

Penerapan Algoritma Greedy pada Minimum Spanning Tree dalam Meminimalkan Biaya Pemasangan Kabel Router Wi-Fi Hunian Kost Sangkuriang

Muhammad Garebaldhie ER Rahman - 13520029

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
13520029@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Informasi merupakan hal yang dibutuhkan oleh semua orang dan memiliki peranan penting dalam kehidupan. Seiring berkembangnya zaman, metode pengaksesan informasi menjadi semakin canggih hingga terciptalah internet. Internet merupakan jaringan komunikasi elektronik yang saling terhubung yang dapat diakses dengan sebuah Internet Service Provider (ISP). ISP biasanya menggunakan sebuah router untuk dapat mengirim gelombang radio dengan frekuensi yang berbeda beda agar perangkat kita dapat terhubung dengan internet. Makalah ini akan membahas bagaimana cara meminimalkan biaya pemasangan router untuk seluruh area agar dapat terhubung dengan jaringan internet. Dalam penyelesaiannya, akan digunakan algoritma greedy terkait Minimum Spanning Tree dan dapat diselesaikan dengan algoritma prim ataupun kruskal.

Keywords—Informasi; Internet; Router; Greedy; Minimum Spanning Tree; Prim; Kruskal

I. PENDAHULUAN

Informasi merupakan hal yang dibutuhkan oleh tiap individu. Setiap manusia membutuhkan informasi untuk melengkapi pengetahuan ataupun memuaskan rasa penasaran mereka akan suatu hal [1]. Kemampuan pengaksesan informasi selalu berkembang seiring waktu. Mulai dari informasi melalui surat menyurat, media masa seperti koran, berita, radio, dan akhirnya munculah internet. Perkembangan zaman mendukung evolusi internet dari yang bermula dari kabel hingga munculah *wi-fi* yang menggunakan gelombang radio untuk media pengaksesan internet. Dengan Internet yang semakin maju, manusia dapat mengakses informasi ataupun memuaskan rasa penasarannya dengan mudah.

Dalam pengaplikasiannya ketika sebuah perangkat ingin terhubung dengan internet, perangkat tersebut akan menangkap transmisi sinyal gelombang radio yang dikirimkan oleh *router*. Router memiliki dua fungsi utama yaitu melakukan *routing* antara internet dan perangkat kita dengan cara memberi sebuah *IP Address* untuk perangkat kita [2] serta dapat berfungsi untuk menjadi sebuah tempat pengaksesan internet melalui gelombang radio [3]. Router juga dapat berfungsi sebagai

extender sinyal sehingga sinyal wifi dapat diperpanjang hingga suatu area tertentu.

Hunian Kost Sangkuriang merupakan sebuah tempat jasa penginapan atau tempat tinggal sementara yang berada di daerah cisu. Kost ini memiliki jumlah kamar yang cukup banyak yaitu sekitar 260 kamar yang dibagi kedalam 4 lantai dan beberapa blok mulai dari A hingga I. Tempat ini sering dijadikan tempat tinggal sementara untuk mahasiswa yang sedang berkuliah di Institut Teknologi Bandung. Agar dapat bersaing dengan tempat kost yang lain, tentunya sebuah kost harus memberikan fasilitas terbaiknya agar dapat menarik banyak mahasiswa. Fasilitas utama yang disediakan oleh Hunian Kost Sangkuriang (HKS) ialah wifi. Karena HKS sangat luas maka dibutuhkan wifi yang dapat dijangkau oleh setiap kamar. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan menggunakan router yang banyak. Tentunya jika routernya semakin banyak maka biaya yang dikeluarkan semakin tinggi. Sehingga timbul sebuah permasalahan baru yaitu bagaimana cara menempatkan router sehingga semua kamar dapat mendapat fasilitas wifi ini dengan biaya pemasangan yang minimal.



