

Aplikasi Konsep *Minimum Spanning Tree* pada Rancangan Rute Kereta Api Trans Sumatra Barat

Muhammad Fadhil Amri - 13521066¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13521066@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Indonesia merupakan negara yang memiliki kondisi geografis yang beragam. Salah satu provinsi yang kondisi geografisnya juga beragam adalah Provinsi Sumatra Barat. Selain memberikan banyak dampak positif, kondisi geografis yang beragam ini juga menimbulkan dampak negatif, seperti kendala pada akses transportasi. Kendala yang paling sering terjadi adalah tanah longsor dan kemacetan. Kemacetan yang terjadi selain karena tingginya volume kendaraan juga seringkali disebabkan oleh truk yang mogok saat melewati jalan menanjak. Untuk mengatasi masalah tersebut, kereta api menjadi opsi moda transportasi yang sering dicanangkan. Oleh karena itu, pada makalah ini akan diimplementasikan Algoritma Kruskal dalam perancangan rute kereta api trans Sumatra Barat agar biaya pembangunan bisa ditekan menjadi seminimum mungkin, tetapi tetap mampu menghubungkan semua kota-kota di Sumatra Barat. Dengan dibangunnya rute kereta api trans Sumatra Barat ini, waktu tempuh antarkota dapat dipersingkat dan perekonomian masyarakat bisa bertumbuh lebih cepat.

Keywords—Sumatra Barat, kereta api, teori graf, Algoritma Kruskal, rute.

I. PENDAHULUAN

Indonesia sejak dahulu dikenal sebagai negara yang memiliki keanekaragaman yang sangat tinggi. Mulai dari agama, suku, budaya, hingga kondisi geografisnya. Sumatra Barat adalah salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki keanekaragaman geografis yang tinggi. Sumatra Barat memiliki lanskap yang terdiri atas pantai, dataran rendah, dataran tinggi, ngarai, jurang, lembah, perbukitan hingga pegunungan bukit barisan. Kondisi geografis yang beraneka ragam ini tentunya memiliki banyak dampak positif, seperti terbentuknya flora dan fauna yang beragam, sumber daya alam yang melimpah, dan pemandangan alam yang indah. Namun, di sisi lain, keanekaragaman kondisi geografis ini juga berakibat pada seringnya terjadi kendala akses transportasi.

Transportasi antarkota di Sumatra Barat seringkali terkendala oleh tanah longsor dan kemacetan. Tanah longsor seringkali mengganggu karena jalan antarkota tersebut banyak yang berada di tepi bukit. Meskipun begitu, kemacetan yang terjadi seringkali disebabkan oleh banyaknya volume kendaraan yang melintas dan tidak jarang juga disebabkan oleh truk yang mogok saat melewati jalan menanjak, entah itu disebabkan oleh mesin truk yang sudah kurang bagus atau bahkan muatan truk yang sudah *overcapacity*. Hal ini tentu dapat mengganggu aktivitas perekonomian masyarakat. Selain karena banyak waktu yang

terbuang, terkadang hal tersebut juga dapat merusak barang yang akan diperdagangkan.

Kereta api adalah moda transportasi yang seringkali dianggap sebagai salah satu solusi untuk menjawab permasalahan yang terjadi. Kereta api mampu membawa penumpang dan barang dalam jumlah banyak. Selain itu, waktu tempuhnya juga lebih singkat karena tidak mengalami kemacetan. Lintasan serta kecepatan kereta api juga relative lebih stabil. Meskipun demikian, pembangunan rute kereta api ini tentu membutuhkan biaya yang tidak sedikit, mulai dari pembangunan rel, jembatan, terowongan, hingga stasiun. Oleh karena itu, diperlukan perancangan rute yang membutuhkan biaya seminimum mungkin pada proyek ini.



Gambar 1.1 Rel Kereta Api di Lembah Anai

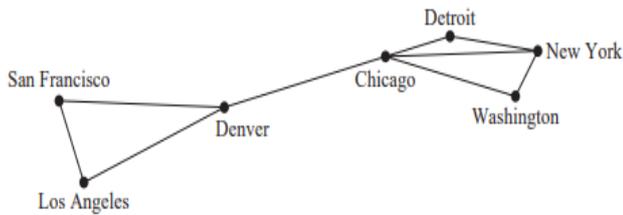
Sumber: [1]

II. LANDASAN TEORI

A. Graf

Graf adalah struktur diskrit yang terdiri atas kumpulan simpul dan kumpulan sisi. Simpul adalah representasi dari objek diskrit, sedangkan sisi adalah representasi dari hubungan atau relasi antar objek diskrit. Secara definitif, sebuah graf $G = (V, E)$ terdiri atas V , himpunan simpul yang tidak kosong dan E , himpunan sisi. Sebuah sisi memiliki satu atau dua buah simpul yang terhubung dengannya.

