

Optimisasi Penempatan Bus Transjakarta pada Koridor-Koridor Dengan Menggunakan Teori Graf

Vincent Sebastian The/13513057

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

vincent.s.the@gmail.com

Abstrak-Jakarta sebagai ibukota Indonesia memiliki penduduk dengan mobilisasi tinggi setiap harinya. Seperti kota berpenduduk padat lainnya, Jakarta memiliki masalah dengan transportasi, terutama transportasi umum. Bus Transjakarta yang digagas pada tahun 2006 merupakan solusi pemerintah DKI Jakarta terdepan transportasi massal saat ini. Dengan bus yang lebih aman dan nyaman dibanding moda transportasi umum lainnya, Bus Transjakarta digunakan secara luas oleh penduduk DKI Jakarta dan sekitarnya setiap hari. Namun, Bus Transjakarta masih tidak bisa membuat banyak pengguna mobil pribadi untuk beralih ke transportasi umum. Salah satu penyebabnya adalah lamanya waktu tempuh dengan Bus Transjakarta dibanding dengan menggunakan kendaraan pribadi. Hal ini disebabkan oleh minimnya jumlah bus dibandingkan dengan jumlah penumpang terutama pada jam-jam sibuk seperti jam pulang kantor. Hal ini menyebabkan para pengguna Bus Transjakarta menunggu sangat lama di dalam halte. Bila sudah memasuki bus, para pengguna Transjakarta pun akan berdesak-desakan. Hal inilah yang membuat banyak orang enggan menggunakan Bus Transjakarta. Di sisi lain, beberapa koridor memiliki jumlah penumpang yang lebih sedikit sehingga bus-bus relative sepi dibanding dengan koridor lain. Hal inilah yang penulis ingin selesaikan. Lewat tulisan ini, penulis ingin mencoba menulis gagasan optimisasi penempatan Bus-Bus Transjakarta agar operasional setiap koridor dapat berjalan dengan lebih efisien sehingga pembagian bus di setiap koridor dapat sesuai dengan jumlah penumpang dan lama perjalanan dalam koridor tersebut.

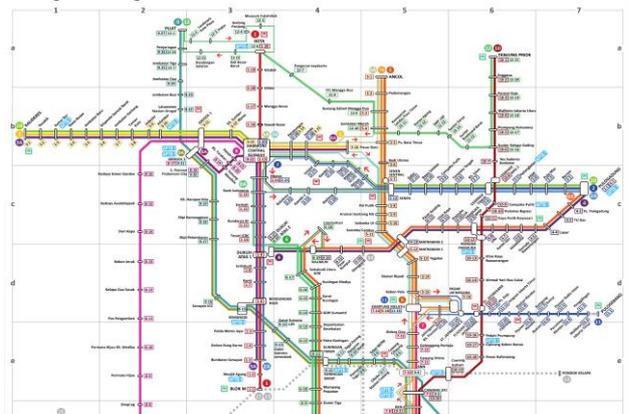
Keywords—graf, Transjakarta, Upagrah,.

I. PENDAHULUAN

Bus-Bus Transjakarta beroperasi berdasarkan koridor-koridor tertentu. Koridor adalah rute perjalanan bus, di dalam satu koridor terdapat beberapa halte dimana para penumpang Bus Transjakarta dapat naik dan turun bus. Satu terminal dapat dilewati oleh beberapa koridor, hal ini memungkinkan pengguna Transjakarta untuk transit atau berpindah koridor.

Graf adalah suatu struktur data yang terdiri dari simpul (*vertices*) dan sisi (*edges*). Biasanya simpul digambarkan sebagai titik dan sisi sebagai garis-garis yang menghubungkan simpul tersebut. Karena memiliki struktur tersebut, graf sangat cocok untuk memodelkan data-data yang berbentuk titik-titik yang tersambung seperti pada jalur Transjakarta ini. Pada tulisan ini, jalur Bus Transjakarta akan dimodelkan sebagai struktur graf. Simpul pada graf akan mewakili halte-halte pada jalur Transjakarta, sedangkan sisi di graf melambangkan rute Transjakarta, bila ada sisi di antara dua simpul, berarti kedua halte yang diwakilkan oleh kedua simpul tersebut

memiliki setidaknya satu rute (koridor) yang menghubungkan mereka.



