

Penerapan Pohon Merentang Minimum dalam Perancangan Rute Transportasi Umum Antar Kecamatan di Kota Padang

Fachry Dennis Heraldi 13520139¹
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
¹13502139@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Kemacetan adalah salah satu permasalahan umum yang ada di Indonesia dan secara khusus juga terjadi di Kota Padang. Salah satu faktor penyebab kemacetan adalah banyaknya kendaraan yang ada karena padatnya penduduk. Menggunakan kendaraan umum adalah salah satu solusi untuk mengatasi kemacetan, namun sayangnya kendaraan umum tidak dapat mencakup banyak tempat di Kota Padang. Untuk itu, perlu ada perutean kembali rute transportasi umum di Kota Padang. Rute yang dibentuk harus menjangkau seluruh area di Kota Padang yang dalam hal ini dapat diwakilkan oleh 11 kecamatan yang ada di Kota Padang. Pohon merentang minimum dapat diaplikasikan dalam perancangan rute transportasi umum antar kecamatan di Kota Padang menggunakan Algoritma Prim.

Keywords—pohon merentang minimum, algoritma prim, rute, kecamatan.

I. PENDAHULUAN

Kota Padang merupakan Ibu Kota Provinsi dari Sumatera barat. Kota ini terkenal dengan pantainya karena kota ini merupakan kota terbesar di pantai barat Pulau Sumatra. Salah satu permasalahan yang sering muncul di kota besar adalah kemacetan. Hal ini dikarenakan oleh padatnya penduduk dan setiap penduduk menggunakan kendaraan pribadi alih-alih menggunakan kendaraan umum. Salah satu alasan masyarakat masih memilih menggunakan kendaraan pribadi adalah dikarenakan masih kurangnya moda transportasi umum di Kota Padang.

Pada Januari 2014, Pemerintah Kota Padang secara resmi mengoperasikan layanan angkutan massal bus rapid transit (BRT) yang bernama Trans Padang. Terhitung November 2021, sebanyak 2 dari 6 koridor yang sudah resmi beroperasi. Tiap koridor memiliki jurusannya masing-masing, salah satu koridor dengan rute terpanjang adalah koridor I, rutenya Lubuk Buaya – Pasar Raya. Kehadiran Trans Padang menggantikan keberadaan bus kota yang sudah nonaktif dan sekarang menjadi pendamping angkutan umum (angkot). Bertambahnya moda transportasi umum ini merupakan salah satu perubahan karena memudahkan masyarakat untuk berpergian, namun terasa kurang maksimal karena rute yang tersedia terbilang masih kurang dan tidak menjangkau keseluruhan area yang ada di Kota Padang.

Bangkit dari permasalahan kurangnya rute tersebut, penulis

berinisiatif untuk menjadikannya topik pada makalah ini. Permasalahan rute tersebut dapat diselesaikan menggunakan pohon merentang minimum.

Dengan pohon merentang minimum, dapat dicari rute paling minimum yang dapat menghubungkan tiap-tiap kecamatan. Terdapat dua jenis algoritma membangun pohon merentang minimum, yaitu algoritma Prim dan algoritma Kruskal. Pada makalah ini, membangun pohon merentang minimum dilakukan menggunakan algoritma Prim karena pengimplementasian cukup mudah dan cocok dalam permasalahan graf berbobot yang memiliki banyak simpul dan tiap bobot pada sisinya unik.

Dengan adanya rute yang menghubungkan tiap kecamatan ini, akan semakin banyak area di Kota Padang yang dapat dijangkau oleh masyarakat sehingga moda transportasi di Kota Padang akan lebih baik pula dan masalah kemacetan dapat terminimalisasi. Urusan administrasi kota juga akan semakin baik karena titik-titik yang dihubungkan adalah pusat dari masing-masing kecamatan yaitu kantor camat.

Solusi mencari rute menggunakan pohon merentang minimum ini terinspirasi dari peta koneksi KRL *Commuter Line* di daerah Jabodetabek. Peta koneksi KRL *Commuter Line* merepresentasikan wilayah utama atau protokol di Jabodetabek dapat dijangkau hanya menggunakan moda transportasi umum. Menurut pengalaman pribadi penulis, kemudahan akses antar area menggunakan KRL ini sangat banyak manfaatnya, selain menghemat ongkos, kita tidak perlu pusing untuk menentukan transportasi apa yang digunakan untuk menjangkau suatu area.

