

Perancangan Rute Shinkansen di Pulau Jawa Menggunakan Graf dan Pohon Merentang Minimum

Indam Muhammad / 13512026
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
indam.muhammad@students.itb.ac.id

Abstrak—Di Pulau Jawa, yang memiliki kebutuhan transportasi antarkota yang tinggi, penggunaan moda transportasi berbasis jalan raya tidak lagi tepat dikarenakan waktu tempuh yang lama dan penggunaan bahan bakar yang tidak ramah lingkungan. Kereta api yang ada saat ini juga memiliki waktu tempuh yang cukup lama dan menggunakan transportasi udara juga kurang tepat karena kurang praktis digunakan. Oleh karena itu, teknologi seperti shinkansen dibutuhkan. Shinkansen merupakan transportasi berbasis rel berteknologi moderen dan berkecepatan tinggi yang berasal dari Jepang. Karena biaya pembuatan shinkansen sangat mahal, dibutuhkan suatu metode untuk merancang rute-rute yang paling efektif dan berbiaya seminimum mungkin. Teori graf dan pohon merentang minimum sangat tepat untuk memecahkan masalah tersebut.

Kata Kunci—Shinkansen, Pulau Jawa, Graf, Pohon

I. PENDAHULUAN

Pulau Jawa adalah sebuah pulau di Indonesia dengan luas sekitar 138.794 km². Dengan populasinya yang berjumlah 135 juta jiwa menjadikan pulau ini sebagai pulau terpadat di Indonesia, bahkan mendapatkan predikat sebagai salah satu pulau dengan densitas tertinggi di dunia.

Suatu negara atau wilayah yang cukup luas dengan jumlah penduduk yang banyak termasuk Pulau Jawa memiliki kebutuhan mobilisasi antarkota yang tinggi. Oleh karena itu, masalah kemacetan menjadi salah satu permasalahan utama pada wilayah-wilayah seperti ini. Puncak mobilitas tertinggi di Pulau Jawa terjadi pada *peak season* seperti lebaran dimana sebagian besar masyarakat kota besar mudik ke kampung halaman masing-masing, juga pada musim liburan seperti tahun baru.

Negara maju pada umumnya sudah memiliki moda transportasi moderen yang mampu memobilisasi warganya dari kota ke kota dengan waktu yang sangat singkat. Jepang yang memiliki shinkansen salah satunya. Oleh karena itu, sudah seharusnya pulau dengan kebutuhan transportasi seperti Pulau Jawa memiliki sistem transportasi antarkota yang mampu mengangkut dalam jumlah banyak dengan waktu singkat. Salah satu solusinya adalah dengan shinkansen.

Pada makalah ini, akan dibahas mengenai penerapan salah satu materi kuliah Matematika Diskrit yaitu teori graf dan pohon, khususnya graf berbobot dan pohon merentang minimum. Teori tersebut dapat diaplikasikan dalam merancang jaringan kereta peluru tersebut agar mendapatkan rute-rute paling efektif dan efisien.

II. TEORI GRAF

Teori graf merupakan salah satu teori yang sudah sangat tua namun memiliki banyak terapan hingga saat ini. Teori tersebut digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Objek dinyatakan sebagai noktah atau simpul, sedangkan hubungan antara objek-objek tersebut dinyatakan dengan garis.

A. Definisi Graf

Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) dimana

$$G = (V, E)$$

dengan

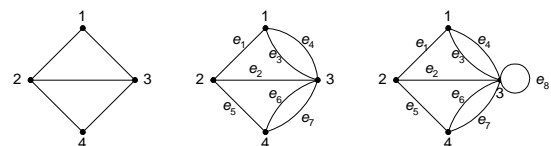
$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$$

yaitu himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (verteks atau *node*).

$$E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_m\}$$

yaitu himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul.

Pada graf G , himpunan V tidak boleh kosong sedangkan E boleh kosong. Simpul biasanya dinomori dengan huruf, bilangan asli, atau gabungan keduanya. Sedangkan sisi dinyatakan dengan pasangan (v_i, v_j) yang berarti sisi tersebut menghubungkan simpul v_i dengan simpul v_j . Sisi bisa juga dinomori seperti simpul.