Gambar 1: Jalur Transjakarta yang sudah terlihat seperti graf.

(<http://transjakarta.co.id>)

Tujuan dari tulisan ini adalah optimisasi operasional Bus Transjakarta, dalam tulisan ini dengan mengurangi waktu tunggu para penumpang di halte. Hal ini utamanya disebabkan oleh waktu interval kedatangan antarbus lama dan bus yang datang pun sudah dipenuhi oleh penumpang-penumpang dari halte sebelumnya sehingga pada halte tersebut bahkan tidak muat untuk dimasuki penumpang lagi. Hal itu sering ditemui pada jam-jam sibuk seperti jam pulang kantor atau pada saat pagi. Di saat yang sama, terdapat koridor-koridor Transjakarta yang busnya terisi relatif sepi, biasanya koridor yang tidak melewati daerah komersial. Masalah inilah yang penulis ingin coba selesaikan lewat tulisan ini.

Ide dasar dari optimisasi ini adalah dengan cara memperkirakan beban setiap koridor dengan teori graf dan mendistribusikan bus-bus yang tersedia berdasarkan beban tersebut. Beban yang dimaksud di sini dihitung dari beberapa aspek yaitu banyaknya penumpang yang memakai koridor tersebut dan waktu tempuh antar halte pada koridor tersebut. Semakin banyak penumpang yang menggunakan koridor tertentu dan semakin lama waktu tempuh antar halte pada koridor tertentu, maka semakin banyak bus yang perlu dialokasikan untuk koridor tersebut.

Dengan metode ini, diharapkan perhitungan kebutuhan bus antar koridor per waktu dapat dihitung dengan cukup akurat. Hal ini memungkinkan penjadwalan bus antar koridor lebih optimal dan menurunkan waktu tunggu para penumpang di halte dapat berkurang.

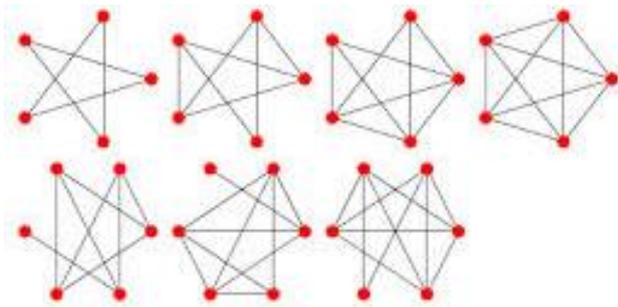
II. LANDASAN TEORI

A. Teori Graf

Graf adalah struktur data yang merepresentasikan data yang saling berhubungan. Benda atau objek dalam suatu graf digambarkan sebagai simpul (*vertex*). Sedangkan hubungan antara simpul disebut busur atau sisi (*edge*).

Dalam matematika diskrit, graf dinotasikan sebagai berikut $G = (V, E)$, dengan V adalah himpunan tidak kosong dari simpul (*vertices*) = $\{ V_1, V_2, \dots, V_n \}$ dalam graf dan E adalah himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan dua simpul dalam graf tersebut = $\{ e_1, e_2, \dots, e_n \}$.