Gambar 1 Hunian Kost Sangkuriang (Sumber: Google Images)

II. TEORI DASAR

A. Graf

Graf merupakan sebuah terminology atau istilah yang memiliki vertices and edge [4]

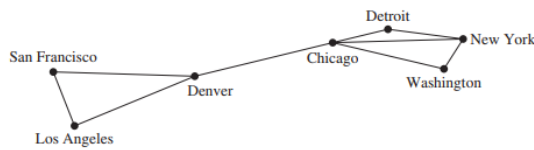
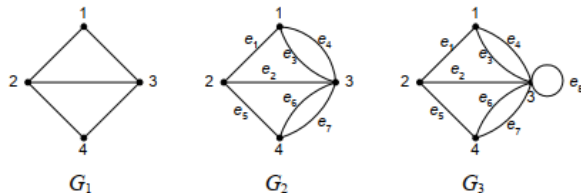


FIGURE 1 A computer network.

Gambar 2 Analogi Graf dengan Computer Network
(Sumber : Rosen, Kenneth H. 2019. Discrete Mathematics and Its Applications, Eighth Edition)

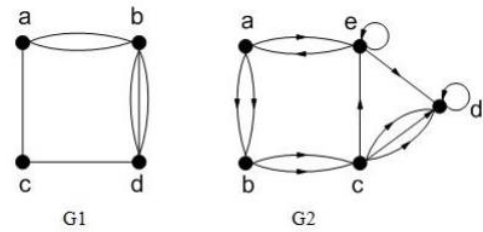
Secara formal graf dapat dikatakan sebagai gabungan dari himpunan objek objek diskrit atau dalam notasi matematika Graf G dikatakan sebuah graf jika memiliki himpunan tak kosong dari vertices (simpul) yang dihubungkan oleh edges (sisi). [5]

Graf dapat diklasifikasikan menjadi 2 berdasarkan bentuknya serta berdasarkan orientasi arahnya. Menurut klasifikasi berdasarkan bentuknya Graf dapat dibagi menjadi Graf sederhana, ganda, serta semu. Graf dikatakan graf sederhana apabila setiap simpul terhubung tidak lebih dari satu sisi. Jika ada yang lebih dari satu sisi maka Graf tersebut dinamakan graf ganda. Jika suatu graf memiliki simpul yang Kembali ke simpul itu sendiri disebut dengan graf semu. Pada terminologi graf, istilah dari simpul Kembali ke simpul dinamakan dengan kalang atau loop [5].



Gambar 3 Ilustrasi graf sederhana, ganda serta semu secara berurutan (Sumber: Munir, Rinaldi. 2021. Graf (Bag. 1): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit)

Berdasarkan Orientasinya graf dapat dibedakan menjadi graf tak-berarah dan berarah. Kedua graf tersebut memiliki perbedaan pada sisi yang menghubungkan kedua simpul. Graf berarah memiliki arah (panah) yang menandakan orientasi pergerakan graf tersebut.



G1 : graf tak-berarah; G2 : Graf berarah

Gambar 4 Ilustrasi graf tak-berarah dan graf berarah
(Sumber: Munir, Rinaldi. 2021. Graf (Bag. 1): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit)

B. Pohon

Pohon merupakan bagian dari graf yaitu graf tak berarah. Pohon disebut pohon karena graf yang dibentuk terlihat seperti pohon. Misalkan pohon keluarga. Pohon keluarga merupakan bagian graf yang memiliki vertices berupa nama orang dan edges yang merupakan hubungan antara orang pada pohon keluarga tersebut [4].

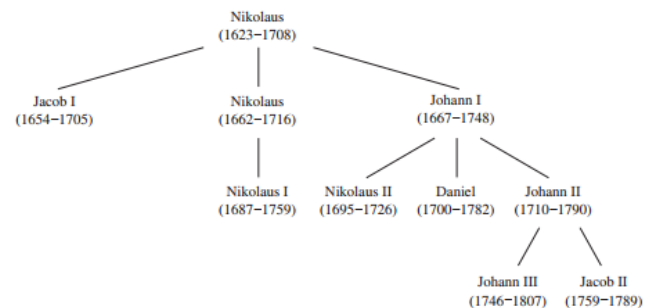


FIGURE 1 The Bernoulli family of mathematicians.

