

Aplikasi Graf dalam Rute Pengiriman Barang

Christ Angga Saputra¹ - 13512019

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

¹christanggasaputra@gmail.com

Abstraksi—Makalah ini membahas tentang teori graf dan aplikasinya yang digunakan dalam rute pengiriman barang. Setiap jasa pengiriman barang memiliki rute pengiriman yang berlainan tergantung dari fungsi dan tujuan jasa pengiriman barang tersebut. Ada dua jenis pemodelan yang akan dibahas dalam makalah ini. Pemodelan pertama menggunakan graf Hamilton. Pemodelan ini cocok digunakan untuk rute yang terurut. Sedangkan pemodelan kedua menggunakan algoritma Prim. Pemodelan ini cocok digunakan untuk rute yang spesifik.

Kata kunci—algoritma Prim, graf Hamilton, pengiriman barang.

I. PENDAHULUAN

Jasa pengiriman barang adalah sebuah sarana pembantu untuk mengirimkan barang. Jasa pengiriman barang biasanya berupa perusahaan besar karena harus memiliki banyak cabang yang tersebar merata agar proses pengirimannya menjadi lebih efisien. Saat ini, jasa pengiriman barang menjadi sangat penting karena masyarakat memiliki banyak kesibukan yang tidak memungkinkan mereka untuk mengirimkan barang secara pribadi.

Dalam perkembangannya, jasa pengiriman barang tidak hanya terbatas melalui jalur darat saja, tetapi juga melalui jalur udara dan jalur laut. Jalur udara biasanya digunakan untuk pengiriman barang lintas pulau atau yang bersifat mendesak, contohnya barang yang tidak tahan lama seperti makanan dan barang yang dibutuhkan dalam waktu dekat seperti dokumen penting. Jalur laut biasanya digunakan untuk pengiriman barang berskala besar dan yang bersifat tidak mendesak. Masing-masing jalur memiliki kelebihan dan kekurangan, misalnya ongkos dengan menggunakan jalur udara jauh lebih mahal jika dibandingkan dengan menggunakan jalur laut, tetapi waktu yang dibutuhkan oleh jalur udara jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan jalur laut.

Jasa pengiriman barang juga berkembang dengan menjadi rekan perusahaan klien. Dengan bekerja sama, perusahaan klien senang karena tidak perlu repot mengantarkan barangnya tersebut dan jasa pengiriman barang pun senang karena memiliki banyak pesanan. Selain itu, jasa pengiriman barang pun memberikan banyak fasilitas, seperti jaminan barang, akses menelusuri

info lokasi barang, dan fasilitas pengambilan barang di tempat pengirim dan mengantarkannya ke tempat tujuan. Hal tersebut menguntungkan pengirim karena pengirim tidak perlu repot mengantarkan barangnya dan orang yang dikirim pun tidak perlu repot mengambil barang tersebut.

Beberapa contoh jasa pengiriman barang yang telah berkembang di dunia adalah UPS (*United Parcel Service*), FedEx, dan DHL. Sedangkan untuk di Indonesia, jasa pengiriman barang yang cukup terkenal adalah TiKi dan JNE.

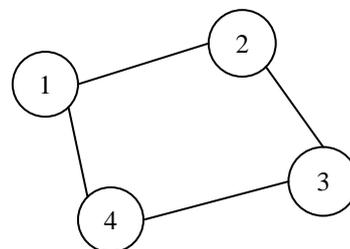
II. TEORI DASAR

2.1 Definisi Graf

Graf adalah struktur diskrit yang terdiri dari simpul dan sisi yang menghubungkan simpul-simpul tersebut.^[1] Graf biasanya digunakan untuk merepresentasikan hubungan untuk organisasi, jalan-jalan di suatu daerah, dan masih banyak lagi. Secara matematika, graf didefinisikan sebagai $G = (V, E)$ yang

- V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul
- E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul

