

Penerapan Pohon Merentang Minimum dalam Perancangan Jalur Kereta Cepat di Pulau Jawa

Dafi Ihsandiya Faraz - 13516057
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13516057@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Kereta merupakan sebuah moda transportasi yang sudah ada sejak dahulu kala. Di Indonesia, sejarah perkeretaapian dimulai ketika pencangkulan pertama jalur kereta api Semarang-Vorstenlanden (Solo-Yogyakarta) di Desa Kemijen oleh Gubernur Jendral Hindia Belanda Mr. L.A.J Baron Sloet van de Beele tanggal 17 Juni 1864. Semenjak itu teknologi perkeretaapian telah meningkat dengan pesat.

Kini, kereta berkecepatan tinggi sudah dapat ditemui di berbagai negara, diantaranya Tiongkok, Italia, Perancis, Jepang, dan Spanyol. Meskipun sampai saat ini kereta cepat masih belum dapat menandingi kecepatan pesawat komersil, kemudahan dalam menggunakannya mengakibatkan banyak orang untuk lebih memilih penggunaan kereta cepat, terutama di Jepang dimana jaringan kereta cepat sudah mencakupi berbagai kota besar disana.

Indonesia kini sudah mulai menunjukkan ketertarikan terhadap kereta cepat sebagai solusi transportasi antarkota, dengan kereta cepat antara Bandung dengan Jakarta sedang dalam pembangunan. Makalah ini akan melakukan kajian terhadap jalur untuk kereta cepat yang akan menghubungkan ibukota provinsi di Pulau Jawa dengan memanfaatkan teori graf serta penerapan pohon merentang minimum.

Keywords—Kereta Cepat, Graf, Pohon Merentang, Transportasi.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambah padatnya jalan raya, masyarakat mulai mencari moda transportasi alternatif dari mobil dan motor pribadi. Untuk solusi dalam kota, masyarakat di Jakarta sudah mulai beralih ke MRT sebagai moda transportasi pilihannya. Namun untuk transportasi antarkota - terutama menuju kota yang jauh dari kota asal - masyarakat lebih memilih untuk menggunakan pesawat karena kecepatannya.



Gambar 1 Shinkansen, Kereta Cepat Jepang

Sumber:

<http://cdn.cnn.com/cnnnext/dam/assets/180315123710-shinkansen-supreme-n700s.jpg>

Sebagai perbandingan, masyarakat di Jepang lebih sering menggunakan kereta api sebagai moda transportasi utamanya. Salah satu faktor yang mendukung masyarakat Jepang untuk menggunakan moda transportasi kereta api yaitu ketersediaan jalur kereta api yang luas dan ekstensif.

Untuk dalam kota, terdapat *railway* JR yang melewati berbagai daerah di kota tersebut, sedangkan untuk antarkota tersedia kereta cepat Shinkansen yang dapat menempuh jarak 500km hanya dalam waktu 2 jam 30 menit.

Bila dibandingkan dengan pesawat, moda transportasi kereta berpotensi menggerakkan massa lebih banyak dibandingkan dengan pesawat, karena tidak perlu melewati tahapan yang rumit seperti check in, baggage claim, takeoff dan landing.

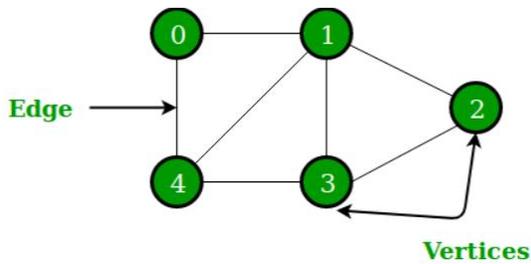
Meski kereta cepat memiliki berbagai macam keuntungan dibandingkan pesawat, terdapat satu kelemahan yang cukup signifikan. Kelemahan tersebut adalah kereta cepat membutuhkan sebuah jalur atau rel untuk dapat berfungsi. Berbeda dengan pesawat yang hanya membutuhkan *runway* pesawat untuk dapat digunakan. Sehingga, apabila kereta cepat akan digunakan untuk mencapai jarak yang jauh, misal 500 km, maka seminimalnya 500km rel perlu dibangun untuk mengakomodasi kereta cepat tersebut. Kenyataannya,

Oleh karena itu, diusulkan sebuah metode pendekatan pembangunan jalur kereta api cepat, dengan memanfaatkan teori graf serta pohon merentang minimum untuk meminimalisir *cost* baik dari segi waktu maupun uang.