Semakin baiknya kondisi transportasi dari suatu kota akan berdampak besar kepada kota itu sendiri. Aktivitas masyarakat akan jauh lebih berkembang, contohnya dalam hal perekonomian para pedagang dapat memasarkan barang dagangannya lebih luas dan dapat menjangkau lebih banyak pembeli, dari segi pembeli pun juga semakin ekonomis karena lebih mudah menjangkau barang untuk memenuhi kebutuhan.

II. LANDASAN TEORI

A. Definisi Graf

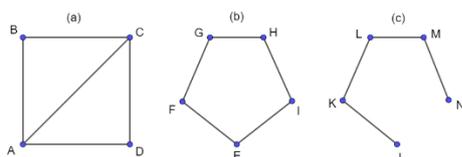
Graf adalah pasangan himpunan (V, E) , ditulis dengan notasi $G = (V, E)$, yang dalam hal ini V adalah himpunan tidak-kosong yang elemen-elemennya dinamakan simpul (*vertices* atau *node*) dari G dan E adalah himpunan pasangan-pasangan penghubung

sepasang simpul yang disebut sisi (*edges* atau *arcs*) dari G . Graf biasanya digambarkan sebagai sekumpulan noktah (sebagai simpul) di dalam bidang dwimatris yang dihubungkan dengan garis (sebagai sisi) [1].

B. Graf Sederhana (Simple Graph) dan Graf Tak-Berarah (Undirected Graph)

Graf sederhana (*simple graph*) adalah jenis graf yang tidak mengandung gelang (sisi yang menghubungkan dua simpul yang sama) maupun sisi-ganda (sisi yang menghubungkan simpul yang sama lebih dari sekali).

Graf tak-berarah adalah jenis graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah. Pada graf tak-berarah, urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan [1].



Gambar 1. Contoh Graf Sederhana dan Tidak Berarah [2].

C. Terminologi Dasar Graf

Pada makalah ini, akan digunakan beberapa terminologi (istilah) yang berkaitan dengan graf sebagai berikut [1].

1. Ketetanggaan (Adjacent)

Dua buah simpul u dan v pada graf tak-berarah G dikatakan bertetangga jika u dan v terhubung langsung pada sisi e dari sebuah graf G . Sebagai contoh, pada gambar 1(a) simpul B bertetangga dengan simpul A dan C tetapi tidak bertetangga dengan simpul D.

2. Bersisian (Incidency)

Untuk sembarang sisi $e = (u,v)$ yang menghubungkan langsung simpul u dan v , sisi e dikatakan bersisian dengan simpul u dan v .

3. Derajat (Degree)

Derajat dari suatu simpul pada graf tidak berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Adapun Lemma Jabat Tangan berlaku pada penentuan jumlah derajat simpul. Lemma Jabat Tangan mengatakan jumlah derajat semua simpul pada suatu graf adalah genap, yaitu dua kali jumlah sisi pada graf tersebut.

4. Lintasan (Path)

Lintasan adalah barisan urutan dari sisi yang dimulai dari suatu simpul kemudian berpindah dari simpul ke simpul lain sepanjang sisi yang menghubungkan simpul-simpul pada graf.

5. Sirkuit (Circuit) atau Siklus (Cycle)

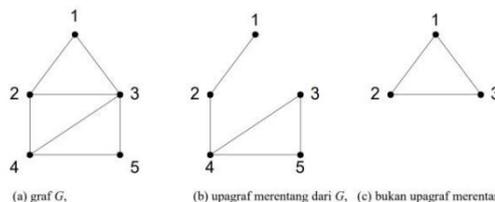
Sirkuit atau siklus adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Jika setiap sisi yang dilalui berbeda maka sebuah sirkuit dapat dikatakan sirkuit sederhana.