Berikut adalah contoh graf tidak berarah:

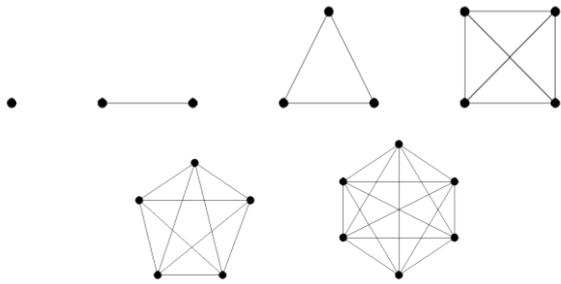


Gambar 2.1 Graf tidak berarah dengan 4 simpul dan 4 sisi.

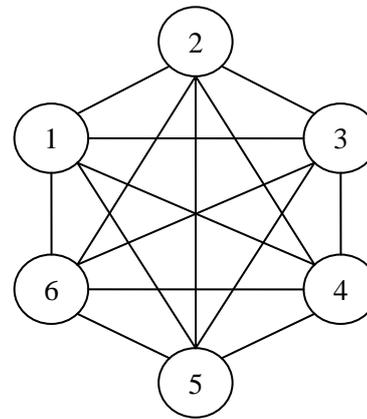
Graf di atas merupakan graf tidak berarah dengan 4 simpul dan 4 sisi. Simpulnya adalah 1, 2, 3, dan 4.

2.2 Graf Lengkap

Graf lengkap adalah graf yang semua derajat dalam simpul graf tersebut sama. Berikut adalah beberapa contoh graf lengkap:



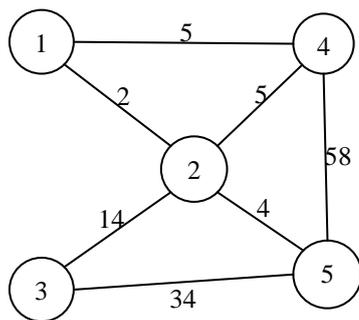
Gambar 2.2 Beberapa contoh graf lengkap^[2]



Gambar 2.4 Graf Lengkap dengan 6 simpul.

2.3 Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya memiliki nilai yang setiap nilainya itu merepresentasikan bobot (*weight*). Contoh graf berbobot adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Graf berbobot dengan 5 simpul.

Graf di atas merupakan graf berbobot dengan 5 simpul dan 7 sisi. Simpulnya adalah 1, 2, 3, 4, dan 5. Sedangkan bobot pada sisi (1,2) adalah 2, pada sisi (1,4) adalah 5, dst.

2.4 Lintasan dan Sirkuit Hamilton

Lintasan Hamilton adalah lintasan yang melalui tiap simpul dalam graf tepat satu kali. Sedangkan sirkuit Hamilton adalah sirkuit yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali, kecuali simpul asal (sekaligus simpul akhir) yang dilalui dua kali. Graf yang memiliki sirkuit Hamilton dinamakan graf Hamilton.^[2]

Tidak seluruh graf adalah graf Hamilton. Syarat cukup supaya sebuah graf sederhana dengan n ($n \geq 3$) buah simpul adalah graf Hamilton ialah bila derajat tiap simpul paling sedikit $n/2$.^[2]

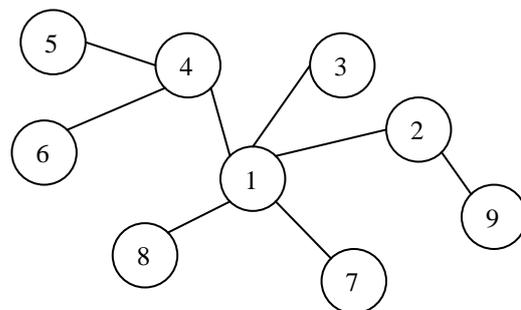
Sirkuit pada graf Hamilton tidaklah unik sehingga dimungkinkan untuk memiliki banyak solusi dari satu permasalahan. Untuk menghitung jumlah sirkuit Hamilton dalam graf lengkap digunakan rumus $(n - 1)! / 2$ dengan n menyatakan jumlah simpul dalam graf lengkap tersebut. Berikut adalah contoh dari graf lengkap:

Jumlah sirkuit Hamilton dari graf di atas adalah $(6 - 1)! / 2$ yaitu 60. Salah satu sirkuit Hamilton dari graf di atas adalah 1 - 2 - 5 - 4 - 6 - 3 - 1.

