan Daerah kota salatiga ke SMA dan SMK Negeri di Salatiga dengan menerapkan algoritma Prim menghasilkan total bobot 12,6 km.
8	Amalia Ahsanti, Asyanada Insyafilla, Nadhifa Nur Fatimah, Winda Cahya Dwi Wahyuni, Deddy Rahmadi (2025) [16]	Judul : Optimalisasi Jaringan Jalan Antar Kecamatan dengan <i>Minimum Spanning Tree</i> dan Algoritma Prim di Kabupaten Ngawi Metode : Kuantitatif dengan berbantuan alat yaitu <i>software Visual Studio Code</i> dengan bahasa pemrograman Phyton. Hasil : Penelitian ini menghasilkan rute terpendek dari 19 Kecamatan di Kabupaten Ngawi sepanjang 146 km.
9	Zulva Nur Laely, Miftachul Janah, Muhamad Gani Rohman (2025) [17]	Judul : Aplikasi Algoritma Prim untuk Optimasi pada Aliran Sumber Mata Air di Desa Banjarsari Metode : Kuantitatif. Hasil : Algoritma Prim secara signifikan membantu mengoptimalkan jalur distribusi air bersih di Desa Banjarsari dengan menghasilkan jalur terpendek dan biaya minimum.
10	Caiming Zhong, Mikko Malinen, Duoqian Miao, Pasi Franti (2014) [18]	Judul : <i>A Fast Minimum Spanning Tree Algorithm Based on K – means</i> Metode : Kuantitatif. Hasil : Algoritma FMST berbasis K – means menghasilkan <i>Minimum Spanning Tree</i> yang lebih cepat dengan kompleksitas $O(N^{1.5})$ dan tetap memiliki akurasi mendekati MST sebenarnya.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pada penerapan kasus dan algoritma yang digunakan, pada penelitian sebelumnya penerapan kasus yang digunakan menggunakan 1 titik awal, sedangkan pada penelitian ini

menguunakan 2 titik awal. Oleh karena itu, peneliti mengembangkan algoritma Prim menjadi algoritma Prim orde 2 untuk mendapatkan solusi dari kasus pendistribusian dengan 2 titik awal. Khusus untuk penelitian Caiming Zhong dkk perbedaanya terletak pada hasil *Minimum Spanning Tree*, pada penelitian tersebut menghasilkan 1 *Minimum Spanning Tree* sedangkan penelitian ini menghasilkan 2 *Minimum Spanning Tree*.



Gambar 1. *Mind Map*

B. Landasan Teori

1. Teori Dasar Graf

Menurut Chartrand [19] terkait dengan definisi dari beberapa dasar graf, seperti definisi graf, $u - v$ walk, $u - v$ trail, $u - v$ path, cycle, adjacent, incident, dan graf terhubung.

Definisi 2.1 Graf G adalah himpunan tak kosong berhingga $V(G)$ disertai dengan relasi yang *irreflexive* dan *symmetric* R pada V . Dalam graf G , $V(G)$ adalah himpunan *vertex* dan banyaknya *vertex* dalam G dinotasikan orde G atau $|V(G)|$, sedangkan setiap elemen $E(G)$ adalah himpunan *edge* dan banyaknya *edge* dalam G disebut *size* G . Selain itu, graf G didefinisikan pula sebagai himpunan tak kosong V dari objek – objek yang disebut *vertex* bersama dengan himpunan mungkin kosong E dari dua elemen pada V yang disebut *edge*. Graf G dengan himpunan *vertex* V dan himpunan *edge* E biasanya dinotasikan sebagai $G = (V, E)$.

Definisi 2.2 *Vertex* u dan *vertex* v dikatakan *adjacent* di graf G jika $uv \in E(G)$. Apabila suatu *vertex* u *incident* dengan *edge* e dan *vertex* v *incident* dengan *edge* e , jika $e = uv \in E(G)$, maka u dan v adalah *incident* dengan e .

Definisi 2.3 suatu $u - v$ walk pada suatu graf G adalah barisan bergantian dari vertex dan edge G , dimulai dari vertex u dan diakhiri dengan vertex v , dengan setiap edge menghubungkan vertex terhadap barisan tersebut. Suatu $u - v$ trail pada suatu graf adalah lintasan $u - v$ walk yang tidak mengulang edge manapun, sedangkan suatu $u - v$ path adalah lintasan $u - v$ walk yang tidak mengulang vertex manapun.

Definisi 2.4 Graf dikatakan terhubung jika untuk sembarang dua vertex dalam graf G terdapat suatu path yang menghubungkan dua vertex tersebut. Apabila tidak terjadi hal tersebut, maka graf tersebut tidak terhubung.

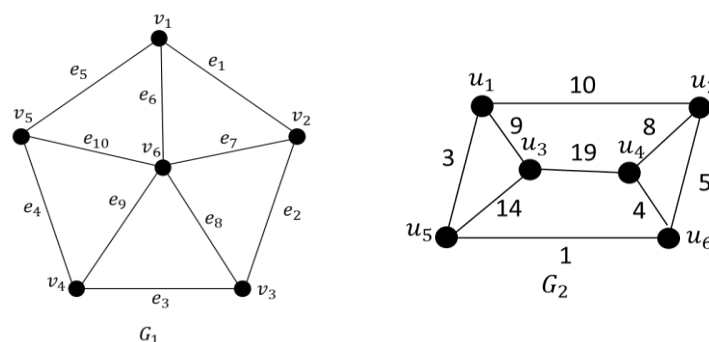
Definisi 2.5 Circuit adalah $u - v$ trail dengan $u = v$ yang mengandung setidaknya tiga edge, dengan kata lain sebuah circuit harus berakhir pada vertex yang sama dengan vertex awal. Sedangkan cycle, yaitu sebuah circuit yang tidak mengulangi setiap vertex (kecuali vertex pertama dan vertex yang terakhir).

Definisi 2.6 Suatu graf G dikatakan berbobot apabila setiap edge-nya diberikan sebuah bobot (nilai).

Definisi 2.7 Jarak $d(u,v)$ dari u ke v adalah panjang $u - v$ path terpendek.

Definisi 2.8 Kardinalitas $|G|$ adalah banyaknya vertex pada graf G .

Berikut ini diberikan contoh graf dari definisi di atas :



Gambar 2. Graf G_1 dan G_2

Gambar 2 graf G_1 merupakan contoh graf terhubung dengan $|V(G)| = 6$ dan $|E(G)| = 10$. Dari graf G_1 didapatkan bahwasannya v_1 adjacent dengan v_2 dan v_5 , e_1 incident dengan vertex v_1 dan v_2 . Contoh $u - v$ walk adalah $v_1, e_1, v_2, e_2, v_3, e_3, v_4$.

Contoh dari $u - v$ trail $v_1, e_1, v_2, e_7, v_6, e_6, v_1$. Contoh dari $u - v$ path adalah $v_1, e_1, v_2, e_7, v_6, e_6, v_1$. Contoh dari circuit $v_1, e_1, v_2, e_2, v_3, e_8, v_6$. Sedangkan pada graf G_2 merupakan contoh dari graf berbobot atau setiap edgenya mempunyai nilai. Contoh dari jarak, misalkan dari $u_1 \rightarrow u_2$ adalah 10.

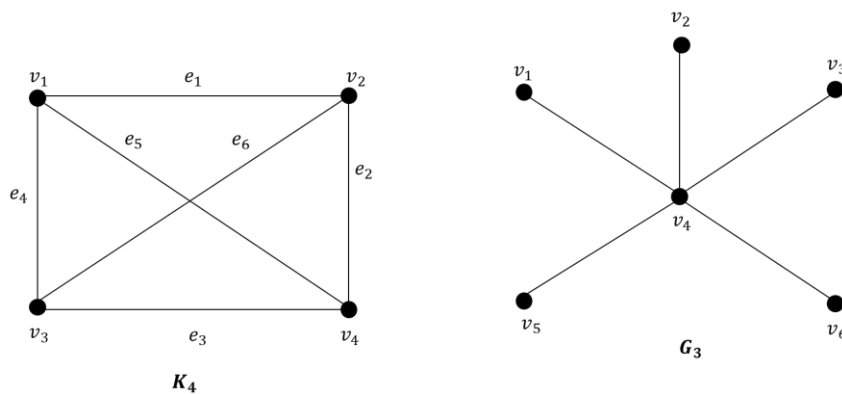
2. Jenis – Jenis Graf

Berikut dijelaskan definisi dari graf lengkap dan graf *tree* menurut G. Chartand, L. Lesniak, dan P. Zhang [3] :

Definisi 2.9 Graf lengkap adalah graf sederhana yang setiap *vertex* mempunyai *edge* ke semua *vertex* lainnya. Notasi dari graf lengkap dengan n buah *vertex* adalah K_n .

Definisi 2.10 Graf *tree* adalah graf terhubung sederhana yang tidak mengandung *circuit*.