Gambar 2-1 Contoh Graf

B. Jenis Graf

Berdasarkan ada atau tidaknya gelang atau sisi ganda pada graf, graf digolongkan menjadi dua jenis: graf sederhana (*simple graph*) dan graf tak-sederhana (*unsimple-graph*). Sedangkan berdasarkan jumlah simpul pada suatu graf, graf digolongkan menjadi graf berhingga (*limited graph*) dan graf tak berhingga (*unlimited graph*). Adapun berdasarkan orientasi arahnya graf dibedakan menjadi graf tak-berarah (*undirected graph*) dan graf berarah (*directed graph*). Graf tak-sederhana sendiri dibagi lagi menjadi graf semu (*pseudograph*) dan graf ganda (*multigraph*).

C. Terminologi Dasar Graf

Pada graf, terdapat beberapa terminologi (istilah) yang sering dipakai. Terminologi yang akan digunakan pada makalah ini, antara lain:

1. Bertetangga (*Adjacent*)

Dua simpul pada graf G dikatakan bertetangga jika terdapat sebuah sisi yang langsung menghubungkan kedua simpul tersebut. Dengan kata lain, v_i dan v_j bertetangga apabila (v_i, v_j) adalah sebuah sisi pada graf G .

2. Bersisian (*Incident*)

Misalkan terdapat sisi $e = (v_i, v_j)$, maka sisi e dikatakan bersisian dengan simpul v_i dan simpul v_j .

3. Lintasan (*Path*)

Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G adalah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian rupa sehingga $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G .

Sebuah lintasan dikatakan lintasan sederhana jika semua simpulnya berbeda, yaitu setiap sisi hanya satu kali dilalui. Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut lintasan tertutup, sedangkan jika lintasan tersebut tidak berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut lintasan terbuka. Panjang lintasan adalah jumlah sisi yang dilewati pada lintasan tersebut.

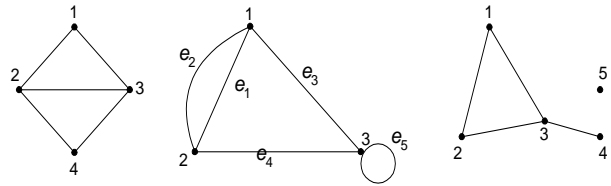
4. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

Suatu lintasan dinamakan sirkuit jika lintasan tersebut berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Sebuah sirkuit dikatakan sederhana jika setiap sisi yang dilalui sirkuit tersebut berbeda.

5. Terhubung (*Connected*)

Dua buah simpul v_i dan v_j dikatakan terhubung jika terdapat lintasan dari v_i ke v_j . Jika setiap pasang simpul pada suatu graf terhubung, maka graf tersebut dinamakan

graf terhubung. Jika satu pasang simpul atau lebih pada suatu graf tidak terhubung, maka graf tersebut dinamakan graf tak-terhubung. Graf yang hanya memiliki satu simpul tetap dikatakan graf terhubung karena simpul tersebut terhubung dengan dirinya sendiri.

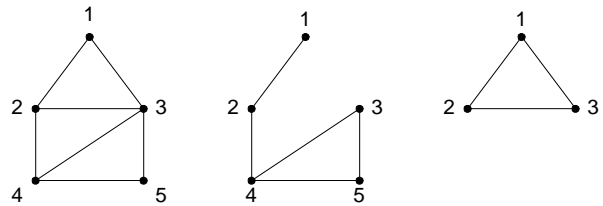


Gambar 2-2 Graf Terhubung

6. Upagraf Merentang (*Spanning Subgraph*)

Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf dari G jika V_1 dan G_1 masing-masing adalah himpunan bagian dari V dan G .

Jika $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf dari $G = (V, E)$, maka G_1 dapat dikatakan upagraf merentang apabila $V_1 = V$, yang berarti G_1 mengandung semua simpul dari G .



Gambar 2-3

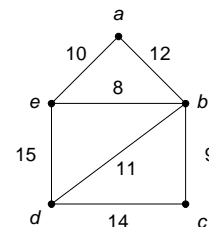
(a) graf G

(b) upagraf merentang dari graf G

(c) bukan upagraf merentang dari graf G

7. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi harga (bobot). Misalnya, sebuah bobot bisa berupa jarak antara dua buah kota, waktu tempuh antara dua buah kota, dan sebagainya. Untuk kasus yang dibahas pada makalah ini, bobot yang diberikan adalah jarak antara dua buah kota yang berbanding lurus dengan biaya pembuatan rel shinkansen antara kedua kota tersebut.