2.5 Definisi Pohon

Pohon adalah graf yang tidak berarah dan tidak mengandung sirkuit. Ada banyak sekali persoalan yang direpresentasikan dengan pohon, karena itulah pohon menjadi salah satu struktur diskrit yang penting. Salah satu contoh aplikasi pohon adalah Pohon biner. Pohon biner adalah pohon yang maksimal memiliki 2 anak.

Berikut adalah contoh dari pohon:



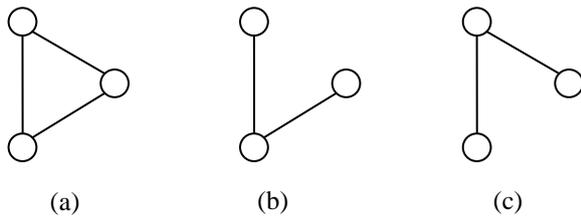
Gambar 2.5 Contoh Pohon

Dari gambar di atas, didapatkan bahwa pohon 1 memiliki anak 2, 3, 4, 7, dan 8. 2 memiliki anak 9. 4 memiliki anak 5 dan 6.

2.6 Pohon Merentang (*Spanning Tree*)

Pohon merentang adalah pohon hasil pemutusan sirkuit pada graf. Pohon merentang sangat banyak aplikasinya dalam dunia. Salah satunya yang sering digunakan adalah pohon merentang minimum (*minimum spanning tree*). Algoritma yang menggunakan pohon merentang minimum adalah algoritma Prim dan Kruskall. Dalam makalah ini, akan dibahas algoritma Prim.

Berikut adalah contoh dari pohon merentang:



Gambar 2.6 Pemotongan sirkuit pada graf

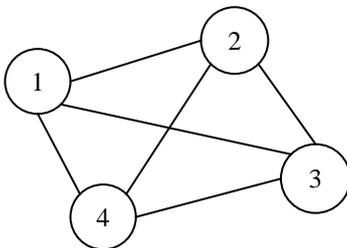
Dari gambar di atas, pohon merentang pada (b) dan (c) didapatkan dengan memotong sirkuit pada graf (a).

III. ANALISIS APLIKASI GRAF DALAM RUTE PENGIRIMAN BARANG

Dalam jasa pengiriman barang, rute pengiriman barang menjadi sangat penting karena tanpa adanya rute yang terstruktur, pengiriman barang menjadi tidak mangkus yang akan merugikan kepada perusahaan itu sendiri. Kerugian yang akan dialami oleh perusahaan adalah waktu pengantaran barang menjadi lebih lama karena jarak pengantaran pun menjadi lebih jauh. Selain itu, bahan bakar pun menjadi terbuang sia-sia. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu algoritma untuk menentukan lintasan dari

Dalam makalah ini, akan dibahas dua pemodelan berdasarkan rute pengirimannya. Pemodelan pertama yaitu rute pengirimannya melingkar, artinya setiap tempat tujuan pengiriman dilalui satu kali dan akhirnya kembali ke tempat semula.

Sebagai contoh suatu perusahaan jasa pengiriman barang ingin mengirimkan barang ke 3 tempat. Letak perusahaan tersebut diilustrasikan dengan simpul nomor 1 dan tempat tujuan pengirimannya nomor 2, 3, dan 4. Berikut ilustrasinya:



Gambar 3.1 Graf tidak berarah dengan 4 simpul.