Berikut ini merupakan contoh graf lengkap dan graf *tree* :



Gambar 3. Graf Lengkap K_4 dan Graf Pohon G_3

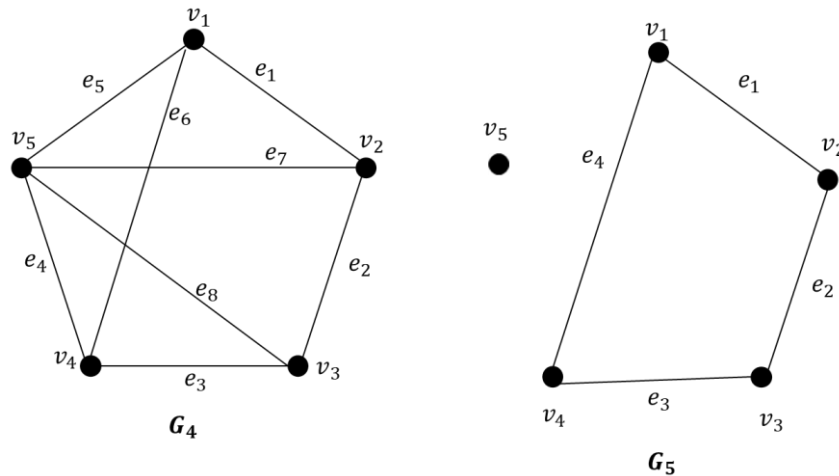
Gambar 3 graf K_4 merupakan contoh dari graf lengkap dengan 4 Vertex, sedangkan graf G_3 adalah contoh dari graf *tree*.

3. Pohon Rentang Minimum (*Minimum Spanning Tree*)

Berikut dijelaskan definisi dari subgraf, graf *tree*, *spanning tree* dan *minimum spanning tree* menurut G. Chartand, L. Lesniak, dan P. Zhang [3] :

Definisi 2.11 Sebuah graf H disebut subgraf dari 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 .

Berdasarkan definisi 2.11, berikut diberikan contoh graf yang memenuhi definisi tersebut :

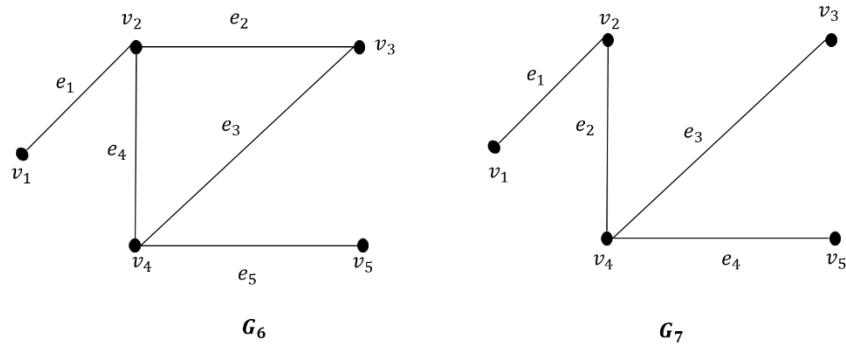


Gambar 4. Graf G_4 dan G_5

Gambar 4 graf G_5 merupakan *Spanning Subgraph* dari G_4 karena $V(H) \subseteq V(G)$.

Definisi 2.12 Sebuah *Spanning Tree* dari graf G adalah *spanning subgraph* dari G yang berupa graf *tree*.

Berdasarkan definisi dari *spanning tree*, berikut ini diberikan contoh graf yang memenuhi definisi tersebut :

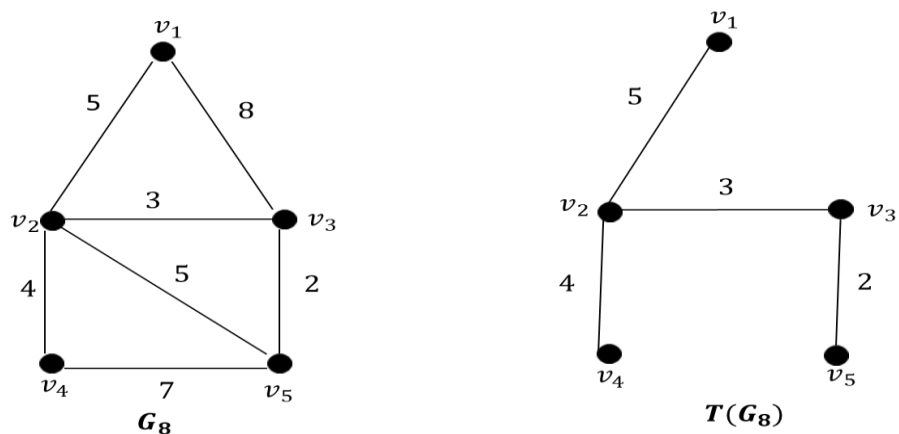


Gambar 5. Graf G_6 dan G_7

Gambar 5 graf G_7 merupakan *spanning tree* dari graf G_6 .

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

Berdasarkan definisi 2.13, berikut diberikan contoh *Minimum Spanning Tree* :



Gambar 6. Graf G_8 dan Graf Pohon $T(G_8)$

Gambar 6 Graf $T(G_8)$ merupakan contoh graf *Minimum Spanning Tree* dari graf G_8 .

4. Algoritma Prim

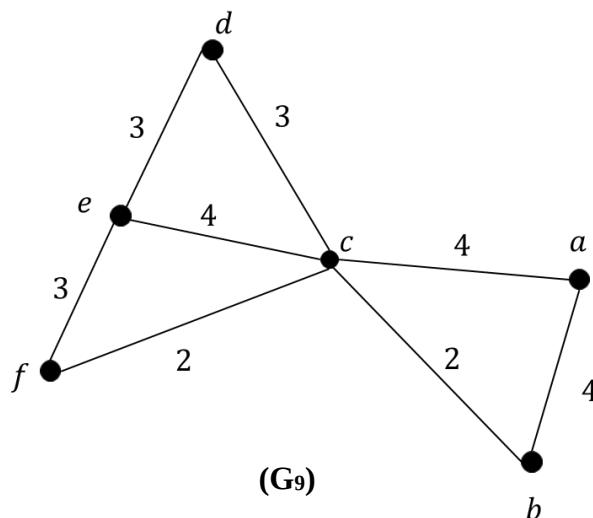
Menurut Chartand [3], graf terhubung berbobot G yang berorde n *Minimum Spanning Tree* T dikonstruksi sebagai berikut. Diambil sembarang *vertex* u dalam graf G , pilih *edge* dengan bobot minimum yang berhubungan dengan *vertex* u

(e_1 dari graf T), untuk *edge* selanjutnya ($e_2, e_3, \dots, e_{n-1}$) dipilih *edge* dengan bobot – bobot minimum tepat satu dari *vertex* yang sudah dipilih.

Proses algoritma prim adalah sebagai berikut :

1. Pilih *vertex* awal $V(G)=V(T(G))$.
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 $V(T(G))$ dan *incident* dengan e_1 .
3. Ulangi langkah b(i) dan b(ii) hingga diperoleh $E(T(G)) = n-1$.

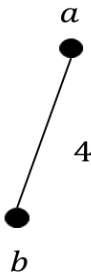
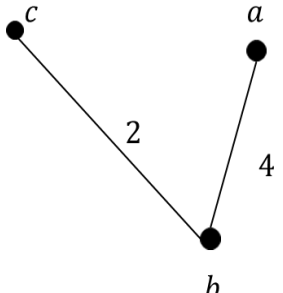
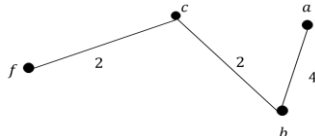
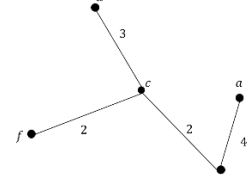
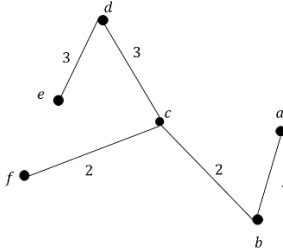
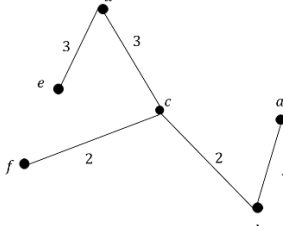
Berikut merupakan contoh graf dengan algoritma Prim :



Gambar 7. Graf G_9

Berikut ini penyelesaian *Minimum Spanning Tree* menggunakan algoritma Prim disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Iterasi Algoritma Prim

Iterasi	Vertex	Bobot	Graf
0	a	-	
1	T{a}	0	
	a - b	4	
	a - c	4	
Dipilih	a - b	4	
2	T : {a,b}	0+4=4	
	a - c	4	
	b - c	2	
Dipilih	b - c	2	
3	T : {a, b, c}	4+2=6	
	c - d	3	
	c - e	4	
	c - f	2	
Dipilih	c - f	2	
4	T : {a, b, c, f}	4+2+2=8	
	c - d	3	
	c - e	4	
	f - e	3	
Dipilih	c - d	3	
5	T : {a, b, c, f, d}	4+2+2+3=11	
	c - e	4	
	f - e	3	
	d - e	3	
Dipilih	d - e	3	
6	T : {a, b, c, f, d, e}	4+2+2+3+3=14	

BAB III METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu

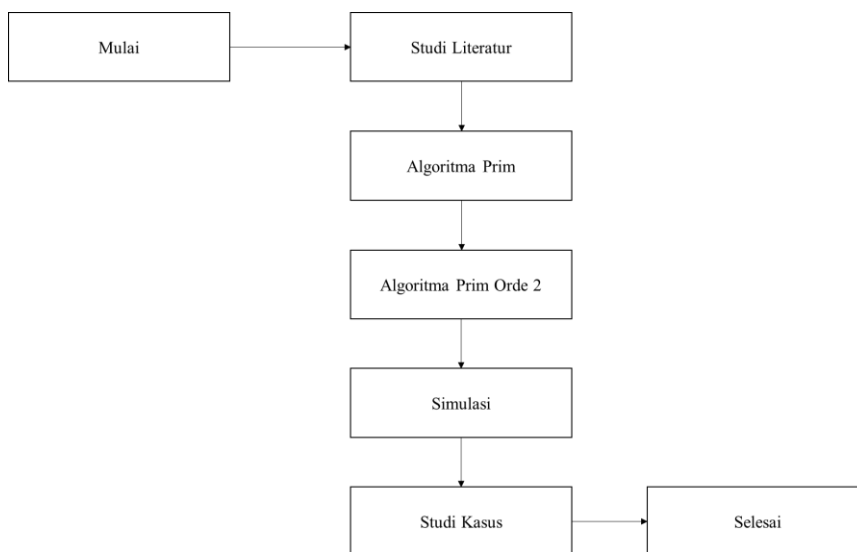
Penelitian ini dimulai pada bulan Februari 2026 hingga September 2026

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) yang berada di Kecamatan Rawalo.