Gambar 5 Ilustrasi Pohon dengan silsilah keluarga
(Sumber : Rosen, Kenneth H. 2019. Discrete Mathematics and Its Applications, Eighth Edition)

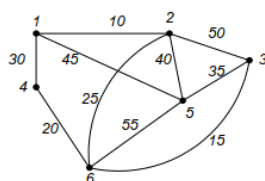
Meskipun pohon merupakan bagian dari graf, tetapi tidak semua graf adalah pohon. Agar sebuah graf G bisa disebut sebagai pohon, graf tersebut harus memenuhi sifat sifat pohon diantaranya [6]:

1. Setiap pasang simpul di dalam G terhubung dengan lintasan tunggal.
2. G terhubung dan memiliki $n - 1$ buah sisi
3. G tidak mengandung sirkuit
4. G tidak mengandung sirkuit dan penambahan satu sisi pada graf membuat hanya satu sirkuit
5. G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan.

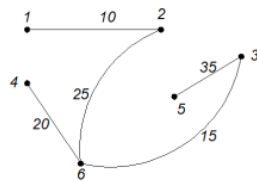
C. Pohon Merentang Minimum

Pohon Merentang merupakan sebuah upagraf dari graf terhubung yang berupa pohon. Pohon merentang dapat dibuat dengan memotong semua sirkuit yang ada di dalam graf [7].

Pohon Merentang Minimum (MST) merupakan pohon merentang dari sebuah graf berbobot yang memiliki jumlah bobot minimum.



(a) Graf $G = (V, E)$



(b) Pohon merentang minimum

Gambar 6 Ilustrasi pohon merentang minimum (Sumber: Munir, Rinaldi. 2022. *Algoritma Greedy* (Bag. 2): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit)

D. Algoritma Greedy

Algoritma Greedy pada umumnya ialah algoritma yang ditujukan untuk menyelesaikan masalah mengenai optimasi. Persoalan optimasi merupakan persoalan yang umum ditemukan yang biasanya hanya ada dua jenis persoalan optimasi yaitu meminimumkan ataupun memaksimumkan sesuatu. Prinsip dari algoritma greedy ialah “take what you can get now!” Algoritma greedy menyelesaikan masalah dengan cara mengambil keputusan secara step by step sedemikian sehingga, pada setiap Langkah [8]:

1. Mengambil pilihan yang terbaik yang dapat diperoleh pada saat itu tanpa memperlihatkan konsekuensi ke depan.
2. Berharap bahwa dengan memilih optimum lokal pada setiap langkah akan menghasilkan optimum global

Secara umum algoritma greedy memiliki enam komponen [8]:

1. Himpunan Kandidat (C), berisi kandidat nilai yang akan dipilih pada setiap langkah misalkan himpunan koin yang terdiri dari koin 1, 5, 10, dan 20. Himpunan pekerjaan pada *job scheduling*, himpunan simpul/sisi pada MST, dan sebagainya.
2. Himpunan Solusi (S), berisi kandidat yang sudah dipilih pada setiap langkah dan sesuai dengan masalah yang telah didefinisikan di awal contohnya himpunan aktivitas dengan waktu tertentu yang harus dikerjakan terlebih dahulu agar tidak melewati deadline
3. Fungsi Solusi, menentukan apakah himpunan kandidat yang sudah dipilih sudah memberikan solusi. Contohnya apakah total koin yang telah dipilih tepat sama dengan total koin yang dimiliki
4. Fungsi Seleksi (selection function), memilih kandidat berdasarkan strategi greedy tertentu (biasanya bersifat heuristic atau berdasarkan pengalaman). Contohnya pada

permasalahan penukaran koin yaitu dengan memilih koin dengan nilai tertinggi dari himpunan yang tersedia.