Berdasarkan graf di atas, ada 3 kemungkinan rute perjalanannya yang dijabarkan sebagai berikut:

- 1 – 2 – 3 – 4 – 1
- 1 – 3 – 2 – 4 – 1
- 1 – 4 – 2 – 3 – 1

Berdasarkan contoh di atas, pengiriman barang menjadi lebih mangkus karena tidak ada tempat tujuan yang dilalui

dua kali. Pemodelan rute di atas cocok digunakan untuk pengiriman yang kontinyu dan teratur.

Pemodelan kedua yaitu rute pengiriman barangnya adalah pohon merentang. Setiap tempat tujuan pengiriman dan tempat asal diilustrasikan sebagai simpul. Jarak atau waktu pengiriman barang diilustrasikan sebagai bobot pada sisi. Tujuan dari kasus ini adalah mendapatkan rute dengan jalur terpendek. Berbeda dengan rute pada pemodelan pertama, pada pemodelan ini rute tidak bersifat melingkar, melainkan seperti pohon. Untuk mencari jalur terpendek dari semua simpul, telah banyak algoritma yang dikembangkan. Salah satunya dengan menggunakan algoritma Prim. Berikut ini ditampilkan *pseudocode* dari algoritma Prim:

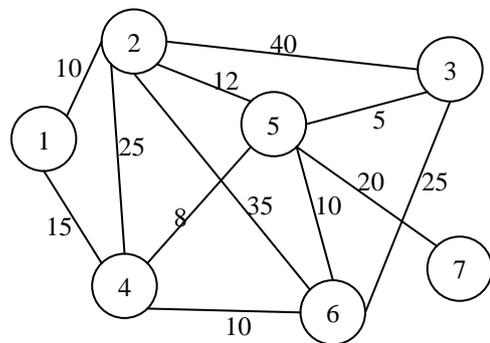
```

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 ← {(p,q)}
for i←1 to n-2 do
Pilih sisi (u,v) dari E yang bobotnya
terkecil namun
bersisian dengan simpul di T
T ← T ∪ {(u,v)}
endfor

```

Gambar 3.2 Pseudocode algoritma Prim^[2]

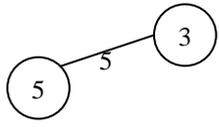
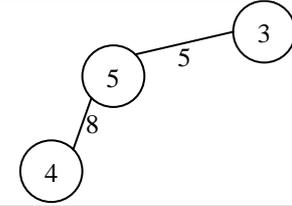
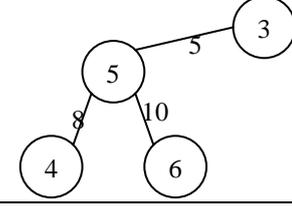
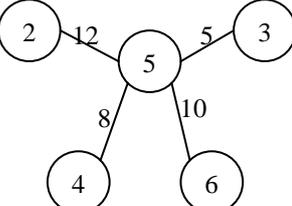
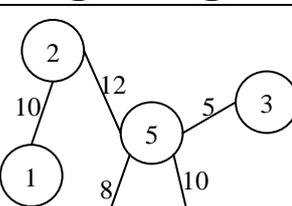
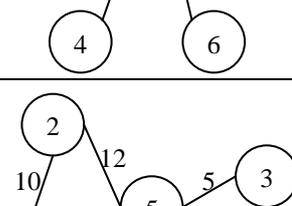
Berikut adalah contoh kasus rute pengiriman barang dari simpul nomor 1 ke simpul lainnya.



Gambar 3.3 Graf berbobot dengan 6 simpul.