B. Prosedur Penelitian

Berikut prosedur pada penelitian ini disajikan pada Gambar 8 :



Gambar 8. *Flowchart* Penelitian

Gambar 8 menunjukkan prosedur yang digunakan pada penelitian ini.

Berikut prosedur yang dilakukan pada penelitian algoritma prim orde 2 untuk menentukan 2 *subgraph minimum spanning tree*.

1. Studi Literatur

Studi Literatur atau *Literature Review* adalah metode penelitian atau pengumpulan materi sebagai teori dasar pada penelitian ini. Studi literatur dapat dilakukan dengan mencari sumber – sumber terkait dari jurnal, buku, atau artikel, dan sejenisnya sesuai dengan teori yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian.

2. Algoritma Prim

Proses algoritma prim adalah sebagai berikut :

- a. Pilih *vertex* awal $V(G)=V(T(G))$.
- b. (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 $V(T(G))$ dan *incident* dengan e_1 .
- c. Ulangi langkah b(i) dan b(ii) hingga diperoleh $E(T(G)) = n-1$.

3. Algoritma Prim Orde 2

Proses algoritma prim orde 2 adalah sebagai berikut :

- a. Pilih dua *vertex* awal $V(G)=V(T_1(G))$ dan $V(G)=V(T_2(G))$.
- b. (i) Pilih *edge* yang *incident* dengan $V(T_1(G))$ dan $V(T_2(G))$ yang memiliki bobot terkecil, misalkan u_1e_1 dan u_2e_1 yang tidak menimbulkan *cycle*, jika menimbulkan *cycle* maka pilih *edge* yang *incident* dengan bobot terkecil ke – 2.
(ii) Pilih *vertex* yang *adjacent* dengan $V(T_1(G))$ dan $V(T_2(G))$ dan *incident* dengan u_1e_1 dan u_2e_1 .
(iii) u_1e_1 dan u_2e_1 tidak saling *adjacent*, jika u_1e_1 dan u_2e_1 saling *adjacent* dipilih yang minimum diantara keduanya, untuk yang lainnya dipilih *edge* dengan bobot minimum kedua yang berhubungan dengan *vertex* yang sudah dipilih.
- c. Ulangi langkah b(i), b(ii), dan b(iii) hingga diperoleh $E(T_1(G)) + E(T_2(G)) = n-2$.

4. Simulasi

Pada tahap ini peneliti menerapkan algoritma yang sudah dirancang dengan contoh kasus yang telah ditentukan.

5. Studi kasus

Studi kasus merupakan suatu metode penelitian kualitatif yang melibatkan analisis lebih dalam, rinci, dan mendetail terhadap suatu fenomena, individu, kelompok, organisasi atau peristiwa dalam konteks kehidupan nyata.

C. Jadwal Penelitian

Tabel 3. Jadwal Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan ke -					
		3	4	5	6	7	8
1	Tahap Persiapan						
	a. Studi Literatur						
	b. Perancangan model						
	c. Seminar Proposal						
2	Tahap Penelitian						
	a. Penulisan Skripsi						
3	Tahap Akhir						
	a. Sidang Skripsi						
	b. Publikasi Ilmiah						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ide Dasar

Ide ini didasari dari hasil observasi pada pendistribusian Makan Bergizi Gratis (MBG) yang dilakukan Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Rawalo 3 dan Menganti pada tanggal 19 Januari 2026. Berikut hasil observasinya:

Tabel 4. Hasil Observasi

NAMA	VERTEX	TITIK KOORDINAT
SPPG RAWALO 3	a ₁	-7.537354,109.1718914
MI MAARIF NU PESAWAHAN	d	-7.5216664,109.1643888
MTS MIDA	c	-7.52145,109.164442
MA MIDA	b	-7.5212027,109.1641818
SMK MIDA	e	-7.524734,109.1679105
SMK TEKOM	f	-7.527042,109.1661577
SMP ISLAM AL FALAH	h	-7.5371404,109.165514
MA AL FALAH	i	-7.5378716,109.1651624
SMA PESANTREN EL MADANI	l	-7.5485105,109.1622403
MTS PESANTREN EL MADANI	m	-7.5485105,109.1622403
SPPG MENGANTI	a ₂	-7.537354,109.1706013
SD NEGERI MENGANTI	k	-7.5470529,109.1540538
SD NEGERI 1 LOSARI	n	-7.557559,109.1516355
SD NEGERI 2 LOSARI	o	-7.5598743,109.1558892
SD NEGERI LOCONDONG	p	-7.5714522,109.1572264
MI MUHAMMADIYAH LOSARI	t	-7.5719346,109.1402579
MTS NU AL MUJAHIDIN	q	-7.5729816,109.1566194
MA NU AL MUJAHIDIN	r	-7.5728556,109.1563559
SMP NEGERI 1 RAWALO	j	-7.5407401,109.1543367
SMA NEGERI RAWALO	g	-7.5288137,109.1640387

Pada Tabel 4 adalah tabel hasil observasi peneliti pada SPPG Rawalo 3 dan Menganti, observasi ini berfokus pada pendistribusian MBG untuk SD/MI sampai SMA/ sederajat .

Dari tabel tersebut terdapat temuan sekolah SMA NEGERI 1 RAWALO yang secara jarak lebih dekat dengan SPPG RAWALO 3 dengan jarak 1,82 Km, namun justru didistribusikan oleh SPPG MENGANTI dengan jarak 3,95 Km yang memiliki jarak lebih jauh. Berdasarkan hasil tersebut SPPG kurang mempertimbangkan jarak sebagai faktor dalam pemilihan sekolah. Hal ini berdampak pada bertambahnya panjang rute pendistribusian.

Permasalahan tersebut dapat dimodelkan dalam graf berbobot, dengan *vertex* (titik) mempresentasikan SPPG, persimpangan, dan sekolah, sedangkan *edge* (garis) mempresentasikan jalan. Dalam konteks ini, diperlukan suatu metode yang mampu menghasilkan struktur jaringan dengan panjang rute terpendek.

Algoritma *Minimum Spanning Tree* (MST), khususnya algoritma Prim, merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk membentuk jaringan distribusi dengan total bobot minimum. Namun, algoritma Prim hanya menggunakan satu *vertex* awal dalam proses pembentukan *minimum spanning tree*, sehingga hasil yang diperoleh bergantung pada titik awal yang dipilih dan belum tentu merepresentasikan kondisi distribusi yang melibatkan lebih dari satu pusat layanan.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan suatu pendekatan yang disebut sebagai algoritma prim orde 2, yaitu pengembangan dari algoritma prim dengan menggunakan dua *vertex* awal secara simultan. Pendekatan ini diharapkan dapat merepresentasikan kondisi nyata dengan terdapat lebih dari satu pusat distribusi (SPPG), sehingga proses pembentukan jaringan distribusi menjadi lebih fleksibel dan berpotensi menghasilkan solusi yang lebih efisien.

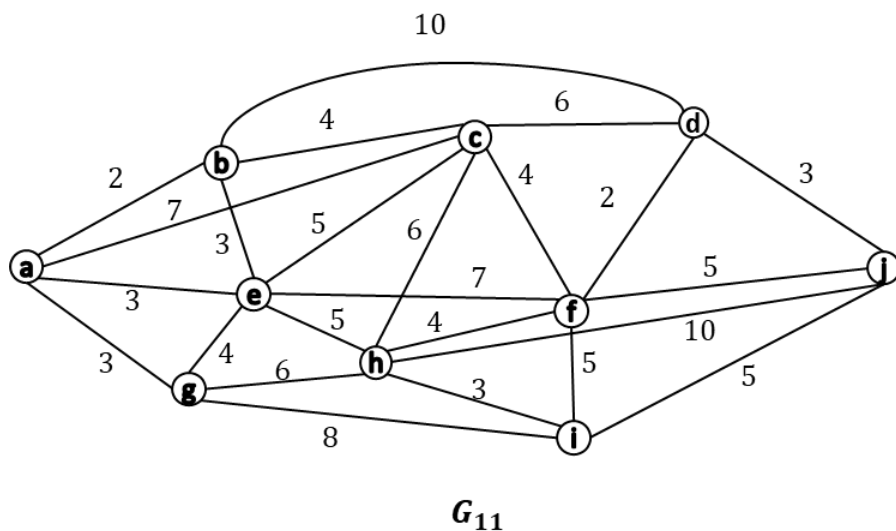
Dengan demikian, pengembangan algoritma Prim orde 2 diharapkan mampu memberikan alternatif solusi dalam menentukan jaringan distribusi yang optimal pada program MBG, Khususnya dalam meningkatkan efisiensi penentuan sekolah tujuan oleh masing – masing SPPG.