Gambar 2-4 Graf berbobot

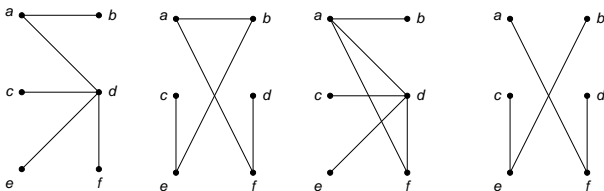
III. KONSEP POHON

Konsep pohon adalah salah satu yang paling penting dari sekian banyak konsep dalam teori graf. Konsep pohon sendiri sudah diterapkan sejak lama dalam kehidupan sehari-hari.

A. Definisi dan Sifat Pohon

Dari sudut pandang teori graf, pohon adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Berdasarkan definisi yang disebutkan pada teori graf, sebuah pohon dapat memiliki hanya sebuah simpul tanpa sisi satupun. Karena dua sifat penting dari pohon, yaitu terhubung dan tidak memiliki sirkuit, maka setiap pasang simpul pada suatu pohon pasti memiliki hanya satu lintasan sederhana. Selain itu jumlah sisi suatu pohon adalah jumlah simpul dikurangi satu.

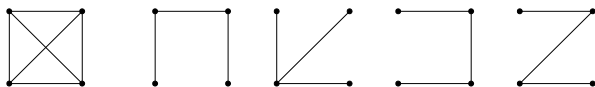
Sifat pohon lainnya adalah jika pada suatu graf berupa pohon ditambahkan satu sisi, maka graf tersebut hanya akan mengandung satu buah sirkuit. Selain itu, jika satu sisi dari suatu graf berupa pohon dihapus, maka graf tersebut akan terpecah menjadi dua komponen.



Gambar 3-1
(a) dan (b) pohon, (c) dan (d) bukan pohon

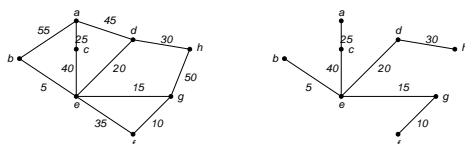
B. Pohon Merentang

Misalkan graf $G = (V, E)$ adalah graf tak-berarah terhubung namun memiliki sirkuit (bukan pohon), maka graf G dapat diubah menjadi sebuah pohon $T = (V_1, E_1)$ dengan cara memutuskan sirkuit-sirkuit yang ada. Pohon T yang merupakan upagraf merentang dari graf G dinamakan pohon merentang (*spanning tree*). Disebut pohon merentang karena seperti halnya definisi upagraf yaitu $V_1 = V$ dan E_1 adalah himpunan bagian dari E .



Gambar 3-2 Graf G (paling kiri) dengan empat buah pohon merentangnya

Misalkan G adalah sebuah graf berbobot, maka dapat dibuat pohon merentang T dengan jumlah semua bobotnya seminimum mungkin. Pohon merentang seperti ini dinamakan pohon merentang minimum (*minimum spanning tree*). Pohon merentang seperti ini banyak diterapkan pada berbagai permasalahan yang membutuhkan *cost* seefisien mungkin, seperti jaringan jalur rel kereta yang akan dibahas pada makalah ini. Untuk membangun pohon merentang minimum, terdapat dua buah algoritma yang sangat dikenal di bidang ini yaitu algoritma Prim dan algoritma Kruskal.



Gambar 3-3 Pohon Merentang Minimum

C. Algoritma Prim

Langkah-langkah dari algoritma Prim adalah sebagai berikut.

1. Ambil sisi dari graf G yang berbobot minimum, masukkan ke dalam pohon T
2. Pilih sisi (v_i, v_j) yang mempunyai bobot minimum dan bersisian dengan simpul di pohon T , tetapi kedua sisi tersebut tidak membentuk sirkuit di pohon T . Tambahkan sisi (v_i, v_j) ke dalam pohon T .
3. Ulangi langkah 2 sebanyak $n - 2$ kali, dengan n adalah jumlah simpul pada graf G .