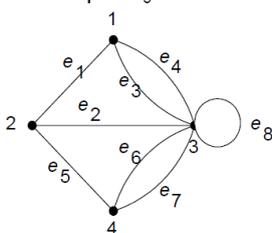
Terdapat beberapa jenis graf berdasarkan ada tidaknya sisi ganda dan gelang, yaitu graf sederhana (tidak mengandung sisi ganda dan sisi gelang) dan graf tak sederhana (memiliki sisi ganda atau sisi gelang). Sisi ganda adalah adanya lebih dari satu sisi yang menghubungkan dua simpul yang sama, dan sisi gelang adalah sebuah sisi yang menghubungkan satu simpul dengan dirinya sendiri (disebut cincin karena biasanya berbentuk cincin). Pada tulisan ini, semua graf yang terbentuk akan diasumsikan sebagai graf sederhana. Tidak ada sisi gelang karena tidak ada bus yang pergi dari satu halte ke halte tersebut lagi. Sedangkan bila ada sisi ganda, sisi tersebut akan dibuat menjadi satu sisi yang memiliki berat yang sama (dibahas berikutnya).



Gambar 2: Graf sederhana
(<http://mathworld.wolfram.com/>)

Graph

■ Graph G_3



Pada G_3 , sisi $e_8 = (3, 3)$ dinamakan **gelang** atau **kalang** (*loop*) karena ia berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

Gambar 3 : Graf tak sederhana
(darkrabbitblog.blogspot.com)

Sedangkan berdasarkan orientasinya graf terdiri atas 2 yaitu graf berarah dan graf tidak berarah. Graf berarah berarti sisi-sisi memiliki orientasi (dari simpul satu ke simpul lain dan tidak sebaliknya). Sedangkan graf tidak berarah tidak memiliki orientasi (dari satu simpul melewati satu sisi dapat kembali melewati sisi yang sama lagi).

Beberapa terminology graf antara lain :

Berikut adalah karakteristik-karakteristik graf yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pada tulisan ini

1. Ketetanggaan (adjacent)

Dua buah simpul pada graf dikatakan bertetangga apabila keduanya terhubung langsung oleh sebuah sisi. Dengan kata lain ada sisi dimana sisi tersebut menghubungkan simpul S_1 dan simpul S_2

2. Bersisian (Incidency)

Untuk sembarang sisi $e = (S_1, S_2)$, e dikatakan bersisian dengan S_1 dan S_2 karena e menghubungkan simpul S_1 dan S_2 .

3. Lintasan (Path)

Lintasan (*path*) adalah jalur dari satu simpul ke simpul lainnya, pada gambar 3, lintasan dari simpul 2 ke simpul 3 dapat berupa melewati sisi e_1 lalu ke sisi e_4 , dengan begitu akan melewati simpul $2 - 1 - 3$.

4. Graf Berbobot (Weighted Graph)

Graf berbobot adalah graf yang sisinya mempunyai nilai, bobot tersebut bisa mewakili panjang sisi atau dapat juga mewakili maksud lain dari graf tersebut.

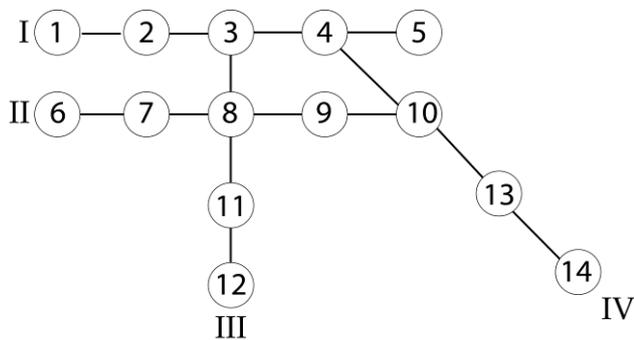
5..Upagraf

Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf (*subgraph*) dari G jika $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$. Komplement dari upagraf G_1 terhadap graf G adalah graf $G_2 = (V_2, E_2)$ sedemikian sehingga $E_2 = E - E_1$ dan V_2 adalah himpunan simpul yang anggota-anggota E_2 bersisian dengannya.