5. Fungsi kelayakan (feasible), memeriksa apakah kandidat yang dipilih dapat dimasukkan ke dalam himpunan solusi (layak atau tidak). Contohnya pada masalah *coin exchange problem* yaitu untuk memeriksa apakah koin yang baru dipilih jika dijumlahkan tidak melebihi jumlah koin awal penukaran

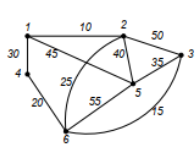
6. Fungsi obyektif hanya ada dua yaitu meminimumkan atau memaksimumkan. Contohnya pada *coin exchange problem* memiliki fungsi obyektif yaitu untuk meminimumkan jumlah penukaran koin

E. Algoritma Kruskal

Algoritma Kruskal ialah algoritma yang digunakan untuk membentuk *Minimum Spanning Tree (MST)*. Algoritma ini termasuk kedalam kategori algoritma greedy karena pada setiap Langkah pembuatan pohonnya diambil simpul dengan sisi terkecil yang tidak membuat sirkuit. Secara umum algoritma kruskal bekerja sebagai berikut. Misalkan pohon merentang minimum yang dibuat ialah himpunan T maka [8]:

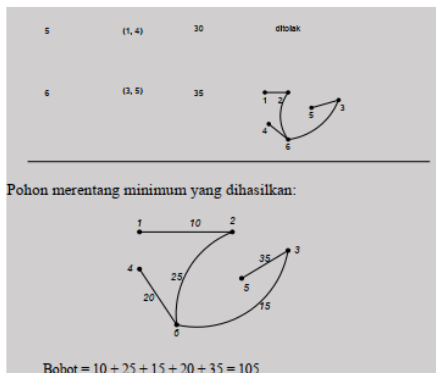
1. Urut semua sisi graf terurut menaik berdasarkan bobotnya dari bobot terkecil hingga terbesar
2. Pilih sisi (u, v) yang memiliki bobot minimum yang tidak membentuk sirkuit di T. Tambahkan (u, v) ke dalam T
3. Ulangi langkah 2 sebanyak $n - 2$ kali

Contoh 13:



Sisi-sisi diurut menaik:										
Sisi	(1,2)	(3,4)	(4,6)	(2,6)	(1,4)	(3,5)	(2,5)	(1,5)	(2,3)	(5,6)
Bobot	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55

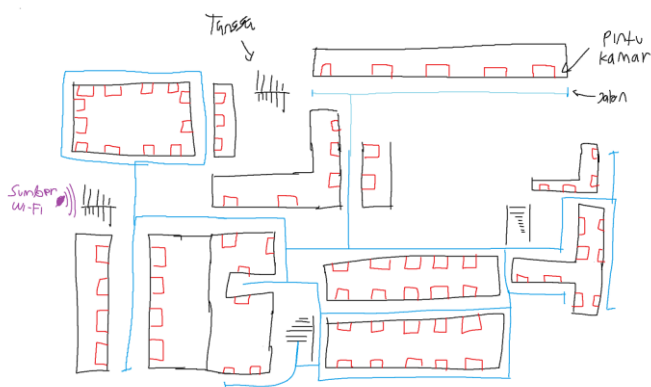
Langkah	Sisi	Bobot	Hutan merentang
0			1 2 3 4 5 6
1	(1, 2)	10	1 2
2	(3, 4)	15	1 2 3 4
3	(4, 6)	20	1 2 3 4 6
4	(2, 6)	25	1 2 3 4 6



Gambar 7 Ilustrasi pembentukan pohon merentang minimum dengan algoritma prim (Sumber: Munir, Rinaldi. 2022. Algoritma Greedy (Bag. 2): Bahan Kuliah IF2211 Strategi Algoritma)

III. PEMBAHASAN

Berikut adalah ilustrasi peta lantai dua dari Hunian Kost Sangkuriang.