Dalam notasi *pseudo-code*, algoritma Prim dituliskan sebagai berikut.

```

procedure Prim(input  $G$  : graf, output  $T$  : pohon)
{ Membentuk pohon merentang minimum  $T$  dari graf
terhubung-berbobot  $G$ .
Masukan: graf-berbobot terhubung  $G = (V, E)$ , dengan
 $|V| = n$ 
Keluaran: pohon rentang minimum  $T = (V, E')$ 
}
Deklarasi
i, p, q, u, v : integer
    
```

Algoritma

```

Cari sisi  $(p, q)$  dari  $E$  yang berbobot terkecil
 $T \leftarrow \{(p, q)\}$ 
for  $i \leftarrow 1$  to  $n-2$  do
    Pilih sisi  $(u, v)$  dari  $E$  yang bobotnya terkecil
    namun
    bersisian dengan simpul di  $T$ 
     $T \leftarrow T \cup \{(u, v)\}$ 
endfor
    
```

Pohon merentang yang dihasilkan tidak unik yang berarti tidak selalu sama, namun bobot yang dihasilkan akan selalu sama.

D. Algoritma Kruskal

Perbedaan ide antara algoritma Prim dengan algoritma Kruskal adalah jika pada algoritma Prim sisi yang dimasukkan ke dalam pohon T harus bersisian dengan sebuah simpul di T , maka pada algoritma Kruskal sisi yang dipilih tidak perlu bersisian dengan sebuah simpul di T asalkan penambahan sisi tersebut tidak membentuk sirkuit pada pohon T .

Langkah-langkah algoritma Kruskal adalah sebagai berikut.

1. Pohon T masih kosong
2. Pilih sisi (v_1, v_j) dengan bobot minimum yang tidak membentuk sirkuit di pohon T . Tambahkan sisi (v_1, v_j) ke dalam pohon T .
3. Ulangi langkah 2 sebanyak $n - 1$ kali.

Algoritma Kruskal dalam notasi *pseudo-code* adalah sebagai berikut.

```

procedure Kruskal(input  $G$  : graf, output  $T$  : pohon)
{ Membentuk pohon merentang minimum  $T$  dari graf
terhubung-berbobot  $G$ .
Masukan: graf-berbobot terhubung  $G = (V, E)$ , dengan
 $|V| = n$ 
Keluaran: pohon rentang minimum  $T = (V, E')$ 
}
Deklarasi
    
```

$i, p, q, u, v : \text{integer}$

Algoritma

(Asumsi: sisi-sisi dari graf sudah diurut menaik berdasarkan bobotnya - dari bobot kecil ke bobot besar)

```
T ← {}
while jumlah sisi T < n-1 do
  Pilih sisi (u,v) dari E yang bobotnya terkecil
  if (u,v) tidak membentuk siklus di T then
    T ← T ∪ {(u,v)}
  endif
endfor
```

Seperti halnya algoritma Prim, hasil pohon T yang didapatkan dari algoritma Kruskal tidak unik, artinya tidak selalu terbentuk pohon T yang sama setiap kali memakai algoritma tersebut pada graf yang sama.

IV. TRANSPORTASI ANTARKOTA

Wilayah dengan jumlah populasi yang tinggi dan kebutuhan mobilitas jarak jauh yang tinggi seperti Pulau Jawa sudah seharusnya memiliki sebuah sistem transportasi jarak jauh yang praktis dan memiliki waktu tempuh yang singkat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, terdapat empat alternatif yaitu:

1. Sistem transportasi berbasis jalan (dengan mobil, bus)
2. Sistem transportasi berbasis rel
3. Sistem transportasi udara
4. Sistem transportasi air (misalnya ferry)

A. Sistem Transportasi di Pulau Jawa

Sebenarnya, Pulau Jawa memiliki jaringan transportasi berbasis rel yaitu kereta api yang dikelola oleh PT Kereta Api Indonesia. Jaringan ini mulai dibangun sejak masa penjajahan Belanda yaitu pada tahun 1864 dan berkembang hingga seperti saat ini. Kereta api ini melayani berbagai kota di Pulau Jawa dari Merak hingga Banyuwangi.