III. APLIKASI TEORI GRAPH DALAM MENENTUKAN ALOKASI BUS

A. Pembagian Graf Transjakarta Menjadi Beberapa Upagraf Berdasarkan Koridor

Supaya tulisan ini lebih berfokus pada pembahasan cara optimisasi masalah, maka jalur Transjakarta akan dimodelkan dengan jalur-jalur yang lebih sederhana. Untuk tulisan ini, jalur Transjakarta diasumsikan hanya sebagai berikut,

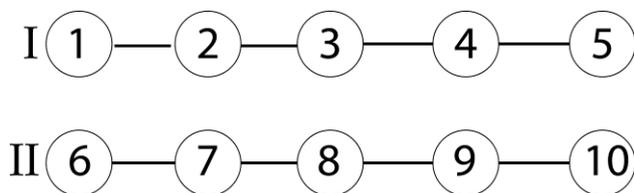


Gambar 6. Jalur Transjakarta Buatan Untul Tulisan ini

Pada jalur diatas terlihat bahwa terdapat empat belas halte yang sudah dinomori yang terbagi dalam empat koridor. Koridor-koridor tersebut beserta halte-halte yang dilewatinya adalah

- Koridor I: 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- Koridor II: 6 – 7 – 8 – 9 – 10
- Koridor III: 3 – 8 – 11 – 12
- Koridor IV: 4 – 10 – 13 – 14

Selanjutnya untuk penghitungan pembagian Bus Transjakarta, kita akan melihat jalur-jalur tersebut berdasarkan koridor – koridornya, maka kita akan membagi graf di atas ke empat upagraf.



Gambar 7. Upagraf koridor I dan II.

B. Aspek-Aspek yang Diperhitungkan dalam Optimisasi Penempatan Bus.

Seperti yang telah disinggung sebelumnya, ada beberapa hal yang membuat para penumpang Bus Transjakarta menunggu lama di halte. Hal-hal tersebut perlu diperhitungkan untuk menjadi parameter dalam menentukan jumlah bus yang dialokasikan ke koridor tertentu nantinya.

Ada dua hal yang akan dipertimbangkan untuk menentukan alokasi bus pada koridor tertentu, yaitu jumlah penumpang yang memakai bus dalam koridor tersebut dan lamanya waktu tempuh antar halte pada koridor tersebut. Jarak antar halte pada suatu koridor tidak diperhitungkan karena dengan menghitung jarak saja kurang relevan (misalkan halte yang berjarak jauh namun memiliki tingkat kemacetan yang rendah akan lebih cepat dicapai daripada halte yang berjarak dekat namun memiliki tingkat kemacetan yang tinggi), dengan menggunakan waktu tempuh, efek kemacetan juga diperhitungkan.

Penghitungan variable-variabel di atas hanya dibatasi untuk waktu tertentu saja, karena kebutuhan alokasi bus untuk setiap waktu bias saja berubah.

Misalnya, pada pagi hari saat banyak orang berangkat ke kantor masing-masing, koridor I yang ramai, sedangkan pada siang hari, koridor II yang ramai.

C. Pemberian Bobot pada Sisi Graf

Berdasarkan pad poin di atas, bobot suatu sisi akan ditentukan dari jumlah orang yang menggunakan koridor dimana sisi tersebut terdapat dan jumlah orang yang menggunakan koridor tersebut.

Untuk tujuan tersebut, perlu didefinisikan sebuah persamaan untuk mendapatkan bobot setiap sisi pada graf. Misalkan terdapat sisi S yang menghubungkan halte $H1$ dan halte $H2$. Maka definisikan T Sebagai waktu tempuh dalam menit untuk satu bus berangkat dari $H1$ menuju $H2$. Definisikan juga N sebagai banyak orang yang menggunakan koridor tersebut. N didefinisikan sebagai keseluruhan orang yang memakai koridor tersebut bukan sebagai banyak orang yang melintas Antara $H1$ dan $H2$ karena jumlah orang yang melintas Antara $H1$ dan $H2$ sebelum dioptimisasi bisa saja berubah (jumlah orang yang melintas dalam satu waktu akan meningkat setelah alokasi bus dioptimisasi) sehingga tidak relevan. Selain itu, pengguna Transjakarta kebanyakan adalah komuter yang setiap harinya menempuh perjalanan jauh dari tempat tinggal ke tempat kerja mereka, sehingga dapat diasumsikan para penumpang Transjakarta akan melintasi semua halte pada koridor sehingga jumlah penumpang pada sisi yang terdapat dalam koridor yang sama tidak jauh berbeda.