B. Algoritma Prim orde 2

Untuk graf berbobot G yang berorde $n \geq 2$ *subgraph minimum spanning tree* T_1 & T_2 dikonstruksikan sebagai berikut. Diambil 2 sembarang *vertex* u_1 dan u_2 dalam graf G , pilih *edge* dengan bobot minimum yang berhubungan dengan *vertex* u_1 (u_1e_1 dari graf T), pilih *edge* dengan bobot minimum yang berhubungan dengan *vertex* u_2 (u_2e_1 dari graf T), (u_1e_1 dan u_2e_1 tidak saling *adjacent*). Jika u_1e_1 dan u_2e_1 saling *adjacent* dipilih yang minimum diantara keduanya, untuk yang lainnya dipilih *edge* dengan bobot minimum kedua yang berhubungan dengan *vertex* yang sudah dipilih. Misal u_1e_1 dan u_2e_1 *adjacent* dengan bobot u_1e_1 kurang dari bobot u_2e_1 maka untuk u_2e_1 dipilih *edge* dengan bobot minimum kedua yang terhubung dengan u_2 , untuk *edge* selanjutnya ($u_1e_2, u_1e_3, \dots, u_1e_p$) dan ($u_2e_2, u_2e_3, \dots, u_2e_q$) untuk $p, q \leq (n-1)/2$ dan $p+q = n-2$, dipilih *edge* dengan bobot – bobot minimum tepat satu dari *vertex* yang dipilih”.

C. Simulasi

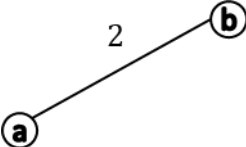
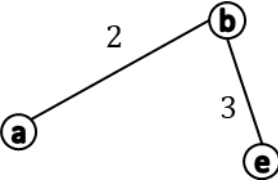
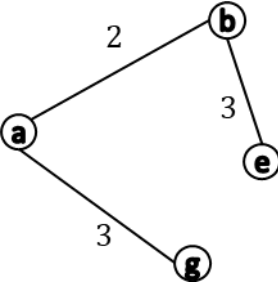
Berikut ini contoh kasus dalam implementasi algoritma Prim orde 2 untuk menentukan 2 *subgraph minimum spanning tree*.



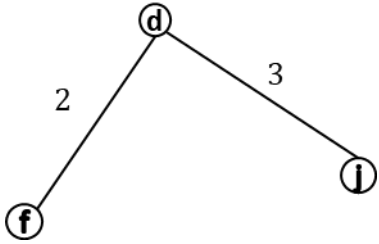
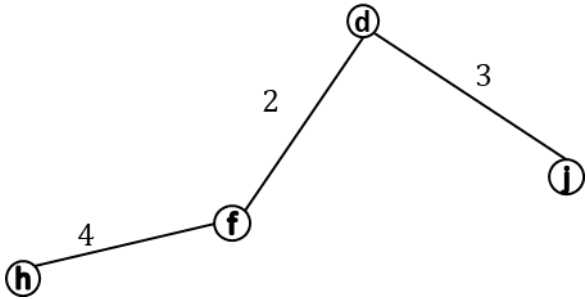
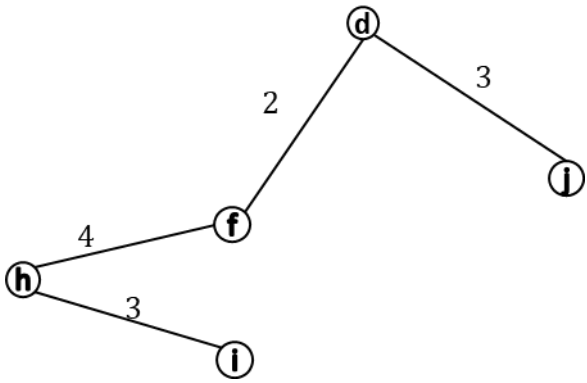
Gambar 9. Graf G_{11} Data Simulasi

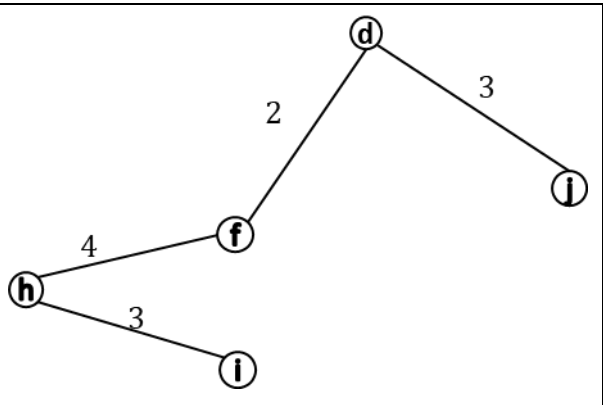
Gambar 9 graf tersebut adalah data simulasi. Dipilih 2 *vertex* awal yaitu pada *vertex* a dan j, dari kedua *vertex* awal tersebut, proses pencarian *edge* dengan bobot minimum dilakukan secara simultan melalui dua proses iterasi pada graf berbobot yang sama.

Tabel 5. Iterasi Algoritma Prim Orde 2 pada Data Simulasi

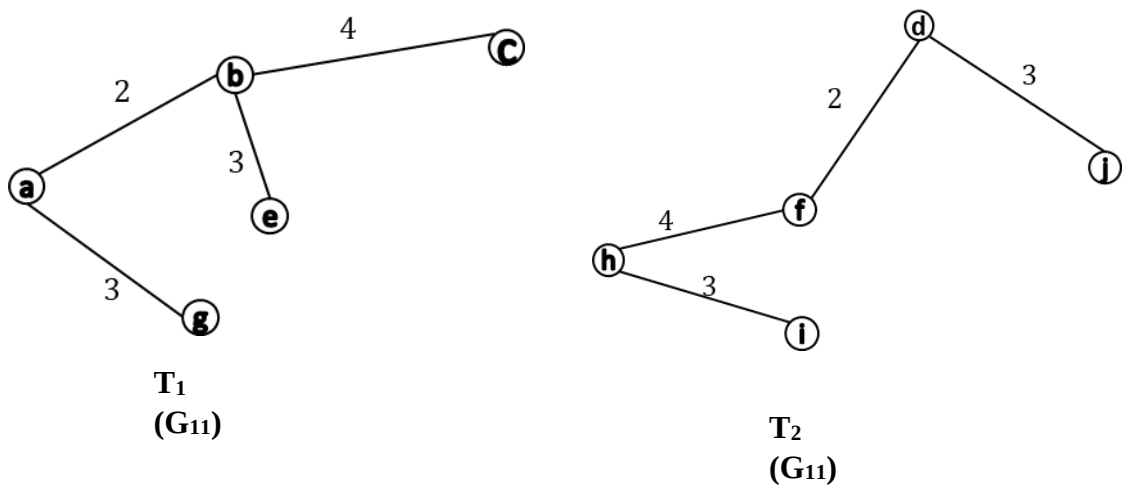
Iterasi	Vertex	Bobot	Graf
Dimulai dari <i>Vertex</i> a			
0	a	-	
1	T:{a}		
	a – b	2	
	a – c	7	
	a – e	3	
	a – g	3	
Dipilih	a – b	2	
2	T : { a, b }	2	
	a – c	7	
	a – e	3	
	a – g	3	
	b – c	4	
	b – d	10	
	b – e	3	
Dipilih	b – e	3	
3	T : { a, b, e }	2 + 3 = 5	
	a – c	7	
	a – e	3	
	a – g	3	
	b – c	4	
	b – d	10	
	e – c	5	
	e – f	7	

	e – g	4	
	e – h	5	
Dipilih	a – g	3	
4	T : { a, b, e, g }	$2 + 3 + 3 = 8$	
	a – c	7	
	a – e	3	
	b – c	4	
	b – d	10	
	e – c	5	
	e – f	7	
	e – g	4	
	e – h	5	
	g – e	4	
	g – h	6	
	g – i	8	
Dipilih	b – c	4	
5	T : { a, b, e, g, c }	$2 + 3 + 3 + 4 = 12$	
Iterasi	Vertex	Bobot	Graf
Dimulai dari Vertex j			
0	j	-	
1	T : { j }		
	j – d	3	
	j – f	5	
	j – h	10	
	j – i	5	
Dipilih	j – d	3	

2	$T : \{j, d\}$	3	
	$j - f$	5	
	$j - h$	10	
	$j - i$	5	
	$d - b$	10	
	$d - c$	6	
	$d - f$	2	
Dipilih	$d - f$	2	
3	$T : \{j, d, f\}$	$3 + 2 = 5$	
	$j - f$	5	
	$j - h$	10	
	$j - i$	5	
	$d - b$	10	
	$d - c$	6	
	$f - c$	4	
4	$f - h$	4	
	$f - i$	5	
	Dipilih	$f - h$	4
	$T : \{j, d, f, h\}$	$3 + 2 + 4 = 9$	
	$j - f$	5	
	$j - h$	10	
	$j - i$	5	
	$d - b$	10	
	$d - c$	6	
	$f - c$	4	
4	$h - c$	6	
	$h - e$	5	
	$h - g$	6	
	$h - i$	3	
	Dipilih	$h - i$	3

5	$T : \{ j, d, f, h \}$	$3 + 2 + 4 + 3 = 12$	
---	------------------------	----------------------	--

Dari proses iterasi yang dilakukan secara simultan di atas diperoleh 2 *subgraph minimum spanning tree* sebagai berikut.