Sebuah graf bisa direpresentasikan dengan matriks ketetanggaan, yaitu elemen baris ke- i , kolom ke- j pada matriks bernilai 1 jika simpul i dan j bertetangga dan bernilai 0 jika tidak. Selain itu, terdapat juga representasi graf dengan matriks bersisian, mirip seperti matriks ketetanggaan, tetapi kolom pada matriks bersisian merepresentasikan sisi. Terakhir, Graf juga bisa direpresentasikan sebagai senarai ketetanggaan. Berikut adalah gambar graf suatu *network*.



Gambar 2.1 Graf yang Merepresentasikan Network
Sumber: [2]

Graf yang memiliki jumlah simpul atau sisi yang tak hingga disebut dengan *infinite graph*, sedangkan graf yang memiliki jumlah sisi dan jumlah simpul yang berhingga disebut dengan *finite graph*. Berdasarkan ada atau tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, graf dibagi menjadi dua jenis.

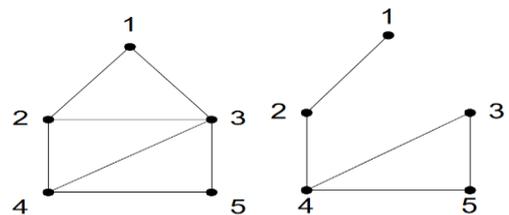
1. Graf Sederhana (*simple graph*)
Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda.
2. Graf Tak Sederhana (*unsimple graph*)
Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang. Graf tak sederhana bisa dibedakan lagi menjadi dua.
 - a) Graf ganda adalah graf yang mengandung sisi ganda.
 - b) Graf semu adalah graf yang mengandung sisi gelang.

Graf bisa digolongkan juga berdasarkan ada atau tidaknya arah pada sisinya, yaitu graf berarah dan graf tak berarah. Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya memiliki orientasi arah, yaitu memiliki head dan tail. Sisi pada graf berarah berasal dari tail menuju ke head. Sementara itu, graf tak berarah adalah graf yang hanya direpresentasikan sebagai garis lurus dan tidak memiliki orientasi arah.

Sebagai sebuah struktur diskrit, graf memiliki beberapa terminologi.

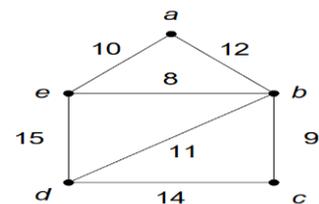
1. Bertetangga (*Adjacent*)
Dua buah simpul bertetangga jika keduanya terhubung secara langsung melalui suatu sisi.
2. Bersisian (*Incidency*)
Suatu sisi dikatakan bersisian dengan suatu simpul jika sisi menghubungkan simpul tersebut dengan simpul lainnya. Misalnya, $e = (v_1, v_2)$. Maka sisi e bersisian dengan simpul v_1 dan simpul v_2 .
3. Simpul Terpecil (*Isolated Vertex*)
Simpul yang tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya. Dengan kata lain simpul terkecil juga tidak bertetangga dengan simpul mana pun.
4. Graf Kosong
Graf yang himpunan sisinya adalah himpunan kosong. Dengan kata lain, graf hanya terdiri dari simpul-simpul yang tidak terhubung.
5. Derajat (*degree*)
Derajat suatu simpul adalah banyaknya sisi yang bersisian dengan dengan simpul tersebut. Berdasarkan teorema lemma jabat tangan, jumlah derajat semua simpul pada suatu graf selalu genap. Sementara itu, pada graf berarah derajat simpul dibagi menjadi dua, yaitu derajat masuk (d_{in}) dan derajat keluar (d_{out}).