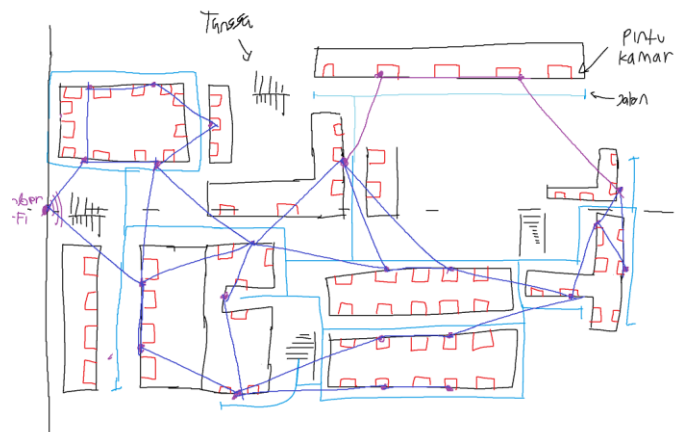


Gambar 8 Ilustrasi peta Hunian Kost Sangkuriang (Sumber: Arsip penulis)

Karena Hunian Kost Sangkuriang sangatlah luas dan luas setiap lantai seragam maka dalam pembahasan makalah ini dilakukan beberapa generalisasi:

1. Bentuk setiap lantai adalah sama
2. Setiap lantai menggunakan jenis router yang sama.
3. Yang hanya bisa memancarkan sinyalnya sejauh dua hingga tiga kamar.
4. Biaya perhitungan pemasangan kabel dilakukan per meter
5. Panjang kabel yang diperlukan Ketika memutar bangunan dan Ketika mengambil jarak terpendeknya ialah sama.

Pemilik kost ingin seluruh area tersebut dapat mengakses internet namun hanya mengeluarkan biaya yang seminimum mungkin. Setelah melihat bentuk peta lantai dua tersebut maka saatnya untuk menentukan titik yang mana saja yang dapat dipasang router.



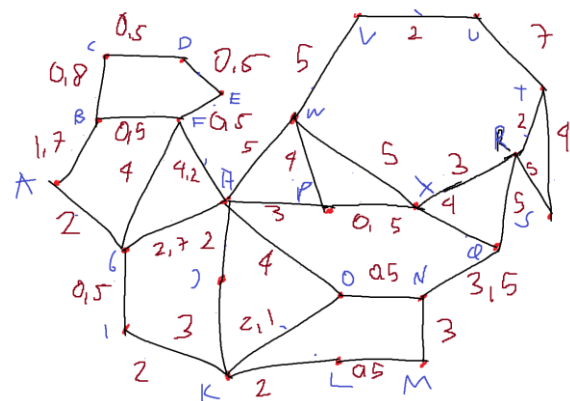
Gambar 9 Ilustrasi Titik Router pada Hunian Kost Sangkuriang (Sumber: Arsip penulis)

Agar permasalahan dapat terlihat lebih jelas maka akan ditentukan elemen greedy yang berkaitan dengan masalah ini agar deskripsi permasalahan menjadi jelas.

1. Himpunan Kandidat (C) ialah semua simpul (router) yang akan dipilih sehingga graf berbobot akan membentuk pohon merentang minimum
2. Himpunan Solusi (S) berisi semua simpul (router) yang membentuk pohon merentang minimum
3. Fungsi Solusi akan menentukan apakah himpunan simpul (router) yang dipilih sudah melingkupi semua area kos (membentuk sebuah pohon merentang minimum).
4. Fungsi seleksi (selection function) akan menerapkan algoritma kruskal sebagai pemilihan simpul (router) yang membuat pohon merentang minimum
5. Fungsi kelayakan (feasible) akan memeriksa apakah simpul (router) yang dimasukkan akan membentuk sirkuit di pohon merentang minimum

Selanjutnya akan ditentukan bobot dari setiap sisi yang menghubungkan semua simpul. Bobot dihitung berdasarkan jarak yang menghubungkan setiap simpul (Note: Jarak yang dihitung hanyalah jarak yang dikira kira, bukan ukuran yang sebenarnya) lalu graf akan ditransformasi menjadi graf berbobot.