Gambar 10. Graf Hasil Iterasi Algoritma Prim
Orde 2

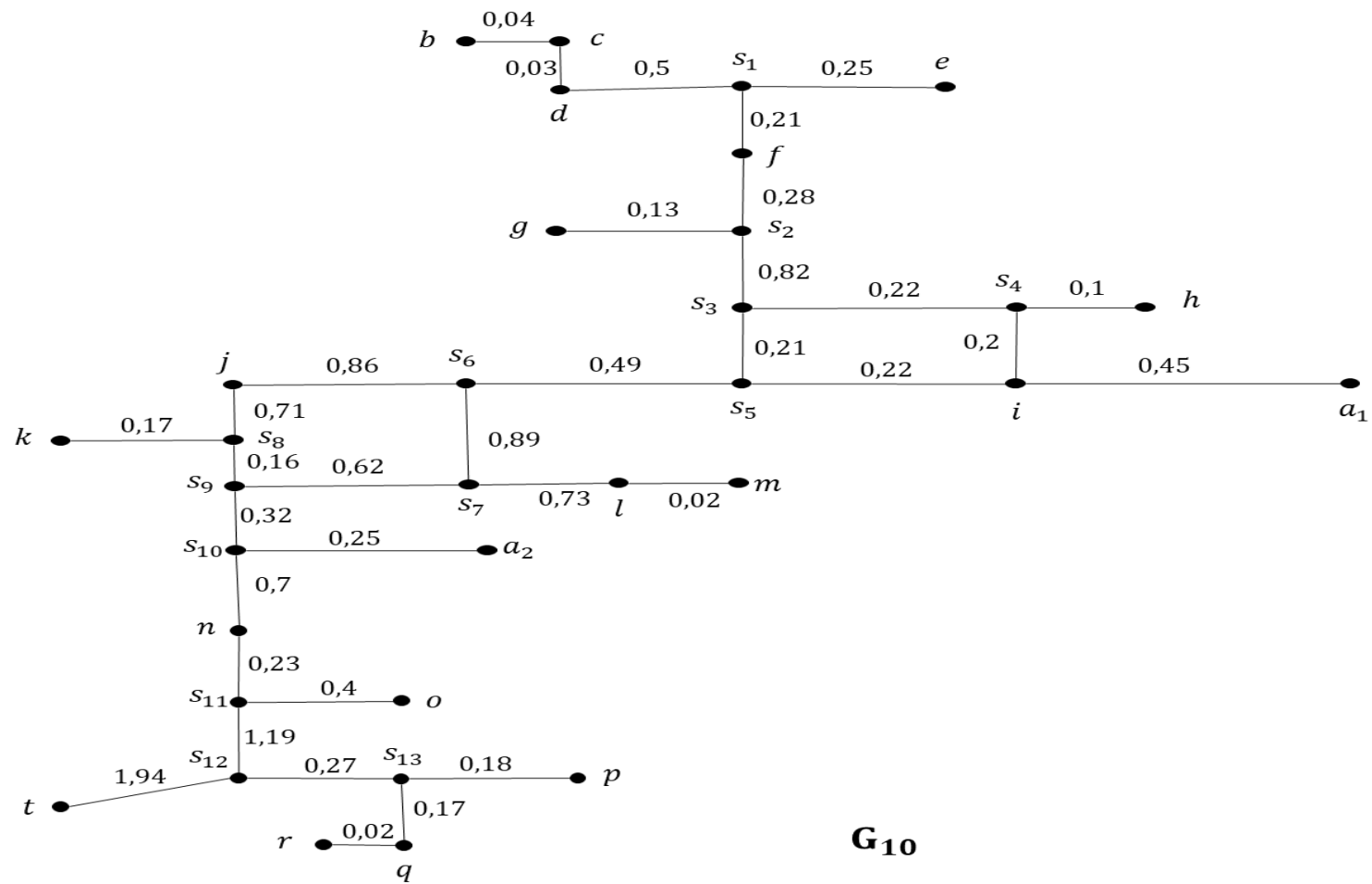
D. Studi Kasus

Studi kasus ini menggunakan data yang sudah diperoleh peneliti pada saat observasi ke Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) yang ada di Kecamatan Rawalo.

Berikut diberikan tabel data sebelum dilakukan algoritma Prim orde 2 yang diperoleh dari hasil observasi.

Tabel 6. Daftar Pendistribusian Semula

NO	Nama SPPG	Distribusi
1	RAWALO 3	b
		c
		d
		e
		f
		h
		i
		l
		m
2	MENGANTI	g
		j
		k
		n
		o
		p
		q
		r
		t



Gambar 11. Graf **G₁₀** Route Distribusi MBG dari 2 SPPG (dalam km)

Gambar 11 graf tersebut adalah data hasil observasi. Dipilih 2 *vertex* awal yaitu pada *vertex* a_1 dan a_2 , dari kedua *vertex* awal tersebut, proses pencarian *edge* dengan bobot minimum dilakukan secara simultan melalui dua proses iterasi pada graf berbobot yang sama. Diberikan keterangan sebagai berikut agar mempermudah memahami graf pada Gambar 11.

Keterangan Gambar 11 :

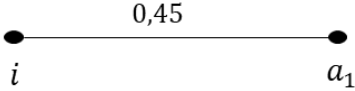
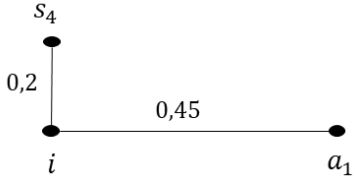
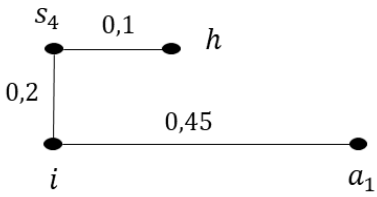
(b, c, d, ..., r, t) = Sekolah yang didistribusikan MBG

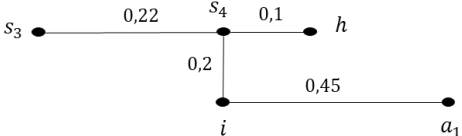
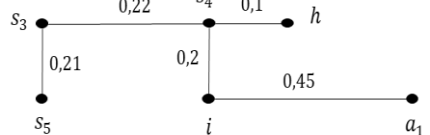
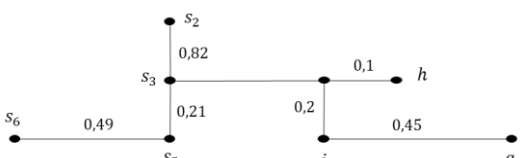
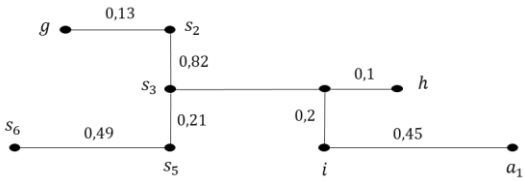
($s_1, s_2, \dots, s_{13}$) = Persimpangan

a_1 = SPPG Rawalo 3

a_2 = SPPG Menganti

Tabel 7. Iterasi Algoritma Prim Orde 2 pada Data Riil

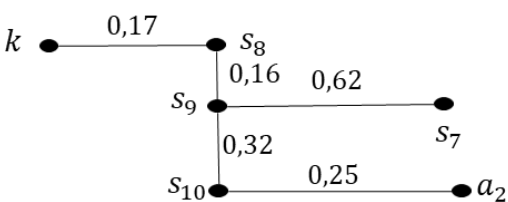
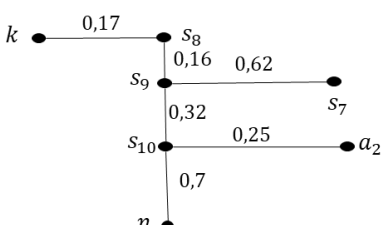
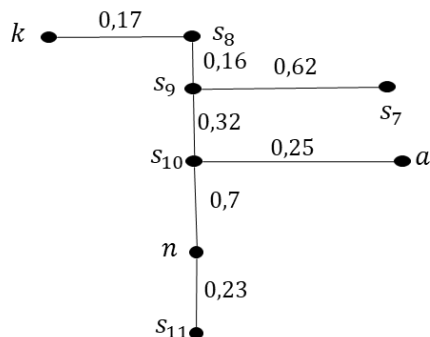
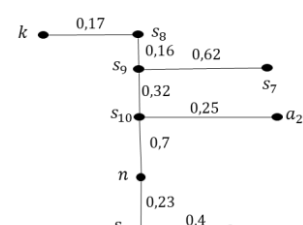
Iterasi	Vertex	Bobot	Graf
Dimulai dari <i>Vertex</i> a_1			
0	a_1	-	
1	$T : \{a_1\}$		
	$a_1 - i$	0,45	
Dipilih	$a_1 - i$	0,45	
2	$T : \{a_1, i\}$	0,45	
	$i - s_4$	0,2	
	$i - s_5$	0,22	
Dipilih	$i - s_4$	0,2	
3	$T : \{a_1, i, s_4\}$	$0,45 + 0,2 = 0,65$	
	$i - s_5$	0,22	
	$s_4 - h$	0,1	
	$s_4 - s_3$	0,22	
Dipilih	$s_4 - h$	0,1	
4	$T : \{a_1, i, s_4, h\}$	$0,45 + 0,2 +$	