6. Lintasan (*path*)
Lintasan adalah barisan simpul yang saling bertetangga antara suatu simpul dengan simpul sebelumnya dan simpul setelahnya. Panjang suatu lintasan adalah banyaknya sisi pada lintasan tersebut.
7. Siklus atau Sirkuit
Sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.
8. Keterhubungan
Dua buah simpul dikatakan terhubung jika terdapat sisi yang menghubungkan keduanya. Sementara itu, suatu graf dikatakan terhubung jika untuk setiap dua buah simpul, misalnya v_i dan v_j terdapat lintasan dari v_i ke v_j .
9. Upagraf dan Komplemen Upagraf
Upagraf adalah graf yang terdiri atas sebagian simpul dan sisi suatu graf utuh. Sementara itu, komplemen upagraf adalah graf yang terbentuk dari simpul dan sisi pada suatu graf utuh yang tidak termasuk ke dalam upagraf.
10. Upagraf Merentang
Suatu graf dikatakan sebagai upagraf merentang dari graf awal jika graf tersebut terdiri atas semua simpul yang ada pada graf awal.



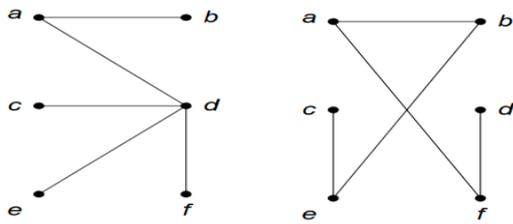
Gambar 2.2 Graf Kanan adalah Upagraf Merentang dari Graf Kiri
Sumber: [3]

11. Cut-Set
Cut-Set adalah himpunan sisi yang jika dihilangkan dari suatu graf terhubung, graf tersebut akan menjadi tidak terhubung.
12. Graf Berbobot
Graf berbobot adalah graf yang sisi-sisinya diberi suatu nilai.



Gambar 2.3 Contoh Graf Berbobot
Sumber: [3]

- B. Pohon
Pohon adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Setiap pasang simpul dari suatu pohon terhubung dengan lintasan tunggal. Jika dilakukan penambahan satu sisi pada pohon, akan terbentuk hanya satu sirkuit.

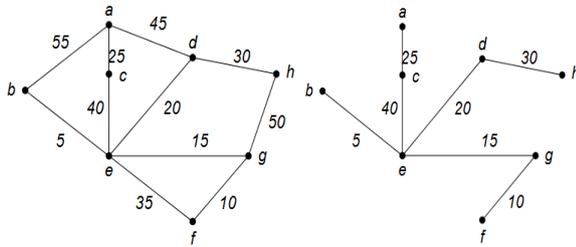


Gambar 2.4 Contoh Pohon

Sumber: [4]

Pohon merentang dari sebuah graf terhubung adalah upagraf merentang dari graf tersebut yang berbentuk pohon. Dengan kata lain, pohon merentang diperoleh dengan memutus sirkuit di dalam graf. Selain itu, selalu terdapat minimal satu buah pohon merentang pada setiap graf terhubung.

Pohon merentang minimum adalah pohon merentang yang bisa dibentuk dari suatu graf yang memiliki bobot minimum. Untuk mencari suatu pohon merentang minimum, terdapat dua buah algoritma yang sering digunakan, yaitu Algoritma Prim dan Algoritma Kruskal. Pada makalah ini, secara khusus kita hanya akan menggunakan Algoritma Kruskal. Perlu diperhatikan bahwa pohon merentang minimum sebuah graf tidaklah unik. Sebuah graf bisa saja memiliki lebih dari satu pohon merentang minimum dengan bobot yang sama. Hal ini bisa terjadi saat terdapat lebih dari satu sisi yang mempunyai bobot sama.



Gambar 2.5 Pohon (Kanan) adalah Pohon Merentang dari Graf (Kiri)

Sumber: [4]

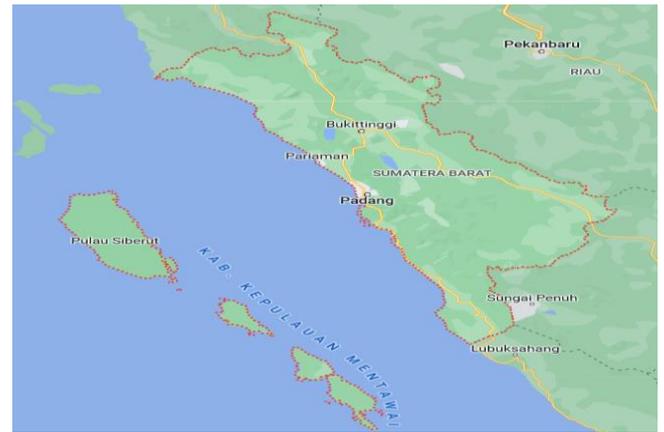
C. Algoritma Kruskal

Algoritma Kruskal adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk mencari pohon merentang minimum dari sebuah graf. Berbeda dengan Algoritma Prim, Algoritma Kruskal tidak membatasi pemilihan sisi harus selalu terhubung di setiap langkah. Pemilihan sisi dilakukan secara bebas dengan memerhatikan keterurutan bobot yang menaik. Secara umum Algoritma Kruskal dilakukan dalam tiga tahapan.