Dari variable-variabel di atas, bobot sisi, W dapat dihitung dengan persamaan,

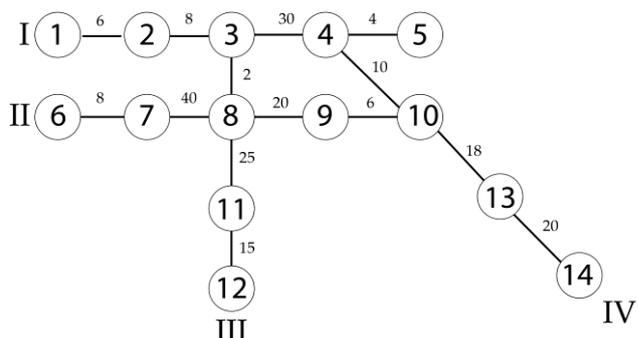
$$W = N.T$$

Dengan N dan T berturut-turut adalah jumlah penumpang Bus Transjakarta dalam koridor tempat sisi berada dan waktu tempuh halte tersebut.

Perhatikan setiap sisi pada graf tersebut adalah sisi tidak berarah dan setiap jalur Bus Transjakarta adalah jalur dua arah sehingga seharusnya setiap sisi pada graf tersebut memiliki dua bobot. Namun dalam hal ini hanya perlu diperhitungkan bobot yang lebih besar dari kedua nilai tersebut. Hal ini dikarenakan bobot yang paling besarlah yang menjadi penentu atau *bottleneck* total dari efisiensi koridor tersebut.

D. Pengaplikasian Pemberian Bobot

Lihat kembali graf pada gambar 6. Misalkan waktu tempuh setiap sisi adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Graf Jalur Transjakarta dengan bobot di setiap sisi menyatakan lama waktu perjalanan

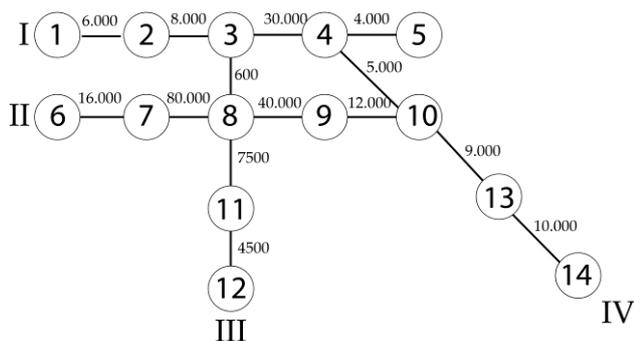
Lalu misalkan banyaknya penumpang per koridor adalah sebagai berikut

- Koridor I: 1.000 orang
- Koridor II: 2.000 orang
- Koridor III: 300 orang
- Koridor IV: 500 orang

Berdasarkan kondisi di atas, maka persamaan pada (III.C) dapat menghitung bobot yang akan kita pergunakan dalam alokasi bus untuk setiap koridornya. Setelah persamaan

$$W = N.T$$

diterapkan pada graf di atas, maka bobot pada sisi-sisi graf di atas menjadi



Gambar 9. Graf yang sisinya sudah diberi pembobotan.

E. Pembagian Alokasi Bus pada Koridor-Koridor Transjakarta

Setelah setiap sisi pada graf rute Transjakarta diberi bobot, langkah selanjutnya adalah menentukan pembagian bus berdasarkan nilai-nilai bobot pada graf tersebut. Untuk tujuan tersebut, ambil upagraf dari koridor I.