Simpul Asal	Simpul Tujuan	Bobot (meter)
A	B	1.7
A	G	2
B	C	0.8
B	F	0.5
C	D	0.5
D	E	0.5
E	F	0.5
F	G	4
F	H	4.2
G	I	0.5
G	H	2.7
H	J	2
H	O	4
H	W	5
H	P	3
I	K	2
J	K	3
K	L	2
K	O	2.1
L	M	0.5
M	N	3
N	O	0.5
N	Q	3.5
P	W	4
P	X	0.5
Q	R	5
Q	X	4
R	S	5
R	X	3
R	T	2
S	T	4
T	U	7
U	V	2
V	W	5
W	X	5



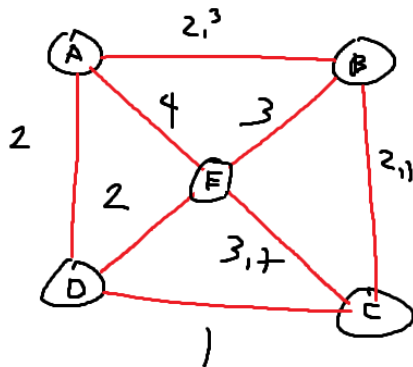
Akan dicari pohon merentang minimum dari graf berbobot tersebut menggunakan Program yang telah dibuat oleh penulis. Program yang dibuat menerapkan algoritma kruskal dalam Bahasa C++. Pada program terdapat dua *class* yaitu Graph dan DisjointSet. Class Graph berfungsi untuk membuat abstraksi data struktur Graph, yang memiliki fungsi untuk menambah simpul dan edge yang ada. Class DisjointSet berfungsi untuk membuat sebuah set yang nantinya akan melakukan pengecekan apakah jika ditambahkan sebuah edges dari node U ke V akan tercipta loop ataupun kalang pada graf tersebut. Program dibuat dengan asumsi yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya.

Program ini bekerja dengan cara menerima input berupa banyaknya sisi dan simpul yang terdapat pada suatu graf berbobot. Dalam permasalahan penentuan biaya pemasangan router minimum ini terdapat 24 simpul (router) dan 35 sisi yang terhubung pada satu lantai.

1. Meminta input banyaknya router dan koneksi yang dimiliki oleh router
2. Meminta biaya kabel yang dibutuhkan per meter
3. Meminta input berupa sisi yang ada dan bobot yang dimiliki oleh setiap sisi
4. Mengolah data yang digunakan dengan algoritma Kruskal (Pengolahan sudah termasuk pengurutan dan mengecek apakah jika sisi dimasukan akan membentuk sebuah kalang serta menghitung biaya yang dibutuhkan).
5. Mengeluarkan input berupa sisi mana saja yang harus dipilih sehingga akan membentuk pohon merentang minimum dan biaya yang dibutuhkan untuk membuat semua router tersebut terhubung.

Tabel 2. Contoh kasus uji sederhana

Simpul Asal	Simpul Tujuan	Bobot (meter)
A	B	2.3
A	E	4
A	D	2
C	D	1
C	E	3.7
C	B	2.1
E	B	3
E	D	2



Gambar 11 Ilustrasi Graf berbobot uji kasus (Sumber: Arsip penulis)