		0,1 = 0,75	
	i - s ₅	0,22	
	s ₄ - s ₃	0,22	
Dipilih	s ₄ - s ₃	0,22	
5	T : {a ₁ , i, s ₄ , h, s ₃ }	0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 = 0,97	
	i - s ₅	0,22	
	s ₃ - s ₅	0,21	
	s ₃ - s ₂	0,82	
Dipilih	s ₃ - s ₅	0,21	
6	T : {a ₁ , i, s ₄ , h, s ₃ , s ₅ }	0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 + 0,21 = 1,18	
	i - s ₅	0,22	
	s ₃ - s ₂	0,82	
	s ₅ - s ₆	0,49	
Dipilih	s ₅ - s ₆	0,49	
7	T : {a ₁ , i, s ₄ , h, s ₃ , s ₅ , s ₆ }	0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 + 0,21 + 0,49 = 1,67	
	i - s ₅	0,22	
	s ₃ - s ₂	0,82	
	s ₆ - j	0,86	
Dipilih	s ₃ - s ₂	0,82	
8	T : {a ₁ , i, s ₄ , h, s ₃ , s ₅ , s ₆ , s ₂ }	0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 + 0,21 + 0,49 + 0,82 = 2,49	
	i - s ₅	0,22	
	s ₆ - j	0,86	
	s ₆ - s ₇	0,89	

	$s_2 - g$	0,13	
	$s_2 - f$	0,28	
Dipilih	$s_2 - g$	0,13	
9	$T : \{a_1, i, s_4, h, s_3, s_5, s_6, s_2, g\}$	$0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 + 0,21 + 0,49 + 0,82 + 0,13 = 2,62$	
	$i - s_5$	0,22	
	$s_6 - j$	0,86	
	$s_6 - s_7$	0,89	
	$s_2 - f$	0,28	
Dipilih	$s_2 - f$	0,28	
10	$T : \{a_1, i, s_4, h, s_3, s_5, s_6, s_2, g, f\}$	$0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 + 0,21 + 0,49 + 0,82 + 0,13 + 0,28 = 2,9$	
	$i - s_5$	0,22	
	$s_6 - j$	0,86	
	$s_6 - s_7$	0,89	
	$f - s_1$	0,21	
Dipilih	$f - s_1$	0,21	
11	$T : \{a_1, i, s_4, h, s_3, s_5, s_6, s_2, g, f, s_1\}$	$0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 + 0,21 + 0,49 + 0,82 + 0,13 + 0,28 + 0,21 = 3,11$	
	$i - s_5$	0,22	
	$s_6 - j$	0,86	
	$s_6 - s_7$	0,89	
	$s_1 - e$	0,25	

	$s_1 - d$	0,5	
Dipilih	$s_1 - e$	0,25	
12	$T : \{a_1, i, s_4, h, s_3, s_5, s_6, s_2, g, f, s_1, e\}$	$0,45 +$ $0,2 +$ $0,1 +$ $0,22 +$ $0,21 +$ $0,49 +$ $0,82 +$ $0,13 +$ $0,28 +$ $0,21 +$ $0,25 =$ $3,36$	
	$i - s_5$	0,22	
	$s_6 - j$	0,86	
	$s_6 - s_7$	0,89	
	$s_1 - d$	0,5	
Dipilih	$s_1 - d$	0,5	
13	$T : \{a_1, i, s_4, h, s_3, s_5, s_6, s_2, g, f, s_1, e, d\}$	$0,45 +$ $0,2 +$ $0,1 +$ $0,22 +$ $0,21 +$ $0,49 +$ $0,82 +$ $0,13 +$ $0,28 +$ $0,21 +$ $0,25 +$ $0,5 =$ $3,86$	
	$i - s_5$	0,22	
	$s_6 - j$	0,86	
	$s_6 - s_7$	0,89	
	$d - c$	0,03	
Dipilih	$d - c$	0,03	
14	$T : \{a_1, i, s_4, h, s_3, s_5, s_6, s_2, g, f, s_1, e, d, c\}$	$0,45 +$ $0,2 +$ $0,1 +$ $0,22 +$ $0,21 +$ $0,49 +$ $0,82 +$ $0,13 +$ $0,28 +$ $0,21 +$ $0,25 +$	

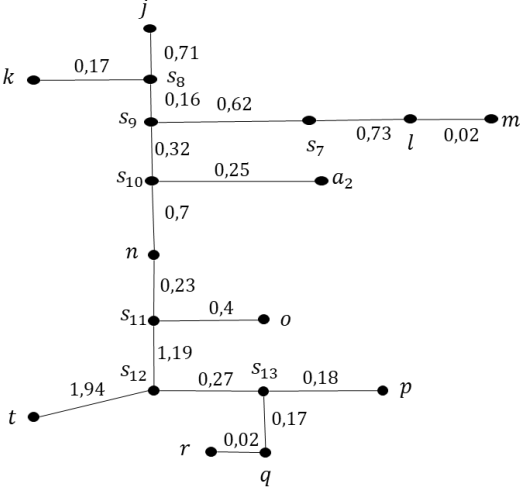
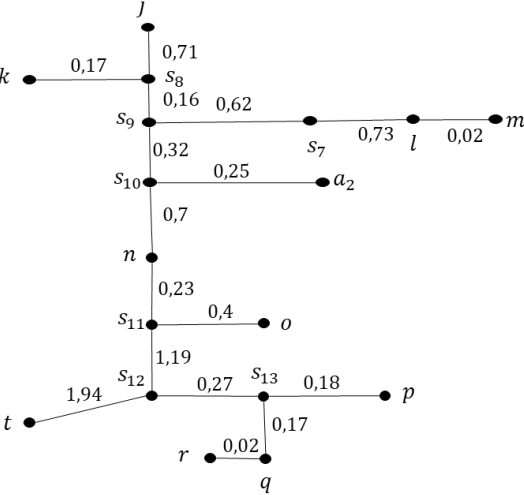
		$0,5 + 0,03 = 3,89$	
	$i - s_5$	0,22	
	$s_6 - j$	0,86	
	$s_6 - s_7$	0,89	
	$c - b$	0,04	
Dipilih	$c - b$	0,04	
15	$T : \{a_1, i, s_4, h, s_3, s_5, s_6, s_2, g, f, s_1, e, d, c, b\}$	$0,45 + 0,2 + 0,1 + 0,22 + 0,21 + 0,49 + 0,82 + 0,13 + 0,28 + 0,21 + 0,25 + 0,5 + 0,03 + 0,04 = 3,93$	
Iterasi	Vertex	Bobot	Graf
Dimulai dari Vertex a_2			
0	a_2	-	
1	$T : \{a_2\}$ $a_2 - s_{10}$	0,25	
Dipilih	$a_2 - s_{10}$	0,25	
2	$T : \{a_2, s_{10}\}$ $s_{10} - s_9$ $s_{10} - n$	0,25 0,32 0,7	
Dipilih	$s_{10} - s_9$	0,32	
3	$T : \{a_2, s_{10}, s_9\}$ $s_{10} - n$ $s_9 - s_8$ $s_9 - s_7$	$0,25 + 0,32 = 0,57$ 0,7 0,16 0,62	
Dipilih	$s_9 - s_8$	0,16	
4	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8\}$ $s_{10} - n$ $s_9 - s_7$	$0,25 + 0,32 + 0,16 = 0,73$ 0,7 0,62	

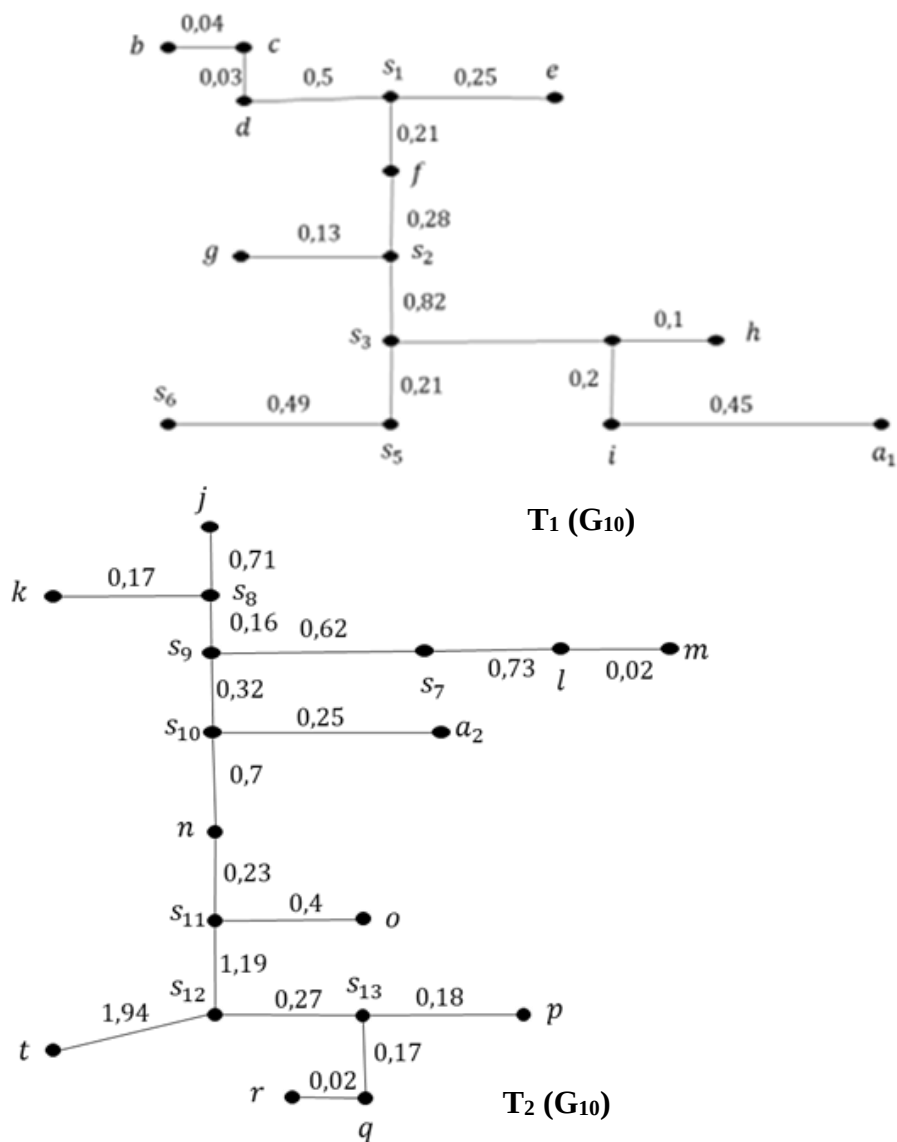
	$s_8 - j$	0,71	
	$s_8 - k$	0,17	
Dipilih	$s_8 - k$	0,17	
5	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k\}$	$0,25 + 0,32 + 0,16 + 0,17 = 0,9$	
	$s_{10} - n$	0,7	
	$s_9 - s_7$	0,62	
	$s_8 - j$	0,71	
Dipilih	$s_9 - s_7$	0,62	
6	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7\}$	$0,25 + 0,32 + 0,16 + 0,17 + 0,62 = 1,52$	
	$s_{10} - n$	0,7	
	$s_8 - j$	0,71	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$s_7 - l$	0,73	
Dipilih	$s_{10} - n$	0,7	
7	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n\}$	$0,25 + 0,32 + 0,16 + 0,17 + 0,62 + 0,7 = 2,22$	
	$s_8 - j$	0,71	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$s_7 - l$	0,73	
	$n - s_{11}$	0,23	
Dipilih	$n - s_{11}$	0,23	
8	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}\}$	$0,25 + 0,32 + 0,16 + 0,17 + 0,62 + 0,7 + 0,23 = 2,45$	
	$s_8 - j$	0,71	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$s_7 - l$	0,73	
	$s_{11} - o$	0,4	