Gambar 4-1 Jaringan Transportasi Pulau Jawa
(flights.indonesiamatters.com)

Namun, infrastruktur yang ada masih belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakatnya untuk bermobilisasi secara cepat. Pesawat terbang menjadi alternatif karena waktu tempuhnya yang cepat, tetapi kurang praktis karena harus melewati proses *check-in* dan *boarding*, serta dipengaruhi oleh faktor cuaca. Menggunakan alat transportasi berbasis jalan seperti mobil dan bus juga lebih menyita waktu dan tenaga, apalagi pada saat *peak*

season seperti lebaran. Oleh karena itu, shinkansen dipilih sebagai salah satu alternatif alat transportasi yang cepat dan praktis. Kelebihan lainnya, kereta peluru ini bisa diatur agar interval kedatangan di setiap stasiun adalah satu jam, jauh lebih sering dibandingkan dengan pesawat.

B. Shinkansen

Secara harfiah, shinkansen yaitu “jalur batang baru”, yang berarti jaringan rel berkecepatan tinggi. Kata shinkansen merujuk pada jalurnya, bukan keretanya. Alat transportasi yang sering dikenal dengan nama kereta peluru ini merupakan sistem transportasi berbasis rel berkecepatan tinggi dengan energi listrik dan berteknologi mutakhir yang berasal dari Jepang. Shinkansen memiliki kecepatan 240 km/h hingga 320 km/h dan mencapai kecepatan maksimum 581 km/h saat diuji coba pada rel konvensional. Kecepatan maksimum ketika beroperasi normal adalah 320 km/h. Kereta ini pertama kali dibuat pada tahun 1964 dan kini di Jepang terus berkembang hingga memiliki jalur sepanjang 2.387,7 km.

Biaya untuk shinkansen mulai dari pembuatan, operasional, hingga perawatan memang sangat tinggi. Namun, shinkansen masih lebih murah dibandingkan kereta berteknologi maglev (*magnetic levitated*) meskipun lebih lambat dari segi kecepatannya. Kereta peluru ini juga terkenal dengan tingkat keamanannya yang tinggi, bahkan untuk Jepang yang rawan gempa sekalipun. Hal ini dikarenakan penggunaan teknologi berstandar tinggi dari sistem sinyal hingga sensor gempanya. Teknologi ini sangat cocok diterapkan di Pulau Jawa yang secara geografis terletak di daerah rawan bencana alam.

Menurut www.japantimes.co.jp, sebenarnya pihak Jepang berencana melakukan studi lebih lanjut terkait pembangunan shinkansen di Pulau Jawa dengan rute Jakarta–Surabaya. Tetapi, hal ini masih berupa wacana dan belum jelas keberlanjutannya. Berdasarkan artikel tersebut, infrastruktur kereta api yang ada masih belum mampu mendukung pembangunan shinkansen. Oleh karena itu, perlu membuat jalur rel baru yang sesuai dengan standar teknologi dan standar keamanan kereta peluru ini.



Gambar 4-2 Shinkansen di Jepang
(www.japan-guide.com)

Karena biaya pembuatannya yang sangat tinggi, dibutuhkan perancangan rute-rute yang mampu menjangkau sebagian besar kota di Pulau Jawa namun dengan biaya seminimal mungkin. Rute-rute tersebut bisa dilakukan

dengan teori graf dan penerapan pohon merentang minimum, dengan simpul-simpul pada graf tersebut adalah kota-kota yang akan dibangun stasiun shinkansen dan sisi-sisinya adalah rute-rutenya.

V. PERANCANGAN RUTE SHINKANSEN

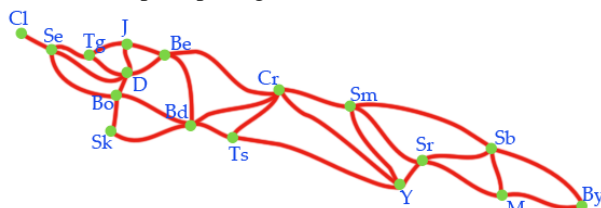
Dalam merancang rute shinkansen di Pulau Jawa pada makalah ini, akan dibuat sebuah graf yang terdiri dari simpul-simpul yang berupa kota-kota yang akan dibangun stasiun dan sisi-sisi yang berupa rute shinkansen tersebut. Kota yang akan dibangun stasiun dipilih berdasarkan jumlah penduduknya. Berdasarkan sensus penduduk 2010, dipilih 17 kota sebagai berikut.