6. Keterhubungan (Connected)

Graf tak-berarah dikatakan terhubung jika terdapat lintasan untuk setiap pasangan simpul yang berbeda pada graf.

7. Upagraf Merentang (Spanning Subgraph)

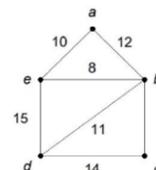
Upagraf $G_1 = (V_1, E_1)$ dari $G = (V, E)$ dimana $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$ dikatakan upagraf merentang jika G_1 mengandung semua simpul dari G .



Gambar 2. Contoh upagraf merentang dari G dan bukan upagraf merentang dari G [1].

8. Graf berbobot (Weighted graph)

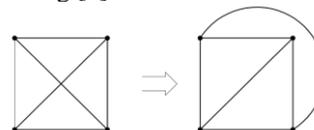
Graf berbobot merupakan graf yang setiap sisinya memiliki bobot tertentu.



Gambar 3. Contoh graf berbobot

D. Graf Planar

Graf planar adalah graf yang dapat digambarkan pada bidang datar dengan sisi-sisi yang tidak saling memotong (bersilangan), jika tidak, maka graf tersebut adalah graf tak-planar. Graf yang secara kasat mata terlihat bersilangan belum tentu graf tak-planar, graf tersebut dapat digambar ulang dan mungkin saja terbentuk konfigurasi graf sedemikian sehingga tidak ada sisi yang saling memotong [1].

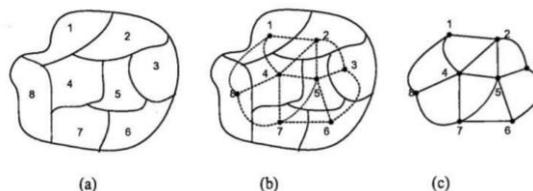


Gambar 4. Contoh penggambaran ulang graf planar sehingga tidak ada sisi yang saling memotong [1].

Graf bidang adalah representasi graf planar yang digambarkan dengan sisi-sisi yang tidak saling berpotongan. Sisi-sisi pada graf bidang membagi bidang datar menjadi beberapa wilayah (*region*) atau muka (*face*) [1].

E. Graf Dual

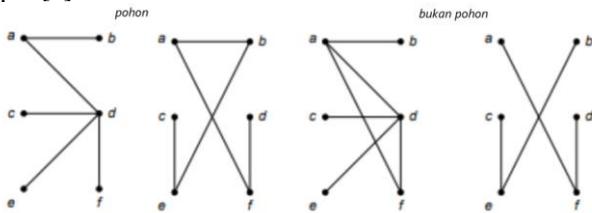
Sebuah graf G mempunyai graf dual G^* jika graf G tersebut planar. Dual dari suatu graf dibentuk dengan menghubungkan wilayah pada graf bidang. Graf dual digunakan diaplikasikan untuk merepresentasikan peta. Setiap peta pada bidang datar terdiri dari sejumlah wilayah. Wilayah pada peta dinyatakan sebagai simpul, sedangkan sisi menyatakan bahwa dua wilayah berbatasan langsung [1].



Gambar 5. (a) Peta, (b) Peta dan graf yang merepresentasikannya, (c) Graf yang merepresentasikan peta [1].

F. Definisi Pohon

Pohon adalah salah satu graf yang bentuknya khusus. Definisi dari pohon adalah sebuah graf sederhana, tak-berarah, dan terhubung yang tidak memiliki sirkuit. Definisi pohon tersebut sering disebut juga definisi pohon bebas (*free tree*) agar dapat dibedakan dengan pohon berakar (*rooted tree*). Pohon juga seringkali didefinisikan sebagai graf tak-berarah dengan sifat bahwa hanya terdapat sebuah lintasan unik antara setiap pasang simpul [1].

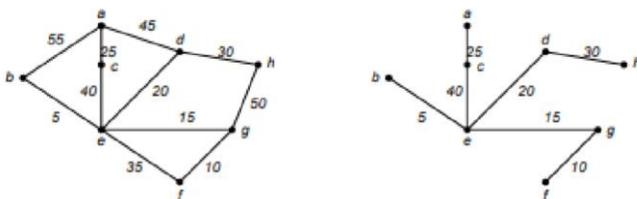


Gambar 6. Contoh graf yang merupakan pohon dan yang bukan pohon [1].