Gambar 10. Upagraf dari koridor I.

dalam menentukan banyaknya alokasi bus yang akan ditempatkan pada koridor tertentu, maka cukup dilihat sisi yang memiliki bobot paling besar dalam koridor tersebut, pada gambar di atas koridor I memiliki sisi palig berat yaitu sisi yang berbobot 30.000. Hanya sisi yang paling berat yang diambil karena sisi inilah yang akan menjadi pembatas kapasitas (baik dalam kapasistas waktu ataupun kapasitas penumpang) pada koridor tersebut atau bias disebut juga sebagai *bottleneck*.

Berdasarkan prinsip di atas, maka setiap koridor akan memiliki bobot sebagai berikut

- Koridor I: 30.000
- Koridor II: 80.000

- Koridor III: 7.500
- Koridor IV: 10.000

bobot-bobot tersebut akan menjadi perbandingan bus yang akan dialokasikan ke koridor masing-masing. Dengan kata lain jumlah bus yang akan dialokasikan ke koridor terkait adalah jumlah bus yang tersedia dikali dengan bobot koridor tersebut dibagi dengan jumlah bobot semua koridor. Misalkan terdapat 100 bus yang tersedia untuk operasional Transjakarta, maka jumlah alokasi bus untuk setiap koridor adalah sebagai berikut

- Koridor I: 24 bus
- Koridor II: 62 bus
- Koridor III: 6 bus
- Koridor IV: 8 bus

IV. PENJADWALAN ALOKASI BUS BERDASARKAN WAKTU

Seperti yang sudah disinggung sebelumnya, penghitungan di atas hanya valid pada satu kurun waktu tertentu. Untuk mendapatkan penjadwalan bus yang optimal, maka alokasi bus untuk setiap koridor perlu dihitung untuk beberapa pulang kantor. Pembagian tersebut dapat dilakukan misal dengan membagi alokasi pada pagi hari saat komuter berangkat ke kantor masing-masing, pada siang hari, dan sore hari saat jam pulang kantor.

Setelah alokasi bus telah dihitung untuk setiap waktunya, maka penjadwalan setiap bus dapat dibuat. Penjadwalan akan mengatur koridor tempat bus tersebut akan beroperasi. Dengan begitu, alokasi bus untuk setiap koridornya akan menjadi optimal.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan penulis, pemodelan alokasi Bus Transjakarta dapat mengoptimalkan operasional Busway. Masalah tidak sesuainya alokasi Bus Transjakarta dengan beban koridor diharapkan dapat terselesaikan dengan optimisasi ini. Optimisasi lebih jauh lagi dapat dilakukan dengan cara memperbaiki metode penghitungan bobot setiap graf.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis ingin bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya oleh karena rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Penulis juga berterima kasih kepada dosen yang memberikan tugas ini Dr. Ir. Rinaldi Munir dan kepada dosen pengajar penulis Dra. Harlili S., M.Sc. atas bimbingan dan jasa beliau yang selama ini telah mengajar dan memberikan ilmu pada mata kuliah matematika diskrit, sehingga penulis mampu membuat tulisan ini. Tak lupa juga penulis berterima kasih atas rekan-rekan yang senantiasa memberikan dorongan dan semangat bagi penulis.

REFERENCES

- [1] <http://www.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabek-nasional/14/02/24/n1hm7a-waktu-tunggu-bus-transjakarta-masih-lama>
- [2] <http://thesis.binus.ac.id/doc/Lain-lain/2011-2-00100-TI%20Ringkasan001.pdf>
- [3] [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1097-0118](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1097-0118)
- [4] <http://vittorastama.blogspot.com/2014/09/informasi-armada-bus-transjakarta.html>

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, 10 Desember 2014



Vincent Sebastian The / 13513057