1. Lakukan pengurutan terhadap setiap sisi graf dari bobot terkecil hingga bobot terbesar.
2. Pilih sisi yang mempunyai bobot minimum yang tidak membentuk sirkuit di pohon dan tambahkan sisi tersebut pada pohon.
3. Ulangi langkah kedua sampai terbentuk pohon merentang minimum.

III. PEMBAHASAN

A. Kondisi Awal dan Pemilihan Stasiun



Gambar 3.1 Peta Provinsi Sumatera Barat

Sumber: [5]

Provinsi Sumatra Barat terletak di pesisir barat Pulau Sumatra. Provinsi ini terdiri atas dua belas kabupaten dan tujuh kota. Sumatra Barat bisa dibagi menjadi bagian daratan dan bagian kepulauan (Kepulauan Mentawai). Pada makalah ini, rute kereta api yang dirancang hanya terletak di bagian daratan. Hal ini lantaran karena Kepulauan Mentawai dan daratan Sumatra dipisahkan oleh lautan sejauh 174 kilometer sehingga pembangunan rute ke sana akan membutuhkan biaya yang sangat banyak.

Rute rel kereta api di Sumatra Barat telah ada sejak zaman kolonial Belanda. Pembukaan jalur kereta api Sawahlunto-Teluk Bayur dilakukan pada 1 Juli 1891. Pada awalnya, Sistem perkeretaapian ini dibangun oleh Belanda untuk membawa hasil pertanian dari pedalaman Minangkabau ke Kota Padang. Namun, setelah ditemukannya batu bara di daerah ombilin, pembangunan sistem perkeretaapian ditujukan untuk pengangkutan hasil tambang batu bara.

Konstruksi jalur kereta api di daerah pedalaman Sumatra Barat menggunakan teknologi yang sedikit berbeda dibandingkan dengan teknologi yang biasa digunakan. Kondisi daerah yang didominasi oleh bukit dan lembah menyebabkan Belanda menggunakan rel bergerigi (model konstruksi Rikkenbach). Selain itu, untuk melintasi lembah, Belanda menggunakan jembatan tinggi, contohnya pada jembatan yang berada di daerah Lembah Anai.

Rancangan rute kereta api trans Sumatra Barat akan mengikuti jalur kereta api yang sudah pernah dibangun oleh Belanda dengan melakukan rekonstruksi pada jalur yang telah rusak. Selain jalur yang sudah ada, terdapat banyak jalur tambahan dengan tujuan semua kota dan kabupaten di Sumatra Barat terhubung oleh jalur kereta api. Jalur kereta api yang sudah bisa dioperasikan di Sumatra Barat adalah jalur Padang – Pariaman dan Bandara Internasional Minangkabau (BIM) – Kayu Tanam. Dengan demikian, sudah terdapat tiga buah kabupaten/kota yang terhubung oleh jalur keretea api. Pada rancangan ini, akan dibangun minimal satu buah stasiun pada setiap kabupaten/kota di Sumatra Barat. Pertimbangan lokasi stasiun di setiap kota/kabupaten yang saat ini belum terdapat stasiun adalah lokasi dengan penduduk terbanyak. Berikut adalah rencana lokasi stasiun.

No	Kabupaten/Kota	Stasiun
1	Kabupaten Agam	Lubuk Basung
2	Kabupaten Dharmasraya	Pulau Punjung
3	Kabupaten Lima Puluh Kota	Sarilamak
4	Kabupaten Padang Pariaman	Lubuk Alung
5	Kabupaten Pasaman	Lubuk Sikaping
6	Kabupaten Pasaman Barat	Simpang Ampek
7	Kabupaten Pesisir Selatan	Painan
8	Kabupaten Sijunjung	Muaro Sijunjung
9	Kabupaten Solok	Arosuka
10	Kabupaten Solok Selatan	Padang Aro
11	Kabupaten Tanah Datar	Batusangkar
12	Kota Padang	Simpang Haru
13	Kota Pariaman	Kampung Pondok
14	Kota Payakumbuh	Parit Rintang
15	Kota Sawahlunto	Talawi
16	Kota Bukittinggi	Guguk Panjang
17	Kota Solok	Kampung Jawa
18	Kota Padang Panjang	Pasar Usang