Berdasarkan graf di atas, langkah-langkah penyelesaiannya sebagai berikut:

Langka	Sisi	Bobot	Graf
h			

1	(3, 5)	5	
2	(4, 5)	8	
3	(5, 6)	10	
4	(2, 5)	12	
5	(1, 2)	10	
6	(5, 7)	20	

Tabel 3.1 Penyelesaian algoritma Prim untuk mencari rute terpendek dari Gambar 3.3

Pemodelan rute seperti di atas cocok digunakan untuk pengiriman yang tidak terurut atau selektif. Karena rutenya tidak berbentuk melingkar, total jarak atau waktu pengiriman tidak sedikit. Inilah yang menjadi kekurangan algoritma Prim.

IV. PERMASALAHAN

Dalam kehidupan sehari-hari, rupanya dengan graf Hamilton dan algoritma Prim saja belum dapat

memecahkan seluruh pemodelan rute pengiriman barang. Banyak faktor lain yang harus diperhatikan agar pengiriman barang lebih mangkus lagi, salah satunya adalah rute yang dilalui haruslah rute terpendek dan juga terhubung satu sama lain. Dengan rute seperti ini, proses pengiriman barang menjadi lebih cepat dan mangkus karena jalur yang dilewati adalah jalur terpendek dengan bobot minimum. Penulis menemukan ada algoritma tingkat lanjut untuk mengatasi masalah ini, algoritma tersebut bernama TSP (*Traveller Salesperson Problem*).

TSP adalah salah satu aplikasi graf yang cukup terkenal. Algoritma yang digunakan dalam TSP ini adalah algoritma tingkat lanjut. Secara umum, TSP adalah penggabungan algoritma Prim dengan graf Hamilton, yaitu mencari rute terpendek yang terhubung antara satu tempat tujuan dengan tempat tujuan lain.

Selain itu, distribusi pembagian daerah pengiriman juga menjadi faktor yang harus diperhatikan. Pembagian rute daerah pengiriman haruslah merata agar seimbang. Tidak boleh ada satu rute yang daerah pengirimannya banyak, tetapi rute lain memiliki daerah pengiriman yang sedikit.

Selain dari faktor dalam, faktor luar pun dapat memengaruhi. Salah satu faktor luar yang dapat memengaruhi proses pengiriman barang adalah masalah kemacetan. Dengan rute semangkus apapun, bila rute tersebut macet tidak akan bermanfaat. Untuk mengatasi hal ini, jasa pengiriman barang haruslah cerdas dalam memilih rute secara dinamik. Salah satu solusi yang sering masyarakat gunakan adalah menggunakan GPS.

V. KESIMPULAN

Graf merupakan struktur diskrit yang terdiri dari simpul dan sisi yang menghubungkan dua simpul. Dalam perkembangannya, graf menjadi alat bantu yang sangat penting bagi manusia karena aplikasinya yang sangat banyak.

Salah satu aplikasi dari graf terdapat pada perusahaan jasa pengiriman barang. Perusahaan jasa ini memberikan jasa untuk membantu mengirimkan barang pengirim kepada alamat tujuan. Aplikasi graf dapat diimplementasikan dengan membuat rute pengiriman barang lebih mangkus.

Ada dua pemodelan yang secara umum digunakan oleh jasa pengiriman barang dan dibahas dalam makalah ini. Pemodelan yang pertama menggunakan graf Hamilton. Pemodelan ini cocok digunakan untuk rute yang terurut dan kontinyu. Pemodelan kedua menggunakan algoritma Prim. Pemodelan ini cocok digunakan untuk rute yang spesifik.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah berhasil menyelesaikan makalah ini. Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima

kasih kepada Ir. Rinaldi Munir, M.T., artikel-artikel di Internet, buku-buku referensi, dan kepada rekan-rekan karena telah membantu dalam menyelesaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] John O. Clark and Derek Allan Holton, *A First Look a Graph Theory*. Singapore: World Scientific, 1991
- [2] Munir, Rinaldi. 2008. *Diktat Kuliah IF2091: Struktur Diskrit 4th ed.*, Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung.

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, 16 Desember 2013



Christ Angga Saputra – 13512019