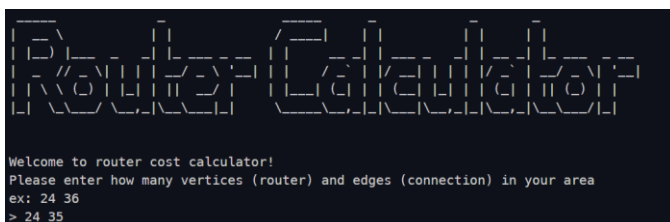
Dengan menggunakan algoritma Kruskal maka dapat dengan mudah kita membentuk pohon merentang minimumnya yaitu dengan menghubungkan C-D, D-E, D-A, dan C-B dengan jumlah $1 + 2 + 2 + 2.1 = 7.1$.

```
Here are list of the edges to connect all the router
C - D: 1
A - D: 2
E - D: 2
C - B: 2.1

To connect all the router, total length needed are 7.1
```

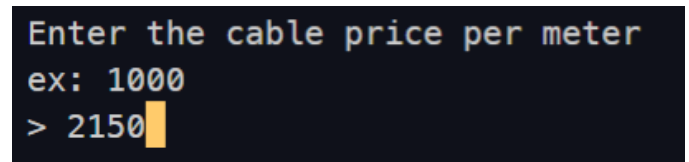
Gambar 12 Keluaran hasil perhitungan program (Sumber: Arsip penulis)

Terbukti bahwa perhitungan program sama dengan hasil pohon merentang minimum yang seharusnya. Selanjutnya akan digunakan permasalahan yang dibahas pada makalah ini sebagai masukan. Hunian Kost Sangkuriang memiliki 24 router dan mungkin saja terdapat 35 sisi yang dapat dihubungkan. Biaya kabel per meter yang dibutuhkan untuk pemasangan ialah sebesar Rp2150. Berikut hasil pengujian program



Gambar 13 Tampilan awal saat memasukan (Sumber: Arsip penulis)

Setelah itu program akan meminta input biaya yang diperlukan untuk biaya kabel per meternya.



Gambar 14 Program meminta input biaya kabel per meter (Sumber: Arsip penulis)

Lalu program akan meminta input berupa sisi dan biaya pada setiap sisi tersebut. Dalam hal ini input sudah tergambar pada Tabel 1.

```
Please enter the source (char), dest (char), and cost in order!
ex: A B 1.7
> A B 1.7
> A G 8
> B C 0.8
> B F 0.5
> C D 0.5
> D E 0.5
> E F 0.5
> F G 4
> F H 4.2
> G I 0.5
> G H 2.7
> H J 2
> H O 4
> H W 5
> H P 3
> I K 2
> J K 3
> K L 2
> K O 2.1
> L M 0.5
> M N 3
> N O 0.5
> N Q 3.5
> P W 4
> P X 0.5
> Q R 5
> Q X 4
> R S 5
> R X 3
> R T 2
> S T 4
> T U 7
> U V 2
> V W 5
> W X 5
```

Gambar 15 Program meminta input sisi dan bobot yang dimiliki oleh setiap sisi (Sumber: Arsip penulis)

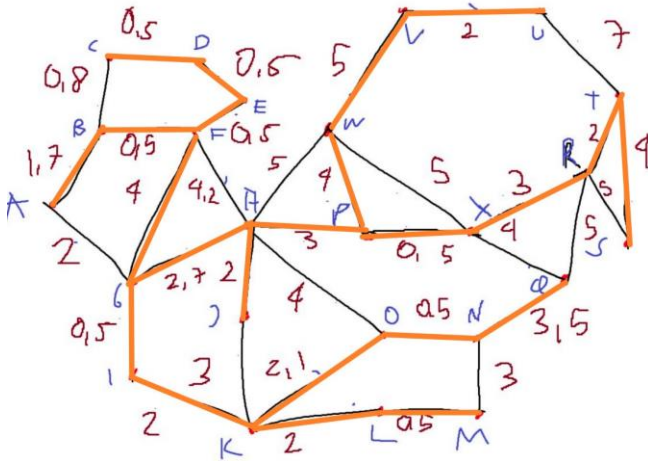
Setelah itu program akan mengolah data dan mengeluarkan hasil berupa list koneksi yang mana saja yang layak untuk dihubungkan sehingga mengeluarkan biaya seminimum mungkin.

```
Here are list of the edges to connect all the router
B - F: 0.5
C - D: 0.5
D - E: 0.5
E - F: 0.5
G - I: 0.5
L - M: 0.5
N - O: 0.5
P - X: 0.5
A - B: 1.7
H - J: 2
I - K: 2
K - L: 2
R - T: 2
U - V: 2
K - O: 2.1
G - H: 2.7
H - P: 3
R - X: 3
N - Q: 3.5
F - G: 4
P - W: 4
S - T: 4
V - W: 5

To connect all the router, total length needed are 47 and total price of 101050
Thank you for using router price calculator.
```