Tabel 1 Rancangan Lokasi Stasiun di Sumatra Barat

B. Biaya Pembangunan Jalur Kereta Api

Daerah jalur kereta api di Sumatra Barat bisa dikategorikan menjadi daerah dataran tinggi dan daerah dataran rendah. Daerah dataran tinggi memiliki tanah yang relatif tidak rata. Hal ini dapat meningkatkan beban pembiayaan jika dibandingkan dengan daerah dataran rendah yang kondisi tanahnya cenderung rata. Selain itu, daerah transisi antara dataran tinggi dan dataran rendah di Sumatra Barat seringkali berbukit-bukit dan berlembah-lembah karena daerah tersebut juga dilalui oleh pegunungan bukit barisan. Akibatnya, jalur kereta api yang melalui daerah transisi akan membutuhkan biaya yang paling mahal. Berikut adalah stasiun yang berada pada daerah dataran rendah.

1. Stasiun Lubuk Alung
2. Stasiun Simpang Haru
3. Stasiun Kampung Pondok
4. Stasiun Painan

Selain keempat stasiun tersebut, stasiun yang direncanakan akan berada pada daerah dataran tinggi. Mengacu pada literatur-literatur yang ada, pembangunan jalur kereta api ini diasumsikan menghabiskan biaya 30 – 40 miliar rupiah per kilometer. Lebih rincinya, pembangunan jalur kereta api antara daerah dataran rendah dengan daerah dataran rendah akan menghabiskan biaya sebesar 30 miliar rupiah per kilometer. Pembangunan jalur kereta api antara daerah dataran tinggi ke daerah dataran tinggi akan menghabiskan biaya 35 miliar rupiah per kilometer. Sementara itu, pembangunan jalur kereta api antara daerah dataran rendah dengan daerah dataran tinggi atau sebaliknya akan menghabiskan biaya sebesar 40 miliar rupiah per kilometer.

Jaringan kereta api yang mungkin dibangun tidak bisa membentuk graf lengkap karena daerah Sumatra Barat memiliki bentuk yang cenderung memanjang sehingga beberapa daerah tidak bisa terhubung secara langsung, tetapi harus melalui daerah lain terlebih dahulu. Selain itu, beberapa daerah yang bersebelahan juga tidak bisa dibangun jalur langsung karena medan yang sulit dengan menembus Pegunungan Bukit Barisan sehingga biaya yang dibutuhkan akan menjadi sangat jauh dari asumsi, jalur tersebut adalah jalur Painan – Padang Aro dan

Painan – Arosuka. Sebagai informasi tambahan, Anggaran biaya yang telah disebutkan tadi merupakan anggaran biaya untuk konstruksi jalur kereta api ganda sehingga representasi jalur kereta api adalah sisi tak berarah. Berikut daftar jalur kereta api trans Sumatra Barat yang mungkin beserta panjang jalur (jarak antarstasiun) dan biaya konstuksinya.

No	Stasiun 1	Stasiun 2	Jarak*	Biaya**
1	Painan	Simpang Haru	77	2.310
2	Simpang Haru	Arosuka	31	1.240
3	Simpang Haru	Kampung Pondok	55,8	1.674
4	Simpang Haru	Lubuk Alung	48	1.440
5	Arosuka	Kampung Jawa	25	875
6	Arosuka	Padang Aro	97,3	3.406
7	Arosuka	Pulau Punjung	142	4.970
8	Arosuka	Muaro Sijunjung	67,4	2.359
9	Kampung Jawa	Padang Aro	115	4.025
10	Kampung Jawa	Pulau Punjung	123	4.305
11	Kampung Jawa	Muaro Sijunjung	47,7	1.670
12	Kampung Jawa	Pasar Usang	55,4	1.939
13	Kampung Jawa	Talawi	44	1.540
14	Kampung Jawa	Batusangkar	48,5	1.698
15	Padang Aro	Pulau Punjung	164	5.740
16	Pulau Punjung	Muaro Sijunjung	83,3	2.916
17	Muaro Sijunjung	Talawi	26,5	928
18	Muaro Sijunjung	Batusangkar	58,8	2.058
19	Muaro Sijunjung	Sarilamak	84,6	2.961
20	Muaro Sijunjung	Parit Rintang	79,1	2.769
21	Talawi	Batusangkar	32,3	1.130
22	Batusangkar	Pasar Usang	28,4	994
23	Batusangkar	Sarilamak	44,3	1.550
24	Batusangkar	Parit Rintang	34,6	1.211
25	Batusangkar	Guguk Panjang	42,8	1.498
26	Pasar Usang	Kampung Pondok	46,6	1.864
27	Pasar Usang	Lubuk Alung	37,4	1.496
28	Pasar Usang	Guguk Panjang	19,7	690
29	Pasar Usang	Lubuk Basung	73,3	2.566
30	Pasar Usang	Parit Rintang	46,7	1.634
31	Pasar Usang	Sarilamak	56,7	1.984