II. LANDASAN TEORI

A. Graf

Graf merupakan sebuah representasi visual dari serangkaian objek diskrit serta hubungan diantara objek-objek tersebut. Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) yang ditulis sebagai $G = (V, E)$. Dalam hal ini, V melambangkan himpunan simpul / *vertices*, dan E melambangkan himpunan sisi / *edges*. Untuk dapat disebut sebagai graf, V haruslah tidak kosong, tetapi E boleh kosong [1].



Gambar 2 Komponen Graf

Sumber: <https://www.geeksforgeeks.org/graph-data-structure-and-algorithms>

Didalam penggunaan graf, terdapat istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan elemen-elemen sebagai berikut:

1. Sisi (Edge)
Sisi pada graf menandakan hubungan antara dua simpul. Sisi dapat memiliki nilai yang merepresentasikan bobot hubungan antar simpul yang dihubungkannya.
2. Simpul (Vertices)
Simpul merupakan objek diskrit yang direpresentasikan didalam graf.
3. Derajat
Derajat merupakan jumlah sisi yang terhubung pada suatu simpul. Dapat juga diartikan sebagai banyaknya simpul yang terhubung pada suatu simpul.
4. Lintasan
Lintasan adalah sisi yang ditempuh untuk mencapai dari satu simpul ke simpul lainnya.
5. Sirkuit
Sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.
6. Bertetangga
Dua simpul dapat disebut sebagai bertetangga apabila kedua simpul tersebut saling terhubung dengan sebuah sisi
7. Bersisian
Untuk sembarang sisi $e = (u, v)$, sisi e dinyatakan bersisian dengan simpul u dan v .

Berdasarkan arahnya, graf terbagi menjadi dua jenis:

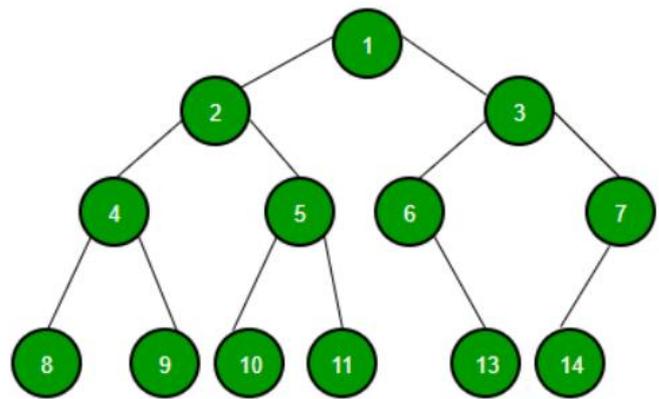
1. Graf tak berarah (undirected graph)
Graf yang tidak memiliki orientasi arah

2. Graf berarah (directed graph)
Graf yang memiliki orientasi arah

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, graf dapat digolongkan menjadi dua jenis:

1. Graf Sederhana
Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda
2. Graf Tak Sederhana
Graf yang mengandung gelang, sisi ganda atau keduanya

B. Pohon



Gambar 3 Diagram Pohon

Pohon merupakan sebuah graf yang tidak memiliki arah dan tidak juga memiliki sirkuit. Sifat pohon yaitu untuk pohon yang berjumlah n -simpul, terdapat $n - 1$ sisi. Setiap simpul dalam pohon harus terhubung satu sama lain, apabila terdapat satu sisi yang terputus, maka pohon tersebut sudah terbagi menjadi dua. Sekumpulan pohon dapat disebut sebagai hutan (forest).

Pohon merentang minimum adalah pohon merentang yang berbobot pohon minimum. Bobot pohon T didefinisikan sebagai jumlah bobot semua sisi pada T [1].

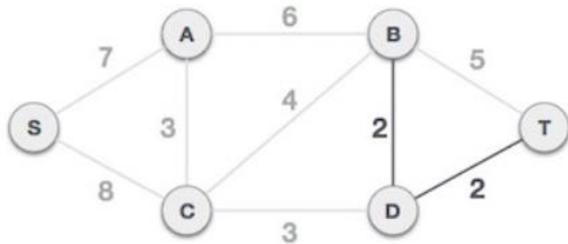
C. Algoritma Kruskal

Algoritma Kruskal merupakan salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk mencari pohon merentang minimum pada suatu graf. Dalam algoritma Kruskal, setiap sisi dalam graf diurutkan terlebih dahulu berdasarkan bobotnya dari kecil ke besar.