Gambar 16 Output program input sisi dan bobot yang dimiliki oleh setiap sisi (Sumber: Arsip penulis)

Langkah terakhir adalah menghubungkan list simpul yang terdapat pada program untuk membuat pohon merentang minimumnya.



Gambar 17 Ilustrasi MST yang terbentuk (Sumber: Arsip penulis)

Dapat dilihat bahwa panjang kabel yang dibutuhkan totalnya ialah 47 meter dan biaya yang diperlukan ialah **Rp101.050** rupiah untuk biaya pemasangan kabel

V. KESIMPULAN

Algoritma greedy dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan meminimumkan biaya pemasangan router wifi pada hunian kost sangkuriang menggunakan algoritma Kruskal sebagai algoritma yang menyeleksi simpul (router) yang layak untuk masuk ke dalam pohon merentang minimum. Algoritma ini memiliki kompleksitas $O(E \log E)$. Adanya sorting yang dilakukan diawal dengan menggunakan *default sort (merge sort)* memiliki kompleksitas sebesar $O(E \log E)$. Penentuan apakah sebuah sisi akan membentuk graf siklik memiliki kompleksitas $O(\log E)$ sehingga $O(E \log E) + O(\log E) = O(E \log E)$ untuk E ialah banyak sisi pada graf. Permasalahan ini dibuat agar memudahkan para pemilik kost dalam penentuan pemasangan kabel sehingga biaya yang dikeluarkannya seminimum mungkin.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji syukur atas keharidat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan makalah dengan lancar dan tanpa kendala. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Dr. Nur Ulfa Maulidevi selaku pengajar mata kuliah Strategi Algoritma K02 yang telah membantu penulis untuk memahami materi yang dijadikan sebagai bahan acuan dalam penulisan makalah ini

REFERENCES

- [1] <http://e-journal.uajy.ac.id/268/2/1KOM03471.pdf>, Diakses pada 21 Mei 2022 pukul 16.23
- [2] <https://www.makeuseof.com/tag/technology-explained-how-does-a-router-work/>, Diakses pada 21 Mei 2022 pukul 17.23
- [3] <https://www.netspotapp.com/hardware/wireless-router/>, Diakses pada 21 Mei 2022 pukul 17.27
- [4] Rosen, Kenneth H. 2019. Discrete Mathematics and Its Applications, Eighth Edition. New York: Mc Graw Hill Education.
- [5] Munir, Rinaldi. 2021. *Graf (Bag. 1): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*. Diakses pada tanggal 21 Mei 2022
- [6] Munir, Rinaldi. 2021. *Pohon (Bag. 1): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*. Diakses pada tanggal 21 Mei 2022
- [7] Munir, Rinaldi. 2021. *Pohon (Bag. 2): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*. Diakses pada tanggal 21 Mei 2022
- [8] Munir, Rinaldi. 2022. *Algoritma Greedy (Bag. 2): Bahan Kuliah IF2211 Matematika Diskrit*. Diakses pada tanggal 21 Mei 2022

LINK VIDEO

<https://youtu.be/DSopDaNFZuQ>

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, 21 Mei 2022

Muhammad Garebaldhie ER Rahman - 13520029