	$s_{11} - s_{12}$	1,19	
Dipilih	$s_{11} - o$	0,4	
9	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 =$ $2,85$	
	$s_8 - j$	0,71	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$s_7 - l$	0,73	
	$s_{11} - s_{12}$	1,19	
Dipilih	$s_8 - j$	0,71	
10	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}, j\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 =$ $3,56$	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$s_7 - l$	0,73	
	$s_{11} - s_{12}$	1,19	
	$j - s_6$	0,86	
Dipilih	$s_7 - l$	0,73	
11	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}, j, l\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 =$ $4,29$	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$s_{11} - s_{12}$	1,19	
	$j - s_6$	0,86	
	$l - m$	0,02	
Dipilih	$l - m$	0,02	

12	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}, j, l, m\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 +$ $0,02 =$ $4,31$	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$s_{11} - s_{12}$	1,19	
	$j - s_6$	0,86	
Dipilih	$s_{11} - s_{12}$	1,19	
13	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}, j, l, m, s_{12}\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 +$ $0,02 +$ $1,19 =$ $5,5$	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$j - s_6$	0,86	
	$s_{12} - s_{13}$	0,27	
	$s_{12} - t$	1,94	
Dipilih	$s_{12} - s_{13}$	0,27	
14	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}, j, l, m, s_{12}, s_{13}\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 +$ $0,02 +$ $1,19 +$ $0,27 =$ $5,77$	

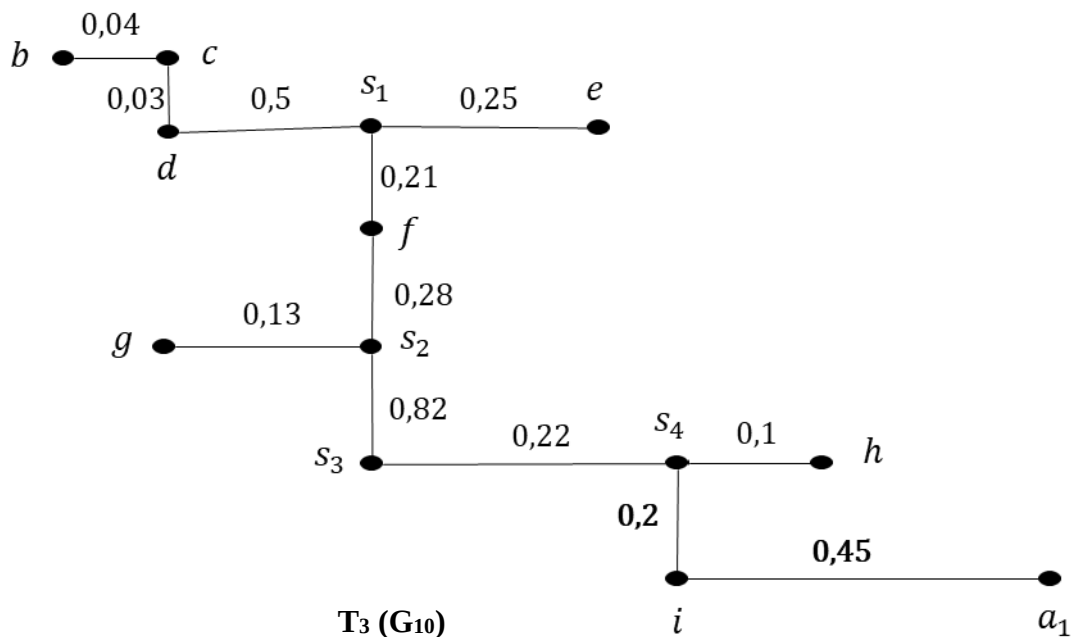
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$j - s_6$	0,86	
	$s_{12} - t$	1,94	
	$s_{13} - p$	0,18	
	$s_{13} - q$	0,17	
Dipilih	$s_{13} - q$	0,17	
15	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}, j, l, m, s_{12}, s_{13}, q\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 +$ $0,02 +$ $1,19 +$ $0,27 +$ $0,17 =$ $5,94$	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$j - s_6$	0,86	
	$s_{12} - t$	1,94	
	$s_{13} - p$	0,18	
	$q - r$	0,02	
Dipilih	$q - r$	0,02	
16	$T : \{a_2, s_{10}, s_9, s_8, k, s_7, n, s_{11}, j, l, m, s_{12}, s_{13}, q, r\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 +$ $0,02 +$ $1,19 +$ $0,27 +$ $0,17 +$ $0,02 =$ $5,96$	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$j - s_6$	0,86	
	$s_{12} - t$	1,94	
	$s_{13} - p$	0,18	

Dipilih	$s_{13} - p$	0,18	
17	$T : \{a_2,$ $s_{10}, s_9, s_8,$ $k, s_7, n, s_{11},$ $j, l, m, s_{12},$ $s_{13}, q, r, p\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 +$ $0,02 +$ $1,19 +$ $0,27 +$ $0,17 +$ $0,02 +$ $0,18 =$ $6,12$	
	$s_7 - s_6$	0,89	
	$j - s_6$	0,86	
	$s_{12} - t$	1,94	
Dipilih	$s_{12} - t$	1,94	
18	$T : \{a_2,$ $s_{10}, s_9, s_8,$ $k, s_7, n, s_{11},$ $j, l, m, s_{12},$ $s_{13}, q, r, p,$ $t\}$	$0,25 +$ $0,32 +$ $0,16 +$ $0,17 +$ $0,62 +$ $0,7 +$ $0,23 +$ $0,4 +$ $0,71 +$ $0,73 +$ $0,02 +$ $1,19 +$ $0,27 +$ $0,17 +$ $0,02 +$ $0,18 +$ $1,94 =$ $8,06$	



Gambar 12. Graf Hasil Iterasi Algoritma Prim Orde 2

Hasil panjang jaringan distribusi setelah dilakukan algoritma prim orde 2 yaitu pada graf $T_1(G_{10})$ sepanjang 3,93 km, sedangkan pada graf $T_2(G_{10})$ sepanjang 8,06 km. Pada gambar 12 graf $T_1(G_{10})$ vertex s_5 dan s_6 merupakan persimpangan bukan sekolah (tujuan). Oleh karena itu, untuk vertex s_5 dan s_6 dihapus sehingga diperoleh graf pendistribusian sebagai berikut.



Gambar 13. Graf Pendistribusian Rawalo 3

Pada Gambar 13 setelah *vertex* s_5 dan s_6 dihapus sehingga menghasilkan panjang jaringan sepanjang 3,23 km.

Berikut diberikan tabel data setelah dilakukan algoritma Prim orde 2.