32	Kampung Pondok	Lubuk Alung	22,6	678
33	Kampung Pondok	Lubuk Basung	41,9	1.676
34	Kampung Pondok	Guguk Panjang	66,1	2.644
35	Kampung Pondok	Simpang Ampek	120	4.800
36	Kampung Pondok	Lubuk Sikaping	121	4.840
37	Lubuk Basung	Lubuk Sikaping	80,9	2.831
38	Lubuk Basung	Simpang Ampek	79,5	2.782
39	Lubuk Basung	Guguk Panjang	60,2	2.107
40	Guguk Panjang	Sarilamak	43,7	1.530
41	Guguk Panjang	Parit Rintang	33,6	1.176
42	Guguk Panjang	Simpang Ampek	113	3.955
43	Guguk Panjang	Lubuk Sikaping	75,3	2.636
44	Parit Rintang	Sarilamak	10,1	354
45	Lubuk Sikaping	Simpang Ampek	84,9	2.972

* Jarak dinyatakan dalam satuan kilometer(km)

** Biaya (telah dibulatkan) dinyatakan dalam satuan miliar rupiah

Tabel 2 Jalur Kereta Api Trans Sumatra Barat yang Mungkin

C. Penentuan Rute Trans Sumatra Barat

Setelah data stasiun dan jalur didapatkan, jaringan kereta api dapat direpresentasikan sebagai sebuah graf. Simpul pada graf merepresentasikan stasiun, sedangkan sisi pada graf merepresentasikan biaya konstruksi jalur kereta api. Rute trans Sumatra Barat ditentukan dengan pertimbangan semua stasiun terhubung satu sama lain oleh suatu lintasan dan biaya pembangunan jaringan kereta api harus seminimum mungkin. Untuk itu, penentuan rute trans Sumatra Barat dapat dilakukan dengan memanfaatkan Algoritma Kruskal. Algoritma Kruskal dipilih oleh penulis karena algoritma ini dirasa lebih fleksibel dan lebih mudah diterapkan oleh penulis pada kasus graf dengan sisi yang banyak. Berikut penerapan Algoritma Kruskal pada rancangan rute ini.

Bobot Terurut.	arr[0]: Nomor jalur	arr[1]: Bobot			
1.	[44, 354]	16.	[23, 1550]	31.	[34, 2644]
2.	[32, 678]	17.	[30, 1634]	32.	[20, 2769]
3.	[28, 690]	18.	[11, 1670]	33.	[38, 2782]
4.	[5, 875]	19.	[3, 1674]	34.	[37, 2831]
5.	[17, 928]	20.	[33, 1676]	35.	[16, 2916]
6.	[22, 994]	21.	[14, 1698]	36.	[19, 2961]
7.	[21, 1130]	22.	[26, 1864]	37.	[45, 2972]
8.	[41, 1176]	23.	[12, 1939]	38.	[6, 3406]
9.	[24, 1211]	24.	[31, 1984]	39.	[42, 3955]
10.	[2, 1240]	25.	[18, 2058]	40.	[9, 4025]
11.	[4, 1440]	26.	[39, 2107]	41.	[10, 4305]
12.	[27, 1496]	27.	[1, 2310]	42.	[35, 4800]
13.	[25, 1498]	28.	[8, 2359]	43.	[36, 4840]
14.	[40, 1530]	29.	[29, 2566]	44.	[7, 4970]
15.	[13, 1540]	30.	[43, 2636]	45.	[15, 5740]