G. Pohon Merentang (*Spanning Tree*)

Misalkan G adalah graf sederhana dan terhubung. Pohon merentang dari G adalah pohon T yaitu sebuah upagraf berbentuk pohon dari G yang mengandung semua simpul dari G . Langkah pembentukan pohon T adalah dengan menghapus sejumlah sisi pada graf G sehingga tidak terbentuk sirkuit namun semua simpul pada G terhubung. Pohon merentang dimiliki oleh sebuah graf jika dan hanya jika graf tersebut sederhana dan terhubung.

Jika G adalah graf berbobot, bobot pada tiap sisi jika dijumlahkan akan menjadi bobot pohon merentang T dari G . Jika G dapat membentuk banyak pohon merentang, maka akan banyak pula bobot pohon merentang yang dimiliki oleh G , sehingga diantara semua bobot pohon merentang tersebut terdapat pohon merentang yang memiliki bobot minimum. Pohon yang memiliki bobot paling minimum tersebut dinamakan pohon merentang minimum (*minimum spanning tree*) [1].



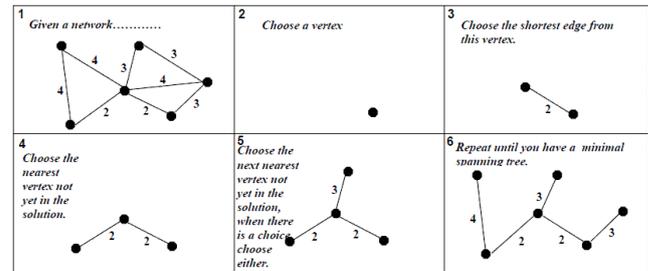
Gambar 7. (kiri) Contoh graf berbobot (kanan) pohon merentang minimum yang dibentuk dari graf berbobot [1].

H. Algoritma Prim

Salah satu algoritma yang digunakan untuk membangun pohon merentang minimum adalah algoritma Prim. Diberikan suatu graf G sederhana, tak-berarah, terhubung, dan berbobot. Misalkan T adalah pohon merentang yang dibangun dari graf G . Untuk mencari pohon merentang minimum dari graf G , dimulai dengan sembarang simpul dan sisi yang memiliki bobot paling minimum menjadi pembangun awal pohon merentang T . Langkah per langkah, kita akan bangun pohon merentang T dengan mengambil sisi e dari graf G yang bersisian dengan sisi yang sebelumnya dengan bobot paling minimum tetapi tidak membentuk sirkuit di dalam T [1].

Langkah dilakukan secara berulang hingga semua simpul terhubung dan tidak membentuk sirkuit dan didapatkan pohon merentang minimum.

Prim's Algorithm



Gambar 8. Ilustrasi Algoritma Prim [3].

III. PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data dan Pemodelan Masalah

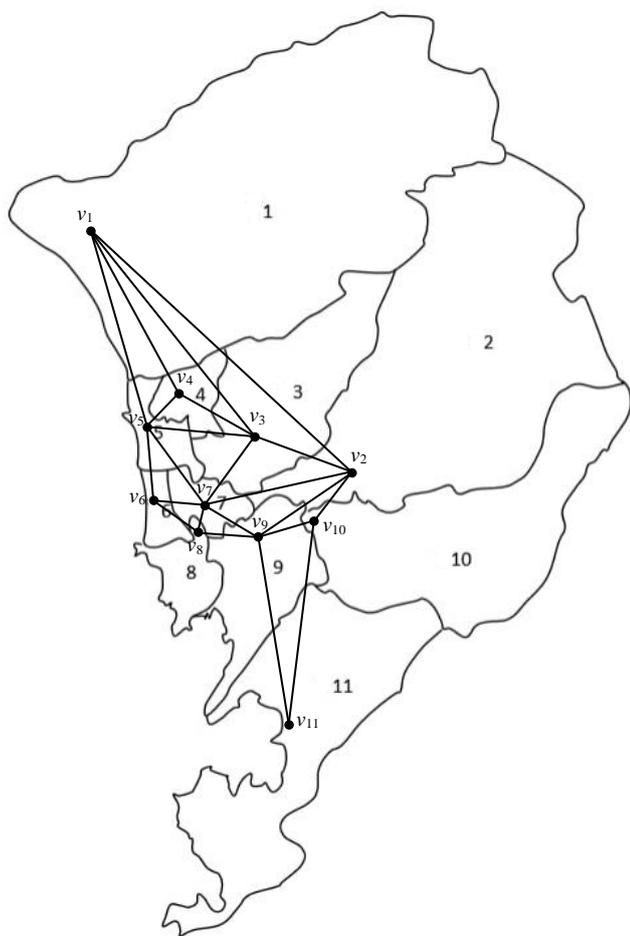
Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional telah ditetapkan Kota Padang sebagai Pusat Kegiatan Nasional (PKN) disamping itu Kota Padang juga sebagai ibukota dan pusat pendidikan tinggi di Provinsi Sumatera Barat. Berdasarkan PP Nomor 17 tahun 1980, secara administratif luas wilayah Kota Padang adalah 165,35 km dan Kota Padang memiliki 11 Kecamatan [4].



Gambar 9. Peta Wilayah Kota Padang [5].

Selanjutnya akan dibuat graf representasi peta yang menghubungkan 11 kecamatan yang ada di Kota Padang. Untuk merepresentasikan peta, akan dibuat graf dual dari peta tersebut. Graf dual dari peta Kota Padang dapat dibuat dengan cara merepresentasikan setiap wilayah kecamatan di Kota Padang sebagai simpul dan jika dua kecamatan saling bertetangga, maka di graf dualnya, kedua simpul yang bertetangga mempunyai sisi yang menghubungkan kedua simpul tersebut [6]. Dikarenakan pada makalah ini akan dibuat suatu rute, diperlukan pusat dari tiap kecamatan yang bertindak sebagai terminal. Simpul-simpul dari graf dual akan ditempatkan pada pusat dari setiap

kecamatan yang direpresentasikan oleh kantor camat, sedangkan sisi dibentuk dari jarak antar kantor camat yang berbatasan langsung dengan kecamatan tersebut.



Gambar 10. Peta dan graf yang merepresentasikan hubungan antar kecamatan Kota Padang [6].

Untuk memudahkan dalam pengolahan data, nama dari kecamatan diwakili oleh simbol simpul.

Tabel 1. Informasi Kecamatan pada Peta Beserta Simbol Simpul untuk Setiap Kecamatan [6].

No.	Kecamatan	Simpul
1.	Koto Tengah	v_1
2.	Pauh	v_2
3.	Kuranji	v_3
4.	Nanggalo	v_4
5.	Padang Utara	v_5
6.	Padang Barat	v_6
7.	Padang Timur	v_7
8.	Padang Selatan	v_8
9.	Lubuk Begalung	v_9
10.	Lubuk Kilangan	v_{10}
11.	Bungus Teluk Kabung	v_{11}

Telah dibentuk graf dual $G = (V, E)$, dimana

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}\}$$

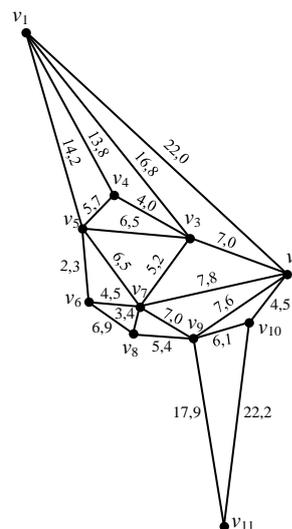
$$E = \{v_1v_2, v_1v_3, v_1v_4, v_1v_5, v_2v_3, v_2v_7, v_2v_9, v_2v_{10}, v_3v_4, v_3v_5, v_3v_7, v_4v_5, v_5v_6, v_5v_7, v_6v_7, v_6v_8, v_7v_8, v_7v_9, v_8v_9, v_9v_{10}, v_9v_{11}, v_{10}v_{11}\} [6].$$

Informasi jarak antar kantor camat kemudian dicari dengan bantuan *Google Maps*. Jarak yang diambil adalah jarak minimum yang mungkin.