Tabel 5-1 Daftar Kota di Pulau Jawa Berdasarkan Jumlah Penduduk (www.citypopulation.de)

Nomor	Nama Kota	Jumlah Penduduk	Label
1	Jakarta	9.586.705	J
2	Surabaya	2.765.487	Sb
3	Bandung	2.394.873	Bd
4	Bekasi	2.334.871	Be
5	Tangerang	1.798.601	Tg
6	Depok	1.738.570	D
7	Semarang	1.520.481	Sm
8	Bogor	950.334	Bo
9	Malang	820.243	M
10	Tasikmalaya	578.046	Ts
11	Cimahi	541.177	Cm
12	Surakarta	499.337	Sr
13	Serang	428.484	Se
14	Yogyakarta	388.627	Y
15	Cilegon	360.125	Cl
16	Sukabumi	298.681	Sk
17	Cirebon	296.389	Cr

Kemudian, ditambahkan sebuah destinasi lagi yaitu Banyuwangi (dengan label By) agar rute-rute ini terintegrasi Pelabuhan Ketapang menuju Pulau Bali. Karena Cilegon dekat dengan Pelabuhan Merak, maka rute ini terintegrasi juga dengan pelabuhan tersebut untuk menuju Pulau Sumatera. Selain itu, karena jarak antara Cimahi dengan Bandung terlalu dekat, maka kota Cimahi tidak terlalu diperlukan dan bisa dihilangkan dari graf.

Dari sana, didapatkan sebuah graf yang memodelkan rencana rute shinkansen dengan 17 simpul. Kemudian, didapatkan visualisasi graf dengan simpul-simpul sesuai label di atas seperti pada gambar berikut.



Gambar 5-1 Graf yang memodelkan rute

Kemudian, dipilih sisi-sisi yang dianggap paling memungkinkan untuk dibuat rutenya. Bobot setiap sisi yang merepresentasikan jarak antara dua buah kota yang bertetangga dituliskan pada tabel berikut.

Tabel 5-2 Jarak antara dua buah kota (bobot sisi)

Sisi	Jarak (Km)
(Cl, Se)	16,72
(Se, Tg)	53,69
(Se, D)	80,95
(Se, Bo)	89,56
(Tg, J)	23,89
(Tg, D)	32,10
(J, D)	19,81
(J, Be)	17,30
(D, Be)	25,56
(D, Bo)	23,74
(Bo, Sk)	38,52
(Bo, Bd)	95,98
(Sk, Bd)	75,82
(Be, Bd)	101,39
(Be, Cr)	181,13
(Bd, Cr)	107,95
(Bd, Ts)	81,20
(Ts, Cr)	78,37
(Cr, Sm)	206,67
(Cr, Y)	232,85
(Ts, Y)	243,44
(Sm, Y)	92,61
(Sm, Sr)	80,08
(Y, Sr)	55,68
(Sm, Sb)	259,38
(Sr, Sb)	215,57
(Sr, M)	204,90
(Sb, M)	80,96
(M, By)	193,96
(Sb, By)	208,82

Jarak yang dituliskan pada tabel di atas dihitung secara garis lurus dari titik pusat masing-masing kota dengan bantuan teknologi google maps. Tanpa memperhatikan rute yang dibutuhkan masyarakat sesungguhnya, jaringan shinkansen dengan biaya paling minimum dapat dibuat dengan membuat pohon merentang minimum dari graf pada Gambar 5-1.

Pada makalah ini diasumsikan biaya tambahan lain seperti biaya pembangunan terowongan (jika ingin menerobos bukit), biaya pembangunan jembatan, dan lainnya adalah sama pada setiap kilomernya. Selain itu, jarak rute yang di bangun antara dua kota yang bertetangga diasumsikan berbanding lurus dengan nilai bobot sisi yang bersisian dengan dua kota tersebut.

Dengan menggunakan algoritma Kruskal, langkah

pemilihan sisi-sisi graf yang telah dibuat adalah sebagai berikut.

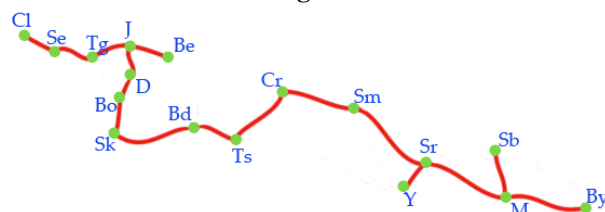
Tabel 5-3 Langkah pembentukan pohon merentang minimum dengan algoritma Kruskal