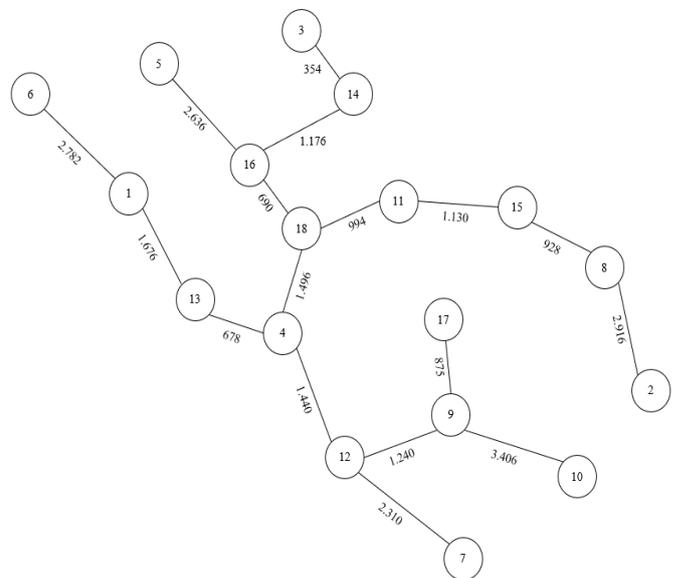
Gambar 3.2 Langkah ke-0 Algoritma Kruskal

Sumber: Dokumen Pribadi

Langkah Ke	Stasiun 1	Stasiun 2	Biaya*
1	Parit Rintang	Sarilamak	354
2	Kampung Pondok	Lubuk Alung	678
3	Pasar Usang	Guguk Panjang	690
4	Arosuka	Kampung Jawa	875
5	Muaro Sijunjung	Talawi	928
6	Batusangkar	Pasar Usang	994
7	Talawi	Batusangkar	1.130
8	Guguk Panjang	Parit Rintang	1.176
9	Simpang Haru	Arosuka	1.240
10	Simpang Haru	Lubuk Alung	1.440
11	Pasar Usang	Lubuk Alung	1.496
12	Kampung Pondok	Lubuk Basung	1.676
13	Painan	Simpang Haru	2.310
14	Guguk Panjang	Lubuk Sikaping	2.636
15	Lubuk Basung	Simpang Ampek	2.782
16	Pulau Punjung	Muaro Sijunjung	2.916
17	Arosuka	Padang Aro	3.406
Total			26.727

* Biaya (telah dibulatkan) dinyatakan dalam satuan miliar rupiah

Tabel 2 Implementasi Algoritma Kruskal



Gambar 3.3 Pohon Merentang Jaringan Kereta Api

* Bobot dari sisi adalah biaya konstruksi jalur, nomor pada simpul mengacu pada tabel 1

Sumber: Dokumen Pribadi

Perhatikan bahwa pada rancangan rute kereta api ini, semua jalur kereta api dianggap sebagai jalur yang baru sehingga biaya konstruksi jalur-jalur yang sudah ada juga diperhitungkan. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa rancangan rute ini ditujukan untuk pembangunan suatu rute baru. Jalur yang dimaksud sudah ada di sini adalah jalur Simpang Haru – Lubuk Alung dan Lubuk Alung – Kampung Pondok. Selain itu, jalur-jalur dan infrastruktur kereta api zaman kolonial juga diasumsikan dibangun ulang karena banyak yang memang sudah tidak layak untuk digunakan. Dengan kata lain, jalur-jalur yang sebelumnya sudah ada tidak dianggap sebagai bagian dari rancangan ini.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan jaringan kereta api menggunakan graf dapat membantu menganalisis berbagai persoalan sistem perkeretaapian yang berkaitan dengan konektivitas, lintasan, dan properti struktur graf lainnya. Lebih lanjut, teori graf bisa dimanfaatkan di berbagai bidang. Perkembangan zaman di era digitalisasi ini berkaitan erat dengan isu konektivitas dan jaringan. Hal ini tentunya menjadikan teori graf memiliki peran yang sangat vital sebagai landasan dalam pengembangan teknologi.

Pemanfaatan teori graf dan turunannya, yaitu konsep *minimum spanning tree* dalam merancang rute kereta api trans Sumatra Barat memberikan beberapa keuntungan, seperti biaya konstruksi yang minimum, rute yang dihasilkan rapi dan efisien, serta mampu menghubungkan semua stasiun dengan jumlah jalur yang minimum. Lebih lanjut, stasiun yang merupakan stasiun transit, seperti stasiun di Padang, Lubuk Alung, Padang Panjang, Bukittinggi dan Arosuka memiliki potensi ekonomi yang bagus dengan posisi strategis yang dimiliki. Potensi ini diharapkan mampu mendongkrak perekonomian di daerah-daerah tersebut.