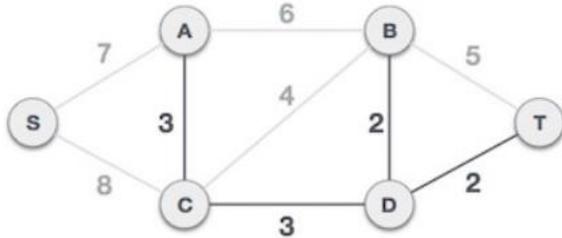
B, D	D, T	A, C	C, D	C, B	B, T	A, B	S, A	S, C
2	2	3	3	4	5	6	7	8

Tabel 1 Contoh Tabel Keterhubungan

Kemudian secara bertahap dimulai dari sisi terkecil, sisi dimasukkan kedalam himpunan T .

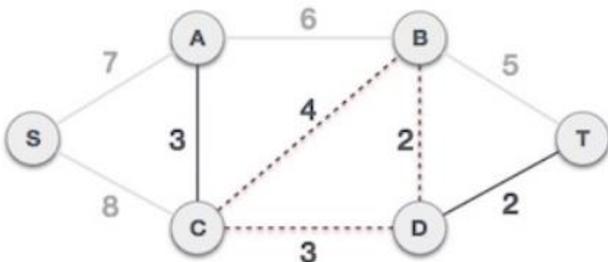


Gambar 4 Pemasukan Sisi 1



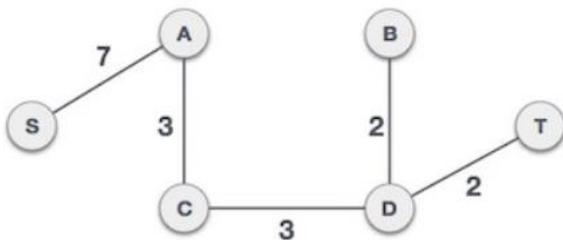
Gambar 5 Pemasukan Sisi 2

Apabila dengan adanya sisi yang baru dimasukkan tersebut terbentuk sebuah sirkuit, maka sisi tersebut akan dihapus dari himpunan.



Gambar 6 Penghapusan Sisi karena Terbentuk Sirkuit

Tahapan akan selesai apabila semua simpul sudah tersambung.



Himpunan T yang dihasilkan merupakan pohon merentang minimum yang didapat dari graf tersebut.

Alternatif dari algoritma kruskal dalam menentukan pohon merentang minimum yaitu algoritma prim. Algoritma prim melakukan pendekatannya dengan membentuk pohon terlebih dahulu, dimulai dengan simpul yang terhubung dengan sisi dengan bobot terkecil, kemudian secara bertahap menambahkan simpul lain berdasarkan bobot sisinya.

III. PENENTUAN JALUR KERETA CEPAT

A. Menentukan Simpul dan Sisi

Simpul yang dibentuk merupakan semua ibukota

provinsi yang terletak di pulau Jawa, yaitu Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Surabaya, dan Serang.

Sisi yang dibentuk akan berupa jalur kereta yang melewati setiap kota yang telah ditentukan. Pada tahap awal, setiap simpul akan terhubung dengan simpul lainnya hingga membentuk sebuah graf lengkap. Bobot setiap sisi akan berupa jarak antara dua kota yang dihubungkannya.

Hasil pencarian di Google Maps menghasilkan tabel jarak antarkota sebagai berikut.

	Jakarta	Bandung	Semarang	Yogyakarta	Surabaya	Serang
Jakarta	x	116	407	428	661	74
Bandung	x	x	311	318	566	184
Semarang	x	x	x	88	256	482
Yogyakarta	x	x	x	x	269	501
Surabaya	x	x	x	x	x	740
Serang	x	x	x	x	x	x

Tabel 2 Jarak Antar Kota (dalam km)

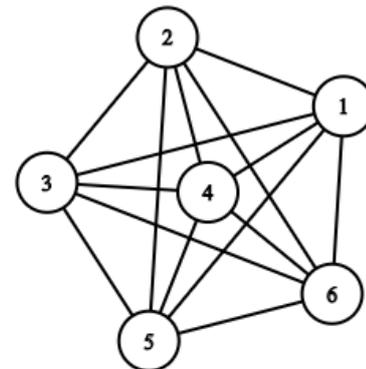
B. Membuat Graf

Untuk memudahkan pembuatan graf, setiap kota akan direpresentasikan sebagai sebuah angka. Representasi angka untuk setiap kota akan dilakukan berdasarkan tabel perwakilan angka untuk kota sebagai berikut.

Simpul	Nama Kota
1	Jakarta
2	Bandung
3	Semarang
4	Yogyakarta
5	Surabaya
6	Serang

Tabel 3 Perwakilan Angka untuk Kota

Setelah melakukan perwakilan angka, dapat dibentuk graf yang menunjukkan keterhubungan antar simpul sebagai berikut.