No.	Sisi	Jarak (km)	Pohon merentang
0			
1	(Cl,Se)	16,72	
2	(J,Be)	17,30	
3	(J,D)	19,81	
4	(D,Bo)	23,74	
5	(Tg,J)	23,89	
6	(D,Be)	25,56	ditolak
7	(Tg,D)	32,10	ditolak
8	(Bo,Sk)	38,52	
9	(Se,Tg)	53,69	
10	(Y,Sr)	55,68	
11	(Sk,Bd)	75,82	
12	(Ts,Cr)	78,37	
13	(Sm,Sr)	80,08	
14	(Se,D)	80,95	ditolak
15	(Sb,M)	80,96	

16	(Bd,Ts)	81,20	
17	(Se,Bo)	89,56	ditolak
18	(Sm,Y)	92,61	ditolak
19	(Bo,Bd)	95,98	ditolak
20	(Be,Bd)	101,39	ditolak
21	(Bd,Cr)	107,95	ditolak
22	(Be,Cr)	181,13	ditolak
23	(M,By)	193,96	
24	(Sr,M)	204,90	
25	(Cr,Sm)	206,67	

Hasil pohon merentang minimum yang telah dijabarkan pada tabel di atas adalah sebagai berikut.

Gambar 5-2 Pohon merentang minimum yang dibentuk dari algoritma Kruskal



Gambar di atas memperlihatkan 17 buah stasiun serta 16 rute dengan jarak tempuh paling pendek. Total jarak yang dihasilkan pada pohon tersebut adalah sepanjang 1251,31 km.

Jaringan shinkansen yang dihasilkan dengan membentuk pohon merentang minimum memang tidak memperhatikan aspek lain seperti permintaan masyarakat (misalnya permintaan rute langsung Jakarta– Surabaya). Meski demikian, jaringan tersebut paling mangkus jika ditinjau dari segi biaya pembangunannya (dengan asumsi-asumsi yang telah dijabarkan sebelumnya) dan sudah menjangkau seluruh destinasi yang dipilih.

Jaringan tersebut bisa menjadi titik awal pembangunan shinkansen di Pulau Jawa yang kemudian dapat terus dikembangkan sesuai kebutuhan. Bahkan, jaringan shinkansen yang telah terbentuk ini mampu menjangkau berbagai kota yang tidak dipilih sebagai simpul graf tanpa membentuk rute baru. Misalnya, sisi (M, By) dapat melewati Jember dan Lumajang, lalu sisi (Sm, Sr) dapat melewati Salatiga dan Boyolali, dan sebagainya. Sehingga, kita dapat membangun stasiun-stasiun pada setiap kota yang dilalui sisi-sisi yang terbentuk.

VI. KESIMPULAN

Teori graf dan konsep pohon memiliki banyak penerapannya untuk membantu umat manusia. Makalah ini telah menjabarkan bahwa sistem transportasi di suatu wilayah dapat dirancang dengan menggunakan graf berbobot serta konsep pohon.

Jika ingin mendapatkan sistem transportasi seperti shinkansen dengan biaya pembangunan paling minimum, dapat dibentuk pohon merentang minimum dengan algoritma Kruskal dari graf yang memodelkan sistem transportasi tersebut. Dengan demikian, didapatkan sistem transportasi yang paling mangkus dari segi biaya (seperti pada Gambar 5-2) tanpa meninjau aspek lainnya.

VII. TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dra. Harlili S., M.Sc. selaku dosen pembimbing mata kuliah IF 2120 Matematika Diskrit K-02 Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung serta pihak-pihak lainnya yang turut membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Rinaldi. 2001. *Matematika Diskrit*, 2nd ed. Informatika Bandung: Bandung, pp. 289–383.
- [2] <http://www.javaindonesia.org/general/an-overview-of-java-indonesia/> diakses pada tanggal 10 Desember 2013
- [3] <http://www.japantimes.co.jp/news/2013/10/17/business/shinkansen-feasibility-study-in-indonesia-in-works/#.Uq1FUfQW2f8> diakses pada tanggal 10 Desember 2013
- [4] <http://www.citypopulation.de/Indonesia-CU.html> diakses pada tanggal 14 Desember 2013
- [5] <http://keretapi.tripod.com/history.html> diakses pada tanggal 12 Desember 2013
- [6] <https://maps.google.co.id/> diakses pada tanggal 14 Desember 2013

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, 17 Desember 2013



Indam Muhammad / 13512026