Penelitian ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut dalam hal perancangan stasiun-stasiun satelit atau pendukung. Stasiun pendukung ini bisa berperan penting dalam meningkatkan keterhubungan daerah-daerah melalui kereta api, terutama jika stasiun pendukung dibangun di jalur-jalur yang panjang. Selain itu, pembangunan jalur tambahan juga bisa dilakukan. Dengan ketentuan, rute yang dibangun bukan lagi memiliki konsep *Minimum Spanning Tree*, tetapi sudah dimodifikasi agar jalur-jalur strategis yang sering dilalui oleh masyarakat juga bisa dilalui oleh kereta api. Sebagai contoh, jalur tambahan yang bisa dibangun adalah jalur Lubuk Sikaping – Simpang Ampek dan Kampung Jawa – Batusangkar. Kedua jalur tambahan ini mampu memberikan dampak yang signifikan sehingga kelebihan biaya konstruksi yang dibutuhkan setimpal dengan keuntungan yang diperoleh.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan makalah ini dengan baik. Penulis berterima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan makalah ini. Penulis juga berterima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Matematika Diskrit Semester 3 2022/2023 Kelas K01, Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, S.T., M.Sc. atas pengajaran yang beliau berikan sehingga saya bisa memahami materi, terutama materi teori graf dan pohon ini dengan lebih baik. Terakhir, penulis memohon maaf apabila di dalam penulisan makalah ini terdapat kesalahan baik disengaja, maupun tidak disengaja. Penulis berharap makalah ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

REFERENSI

- [1] Ansam, Hermanto. 2018. Kereta Gantung akan Dibangun Menghubungkan Lembah Anai – Kota Padang Panjang, Ini Menampilkan Keindahan Udara Luar Biasa. Diakses melalui <https://www.gosumbar.com/berita/baca/2018/01/25/kereta-gantung-akan-dibangun-menghubungkan-lembah-anai-kota-padang-panjang-ini-menampilkan> pada 5 Desember 2022.
- [2] K. H. Rosen, Discrete Mathematics and Its Applications = 离散数学及其应用 / . Beijing: China Machine Press, 2017.
- [3] Munir, Rinaldi. 2020. Graf (bag.1) Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit. Diakses melalui <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> pada 9 Desember 2022.
- [4] Munir, Rinaldi. 2020. Graf (bag.1) Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit. Diakses melalui <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf> pada 9 Desember 2022.
- [5] Google Maps. 2022. Diakses melalui <https://www.google.com/maps/place/West+Sumatra/@-0.7539152,98.9116134,8.17z/data=!4m5!3m4!1s0x2fd4b94cf0744245:0x70b151b975d53b55!8m2!3d-0.7399397!4d100.8000051> pada 10 Desember 2022.
- [6] Trivusi. 2022. Struktur Data Tree: Pengertian, Jenis, dan Kegunaannya. Diakses melalui <https://www.trivusi.web.id/2022/07/struktur-data-tree.html> pada 9 Desember 2022.
- [7] Nugraha, Deny Wiria. 2011. Algoritma Kruskal. Diakses melalui <http://teknikelektro-teknologiinformasi.blogspot.com/2011/12/algoritma-kruskal.html> pada 9 Desember 2022.
- [8] Karmakar, Ankur. 2022. Kruskal's Algorithm (Simple Implementation for Adjacency Matrix). Diakses melalui [Kruskal's Algorithm \(Simple Implementation for Adjacency Matrix\) - GeeksforGeeks](https://www.geeksforgeeks.org/kruskals-algorithm-simple-implementation-for-adjacency-matrix/) pada 11 Desember 2022.
- [9] Anonim. Rencana Pembangunan Fasilitas Kereta Api. Diakses melalui https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11763893_08.pdf pada 10 Desember 2022.
- [10] Anonim. 2014. Ini Ongkos Bikin Rel KA Tiap 1 Kilometer Versi Kemenhub. Diakses melalui <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-2577365/ini-ongkos-bikin-rel-ka-tiap-1-kilometer-versi-kemenhub> pada 10 Desember 2022.
- [11] Badan Pusat Statistik Kota Padang. 2021. Jarak Kota Padang dengan Kota Lain di Sumbar (km), 2018–2021. Diakses melalui <https://padangkota.bps.go.id/indicator/153/354/1/jarak-kota-padang-dengan-kota-lain-di-sumbar.html> pada 10 Desember 2022.
- [12] Rahmat, Syahrul. 2019. Jejak Kereta Api di Sumatra Barat. Diakses melalui <https://langgam.id/jejak-kereta-api-di-sumatra-barat/> pada 9 Desember 2022.

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, 11 Desember 2022



Muhammad Fadhil Amri
13521066