Tabel 2. Jarak Antar Kecamatan Berdasarkan Lokasi Kantor Camat yang Disimbolkan dengan Simpul

No.	Sisi (simpul, simpul)	Jarak (dalam km)
1.	(v_1, v_2)	22,0
2.	(v_1, v_3)	16,3
3.	(v_1, v_4)	13,8
4.	(v_1, v_5)	14,2
5.	(v_2, v_3)	7,0
6.	(v_2, v_7)	7,8
7.	(v_2, v_9)	7,6
8.	(v_2, v_{10})	3,8
9.	(v_3, v_4)	4,0
10.	(v_3, v_5)	6,5
11.	(v_3, v_7)	5,2
12.	(v_4, v_5)	5,7
13.	(v_5, v_6)	2,3
14.	(v_5, v_7)	6,5
15.	(v_6, v_7)	4,5
16.	(v_6, v_8)	6,9
17.	(v_7, v_8)	3,4
18.	(v_7, v_9)	7,0
19.	(v_8, v_9)	5,4
20.	(v_9, v_{10})	6,1
21.	(v_9, v_{11})	17,9
22.	(v_{10}, v_{11})	22,2

Informasi jarak antar kantor camat tersebut akan menjadi bobot untuk sisi yang bersesuaian sehingga dibentuk sebuah graf sederhana, tak-berarah, terhubung, dan berbobot.

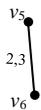


Gambar 11. Graf hubungan jarak antar kecamatan di Kota Padang

Setelah graf hubungan jarak antar kecamatan di Kota Padang terbentuk, pohon merentang minimum dapat dibangun dari graf tersebut menggunakan algoritma Prim.

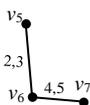
B. Membangun Pohon Merentang Minimum dengan Algoritma Prim

Akan dilakukan langkah demi langkah untuk membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim. Langkah pertama adalah mengambil sisi yang memiliki bobot paling minimum. Sisi yang memiliki bobot paling minimum adalah (v_5, v_6) dengan bobot 2,3.

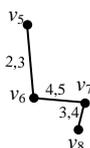


Gambar 12. Langkah pertama membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim

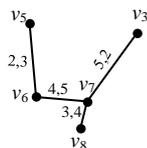
Langkah selanjutnya akan dicari sisi yang memiliki bobot minimum yang bersisian dengan derajat simpul sisi yang telah dipilih sebelumnya tetapi tidak membentuk sirkuit. Langkah ini dilakukan secara berulang hingga seluruh simpul terhubung.



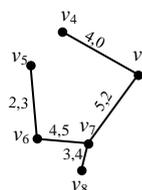
Gambar 13. Langkah kedua membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim.



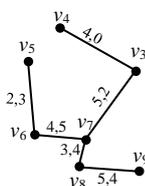
Gambar 14. Langkah ketiga membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim.



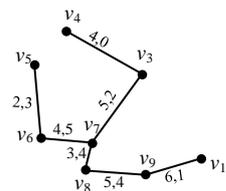
Gambar 15. Langkah keempat membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim



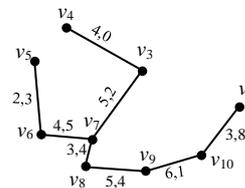
Gambar 16. Langkah kelima membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim



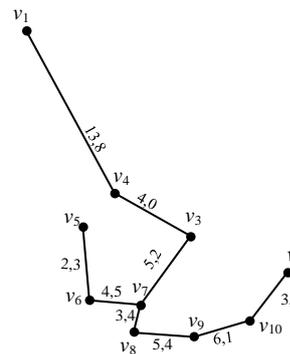
Gambar 17. Langkah keenam membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim



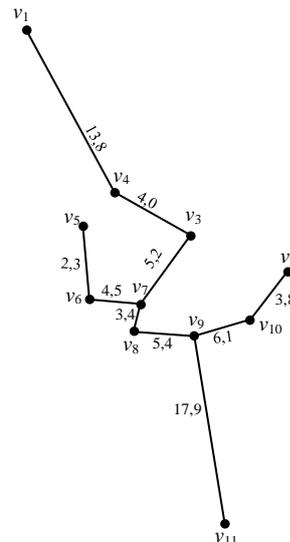
Gambar 18. Langkah ketujuh membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim



Gambar 19. Langkah kedelapan membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim



Gambar 20. Langkah kesembilan membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim

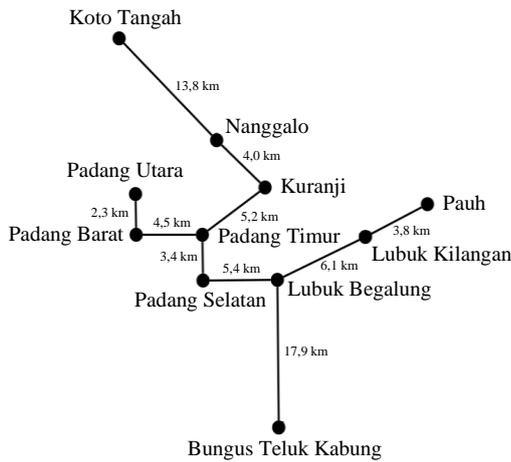


Gambar 21. Langkah kesepuluh membangun pohon merentang minimum dengan algoritma Prim

Pada langkah kesepuluh, seluruh simpul telah terhubung. Dengan demikian, dibutuhkan 10 langkah pada graf hubungan jarak antar kecamatan di Kota Padang untuk membangun pohon merentang minimumnya. Bobot minimum total dari pohon yang didapatkan adalah 66,4 km.

C. Hasil

Berdasarkan pohon merentang minimum yang sudah dibangun, pohon tersebut digambar ulang, sehingga didapatkan hasil akhir rancangan rute transportasi umum antar kecamatan di Kota Padang.



Gambar 22. Rancangan rute transportasi umum antar kecamatan di Kota Padang.

Tabel 3. Informasi Jalan yang Dilalui Tiap Rute

No.	Rute	Jalan yang Dilalui
1.	Koto Tengah – Nanggalo	Jl. Adinegoro – Jl. Kemayoran – Jl. Raya Siteba
2.	Nanggalo – Kuranji	Jl. Raya Siteba – Jl. By Pass
3.	Kuranji – Padang Timur	Jl. By Pass – Jl. Andalas – Jl. Sisingamangaraja
4.	Padang Timur – Padang Barat	Jl. Sisingamangaraja – Jl. Jend. Sudirman – Jl. Ujung Gurun – Jl. Veteran
5.	Padang Barat – Padang Utara	Jl. Veteran – Jl. Ir. H. Juanda – Jl. Beringin Raya – Jl. Belanti Radio
6.	Padang Timur – Padang Selatan	Jl. Sisingamangaraja – Jl. Sutan Syahrir
7.	Padang Selatan – Lubuk Begalung	Jl. Sutan Syahrir – Jl. By Pass – Jl. Ampalu Raya – Jl. Mustika Raya
8.	Lubuk Begalung – Bungus Teluk Kabung	Jl. Mustika Raya – Jl. By Pass – Jl. Raya Padang – Painan – Jl. Lintas Barat Sumatera
9.	Lubuk Begalung – Lubuk Kilangan	Jl. Mustika Raya – Jl. Pengambiran – Jl. By Pass – Jl. Ampera
10.	Lubuk Kilangan – Pauh	Jl. Ampera – Jl. Raya Indarung – Jl. Piai Atas/Tengah – Jl. Cupak Tengah

Jika dilihat pada peta, jalan yang dilalui oleh rute cukup menjangkau wilayah-wilayah utama di setiap kecamatan di Kota Padang, tetapi tidak semua jalan protokol kota dilalui oleh rute ini. Karena tujuan dari makalah ini mencari rute yang dapat

menjangkau seluruh wilayah, maka jalur protokol kota tidak diperhatikan dan menjadi variabel perhitungan.