Gambar 7 Graf Lengkap Hubungan Antarkota

Graf lengkap ini kemudian akan menjadi dasar untuk pemrosesan menjadi sebuah pohon merentang minimum.

C. Mencari Pohon Merentang Minimum

Untuk mencari pohon merentang minimum dari sebuah graf, dapat digunakan pemrosesan dengan algoritma Kruskal. Tahapan dalam pemrosesan menggunakan algoritma kruskal adalah sebagai berikut.

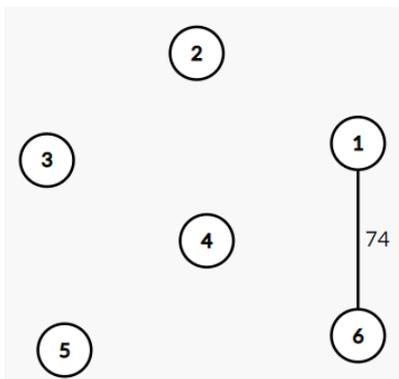
1. Mengurutkan seluruh sisi berdasarkan bobot sisi tersebut. Hasil pengurutan ditampilkan pada tabel berikut.

Simpul 1	Simpul 2	Bobot
1	6	74
3	4	88
1	2	116
2	6	184
3	5	256
4	5	269
2	3	311
2	4	318
1	3	407
1	4	428
3	6	482
4	6	501
2	5	566
1	5	661
5	6	740

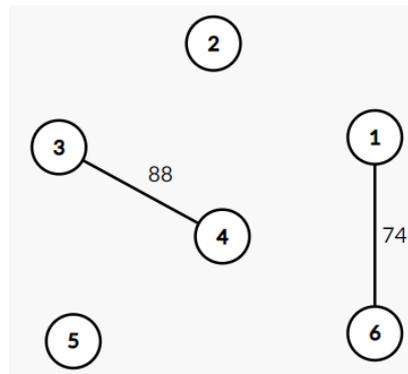
Tabel 4 Pengurutan Sisi berdasarkan Bobot

2. Dari tabel diatas, memasukkan setiap sisi dimulai dari bobot terkecil kedalam himpunan, namun mengabaikan sisi yang dapat mengakibatkan terbentuknya sirkuit. Proses akan dilakukan hingga seluruh simpul telah masuk dalam himpunan.

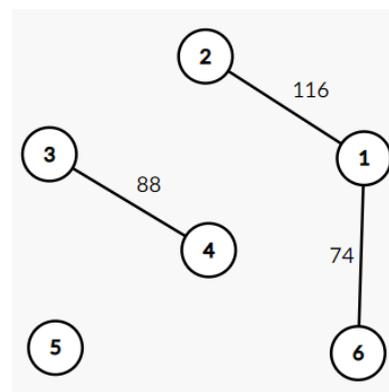
- a. Memasukkan simpul 1-6 dengan bobot 74



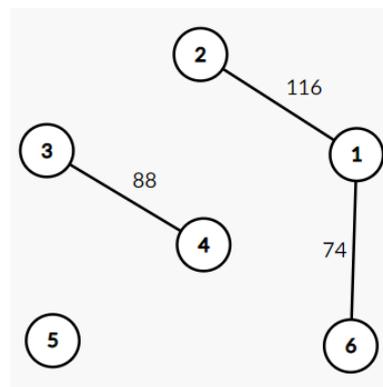
- b. Memasukkan simpul 3-4 dengan bobot 88



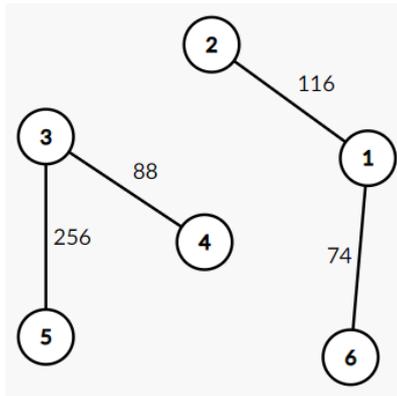
- c. Memasukkan simpul 1-2 dengan bobot 116



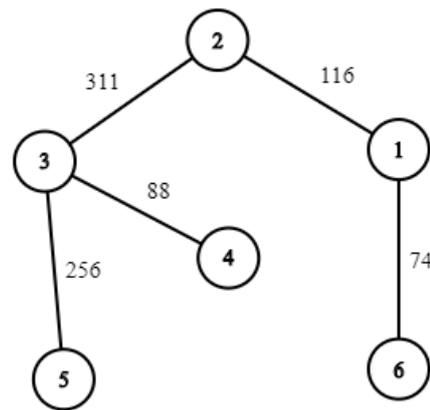
- d. Mengabaikan simpul 2-6 karena dapat membentuk sirkuit