Tabel 8. Rute Pendistribusian Setelah Menggunakan Algoritma Prim Orde 2

NO	Nama SPPG	Distribusi	Rute	Jarak
1	RAWALO 3	b	$a_1 \rightarrow i \rightarrow s_4 \rightarrow s_3 \rightarrow s_2 \rightarrow f \rightarrow s_1$ $\rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b$	2,75
		c	$a_1 \rightarrow i \rightarrow s_4 \rightarrow s_3 \rightarrow s_2 \rightarrow f \rightarrow s_1$ $\rightarrow d \rightarrow c$	2,71
		d	$a_1 \rightarrow i \rightarrow s_4 \rightarrow s_3 \rightarrow s_2 \rightarrow f \rightarrow s_1$ $\rightarrow d$	2,68
		e	$a_1 \rightarrow i \rightarrow s_4 \rightarrow s_3 \rightarrow s_2 \rightarrow f \rightarrow s_1$ $\rightarrow e$	2,43
		f	$a_1 \rightarrow i \rightarrow s_4 \rightarrow s_3 \rightarrow s_2 \rightarrow f$	1,97
		g	$a_1 \rightarrow i \rightarrow s_4 \rightarrow s_3 \rightarrow s_2 \rightarrow g$	1,82
		h	$a_1 \rightarrow i \rightarrow s_4 \rightarrow h$	0,75

		i	$a_1 \rightarrow i$	0,45
2	MENGANTI	j	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow s_9 \rightarrow s_8 \rightarrow j$	1,44
		k	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow s_9 \rightarrow s_8 \rightarrow k$	0,9
		l	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow s_9 \rightarrow s_7 \rightarrow l$	1,92
		m	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow s_9 \rightarrow s_7 \rightarrow l \rightarrow m$	1,94
		n	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow n$	0,95
		o	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow n \rightarrow s_{11} \rightarrow o$	1,58
		p	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow n \rightarrow s_{11} \rightarrow s_{12} \rightarrow s_{13} \rightarrow p$	2,82
		q	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow n \rightarrow s_{11} \rightarrow s_{12} \rightarrow s_{13} \rightarrow q$	2,81
		r	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow n \rightarrow s_{11} \rightarrow s_{12} \rightarrow s_{13} \rightarrow q \rightarrow r$	2,83
		t	$a_2 \rightarrow s_{10} \rightarrow n \rightarrow s_{11} \rightarrow s_{12} \rightarrow t$	4,31

Berikut hasil perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan algoritma Prim orde 2.

Tabel 9. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Dilakukan Algoritma Prim Orde 2

Sebelum		Sesudah	
Rute	Jarak	Rute	Jarak
$a_2 \rightarrow g$	3,95	$a_1 \rightarrow g$	1,82
$a_1 \rightarrow l$	2,78	$a_2 \rightarrow l$	1,92
$a_1 \rightarrow m$	2,8	$a_2 \rightarrow m$	1,94

Berdasarkan Tabel 9 di atas maka ditemukan pengoptimalan panjang rute, yaitu untuk sekolah SMA N Rawalo (g) yang semula didistribusikan oleh SPPG Menganti (a_2) dengan panjang rute 3,95 Km menjadi didistribusikan oleh SPPG Rawalo 3 (a_1) dengan panjang rute 1,82 Km. Selain itu, ditemukan juga bahwa ada 2 sekolah yang lebih optimal yaitu sekolah SMA Pesantren El Madani (l) dan MTs Pesantren El Madani (m) yang semula didistribusikan oleh SPPG Rawalo 3 (a_1)

dengan panjang rute 2,78 Km dan 2,8 Km menjadi didistribusikan oleh SPPG Menganti (a₂) dengan panjang rute 1,92 Km dan 1,94 Km. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Prim orde 2 memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan tanpa menggunakan algoritma Prim orde 2.

BAB V KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Algoritma ini diawali dengan mengambil sebarang dua *vertex* awal sebagai T_1 dan T_2 , dalam pemilihan *edge* dengan bobot terkecil dan *vertex* yang *incident* digunakan algoritma Prim dengan mengkombinasikan nilai minimum pada bobot T_1 dan T_2 . Iterasi berhenti jika $E(T_1(G)) + E(T_2(G)) = n-2$.
2. Berdasarkan hasil simulasi, algoritma Prim orde 2 dapat digunakan untuk menentukan 2 *subgraph minimum spanning tree*. Sedangkan pada saat diterapkan pada temuan kasus diperoleh hasil bahwa algoritma Prim orde 2 dapat meminimalkan panjang rute pendistribusian.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan, yaitu:

1. Ketika merencanakan pendistribusian yang dimulai dari 2 titik awal dapat menggunakan algoritma Prim orde 2 supaya dapat meminimalkan panjang rute pendistribusian
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat mengembangkan algoritma ini menjadi algoritma Prim orde n dengan $n > 2$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. M. Nasution, M. M. Siadari, I. J. S. Saragih, I. O. Kirana, and Z. A. Siregar, “Penerapan Matematika Algoritma dalam Bidang Komputer,” *FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 6, no. 2, pp. 180–191, 2023, doi: 10.47662/farabi.v6i2.634.
- [2] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, *Introduction to Algorithms*, 3rd ed., vol. 254. Cambridge: The MIT Press, 2009.
- [3] G. Chartrand, L. Lesniak, and P. Zhang, *Graphs & Digraphs*, 6th ed. New York: CRC Press, 2016. doi: 10.1201/9781003461289.
- [4] J. A. Bondy and U. S. R. Murty, *Graph Theory with Applications*, vol. 28, no. 1. Canada: The Macmillan Press Ltd., 1977. doi: 10.2307/3008805.
- [5] F. Hasibuan, R. S. B. Bara, and A. Amir, “Analisis Penyelesaian Masalah Transportasi untuk Menentukan Solusi Optimal Melalui Pendekatan Minimum Spanning Tree (MST) dengan Algoritma Kruskal dan Prim,” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, vol. 10, no. 4, pp. 134–143, 2025.
- [6] C. Martel, “The Expected Complexity of Prim’s Minimum Spanning Tree algorithm,” *Inf. Process. Lett.*, vol. 81, no. 4, pp. 197–201, 2002, doi: 10.1016/S0020-0190(01)00220-4.
- [7] R. S. Barr, R. V. Helgaon, and J. L. Kennington, “Minimal Spanning Trees: an Empirical Investigation of Parallel Algorithms,” *Parallel Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 45–52, 1989, doi: 10.1016/0167-8191(89)90005-7.
- [8] B. A. Ramadani, J. A. Bagaskara, I. Valensy, R. H. P. Permana, and A. Suroni, “Minimum Spanning Tree Approach for Optimization and Clustering: Algorithms, Applications, and Comparisons,” *Journal of Advanced Systems Intelligence and Cybersecurity*, vol. 1, no. 01, pp. 1–5, 2025.
- [9] R. F. Sari, R. Widyasari, and F. A. Marpaung, “Optimasi Pemasangan Jalur Pipa Air Bersih Melalui Minimum Spanning Tree dengan Algoritma Prim,” *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 70–74, 2023.
- [10] N. T. Amalia, F. Novianti, and Y. R. A. Yasmin, “Minimum Spanning Tree Rute Shopping Mall di Surabaya Menggunakan Algoritma Prim,” *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 11, no. 1, pp. 10–18, 2024, doi: 10.31316/jderivat.v11i1.4955.
- [11] W. I. Ilahy, M. Ahmad, and B. P. Hartono, “Optimasi Jaringan Distribusi Air di Desa Gombolharjo Menggunakan Algoritma Prim,” *Journal of Mathematics Education and Science*, vol. 6, no. 2, pp. 177–183, 2023, doi: 10.32665/james.v6i2.1896.

- [12] A. B. M. Heriansyah, R. Rizwar, M. Rafliansyah, E. Christian, and V. H. Pranatawijaya, "Penerapan Algoritma Prim dalam Menentukan Rute Prioritas Pengiriman Paket Express," *IGNITE: Journal Islamic Global Network for Information Technology and Entrepreneurship*, vol. 2, no. 3, pp. 21–33, 2024, doi: 10.59841/ignite.v2i3.1550.
- [13] S. Mas'ud, "Penentuan Rute Pendistribusian Gas LPG Menggunakan Algoritma Prim dengan Optimalisasi Melalui Pergantian Sisi," *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 1, pp. 9–17, 2024, doi: 10.30605/proximal.v7i1.3063.
- [14] S. Z. Faizah, D. L. Kartika, and A. Winarni, "Implementasi Algoritma Prim Untuk Optimasi Panjang Pipa pada Sistem Distribusi Air Bersih di Desa Banteran," *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 8, no. 1, pp. 431–441, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30605/proximal.v8i1.5353>
- [15] M. F. Ghifara, M. I. Chasanudin, A. A. Nafisah, and M. Gani, "Optimalisasi Rute Pendistribusian Buku dari Perpustakaan Daerah Salatiga ke SMA dan SMK Negeri dengan Algoritma Prim," *REALISTIC: Journal of Education Mathematics and Science*, vol. 2, no. 1, pp. 38–47, 2024.
- [16] A. Ahsanti, A. Insyafilla, N. N. Fatimah, W. C. D. Wahyuni, and D. Rahmadi, "Optimalisasi Jaringan Jalan Antar Kecamatan dengan Minimum Spanning Tree dan Algoritma Prim di Kabupaten Ngawi," *Basis: Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2025, doi: 10.30872/basis.v4i1.1451.
- [17] Z. N. Laely *et al.*, "Aplikasi Algoritma Prim untuk Optimasi pada Aliran Sumber Mata Air di Desa Banjarsari," *REALISTIC: Journal of Education Mathematics and Science*, vol. 3, no. 1, pp. 18–27, 2025, [Online]. Available: <https://journal.stkipparacendekianw.ac.id/>
- [18] C. Zhong, M. Malinen, D. Miao, and P. Fränti, "A Fast Minimum Spanning Tree Algorithm Based on K – means," *Inf. Sci. (N. Y.)*, vol. 295, pp. 1–17, 2014, doi: 10.1016/j.ins.2014.10.012.
- [19] G. Chartrand, *Introductory Graph Theory*, vol. 29, no. 12. New York: Dover Publications, 1977. doi: 10.2307/3009593.

LAMPIRAN



Gambar 14 Dokumentasi Observasi
SPPG Rawalo 3



Gambar 15 Dokumentasi Observasi
SPPG Menganti