IV. KESIMPULAN

Dengan mengaplikasikan teori graf dan pohon, terkhususnya pohon merentang minimum, dapat dibuat suatu rancangan rute transportasi umum antar kecamatan di Kota Padang. Mula-mula dibuat graf dual yang merepresentasikan wilayah Kota Padang, kantor camat dijadikan sebagai acuan untuk simpul karena kantor camat adalah pusat dari suatu kecamatan. Sisi-sisi dari graf tersebut menggambarkan hubungan antar kantor camat yang berbatasan langsung dengan camat tersebut, kemudian sisi diberi bobot sesuai dengan jaraknya. Setelah terbentuk graf hubungan jarak antar kecamatan, pohon merentang minimum dapat dibangun menggunakan algoritma Prim. Didapatkan 10 langkah untuk membangun pohon merentang minimum dan bobot pohon tersebut adalah 66,4 km. Pohon merentang tersebut kemudian digambar ulang, sehingga didapatkan rancangan rute transportasi umum antar kecamatan di Kota Padang. Rute yang telah dibuat dianalisis jalan yang dilaluinya dan didapatkan hasil bahwa jalan yang dilalui oleh rute dapat menjangkau seluruh wilayah utama di setiap kecamatan di Kota Padang. Adapun rute yang melalui jalan protokol maupun jalan lainnya dapat dihubungkan dengan rancangan rute ini agar rute dapat lebih efektif jangkauannya.

Dengan adanya rancangan rute ini, diharapkan moda transportasi di Kota Padang dapat menjadi lebih baik karena masyarakat dapat berpindah dan menjangkau area yang lebih luas. Jika masyarakat sudah bisa menjangkau banyak area, masyarakat lambat laun akan memilih menggunakan transportasi umum, sehingga masalah kemacetan akan terminimalisir karena berkurangnya kepadatan kendaraan di jalan raya.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas rahmat dan karunia-Nya proyek makalah yang berjudul “Penerapan Pohon Merentang Minimum dalam Perancangan Rute Transportasi Umum Antar Kecamatan di Kota Padang” dapat selesai pada waktunya.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, S.T., M. Sc. selaku dosen pengajar Mata Kuliah IF2120 Matematika Diskrit Kelas 03 yang telah membimbing mahasiswanya memahami materi perkuliahan khususnya pada teori graf dan pohon. Beliau juga tidak henti-hentinya mengingatkan mahasiswa untuk menulis makalah agar makalah tersebut dapat selesai tepat waktu.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. Situs yang dikelola oleh beliau menjadi sumber belajar bagi penulis karena terdapat banyak informasi, referensi, dan dokumentasi yang penulis gunakan dalam penulisan makalah ini.

Terakhir, penulis tak lupa pula mengucapkan terima kasih kepada orang tua, saudara, dan kolega yang telah mendukung penulis dalam pengerjaan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Munir, *Matematika Diskrit*, Revisi Keenam. Bandung: Informatika Bandung, 2016.
- [2] <https://www.quora.com/Which-of-the-following-connected-simple-graphs-has-exactly-one-spanning-tree-a-Graph-with-four-nodes-and-five-edges-b-Graph-with-five-nodes-and-five-edges-c-Graph-with-five-nodes-and-four-edges-d-None-of-the-above-1>, diakses 3 Desember 2021 pukul 11.22.
- [3] <https://stackoverflow.com/questions/1195872/when-should-i-use-kruskal-as-opposed-to-prim-and-vice-versa>, diakses pada 3 Desember 2021 pukul 14.31.
- [4] <https://padang.go.id/gambaran-umum-kota-padang>, diakses pada 4 Desember 2021 pukul 17.31.
- [5] BPS Kota Padang. *Kota Padang Dalam Angka*. Padang: BPS Kota Padang, 2021.
- [6] M. Z. Jofie, S. Bahri, and A. I. Baqi, "Aplikasi Algoritma Greedy untuk Pewarnaan Wilayah Pada Kota Padang Berbasis Teorema Empat Warna," *Jurnal Matematika UNAND*. Padang: Jurusan Matematika FMIPA UNAND, vol. IX, No.4, Hal. 294–301.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 5 Desember 2021



Fachry Dennis Heraldi
13520139