- e. Memasukkan simpul 3-5 dengan bobot 256

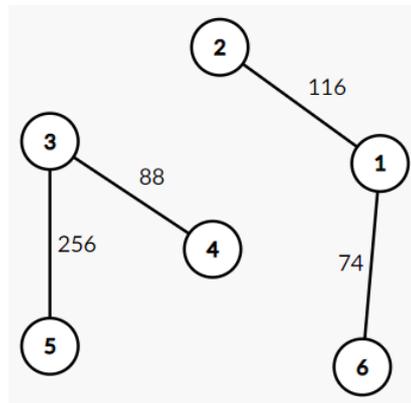


memiliki bentuk pohon merentang minimum sebagai berikut.

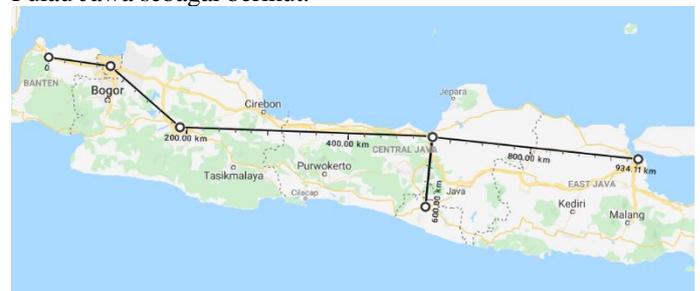


Gambar 8 Pohon Merentang Minimum Antarkota

- f. Mengabaikan simpul 4-5 karena dapat membentuk sirkuit

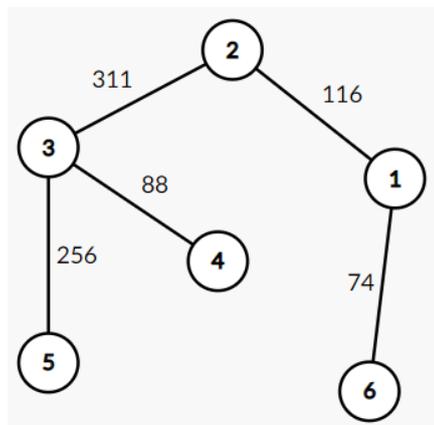


Berdasarkan pohon merentang minimum yang telah dibuat, dapat divisualisasikan jalur kereta cepat pada peta Pulau Jawa sebagai berikut.



Gambar 9 Jalur Kereta Cepat Berdasarkan Pohon Merentang Minimum

- g. Memasukkan simpul 2-3 dengan bobot 311



3. Berdasarkan himpunan yang diperoleh dari tahap 2, membentuk ulang graf. Graf yang dibentuk akan

IV. KESIMPULAN

Teori graf dan pohon merentang minimum memiliki berbagai kegunaan. Salah satu kegunaan teori tersebut dapat dilihat dalam perancangan jalur kereta cepat. Dengan penggunaan teori graf dan pohon merentang minimum, dapat ditentukan jalur rel yang ideal untuk dibangun, berdasarkan jarak dan biaya yang diperlukan untuk membangun jalur rel tersebut.

Tentu saja dalam implementasinya, masih banyak faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pembangunan rel kereta cepat, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut dari penelitian ini selain analisis dari segi jarak.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT. karena atas izinnya penulis dapat menyelesaikan tugas makalah ini. Ucapan terima kasih juga ingin disampaikan oleh penulis kepada orang tua penulis atas dukungannya selama ini, serta kepada seluruh dosen mata kuliah Matematika Diskrit, terutama kepada Ibu Farizka selaku dosen pengajar kelas K03, atas ilmu yang telah disampaikan.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. Matematika Diskrit, Bandung: Informatika, 2010, edisi keempat.
- [2] <https://heritage.kai.id/page/sejarah-perkeretapiannya>, diakses tanggal 4 Desember 2019.
- [3] <https://www.javatpoint.com/graph-theory-tree-and-forest>, diakses tanggal 5 Desember 2019
- [4] <https://www.geeksforgeeks.org/graph-and-its-representations/> diakses tanggal 5 Desember 2019
- [5] <https://www.geeksforgeeks.org/kruskals-minimum-spanning-tree-algorithm-greedy-algo-2/>, Diakses tanggal 5 Desember 2019

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 2019



Dafi Ihsandiya Faraz - 13516057