

APLIKASI GRAF BERARAH DALAM UPAYA PENGURANGAN KEMACETAN

Arini Hasianna 13511082
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganessa 10 Bandung 40132, Indonesia
13511082@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Graf merupakan suatu bahasan yang sering dipakai karena dapat memodelkan suatu sistem tertentu seperti jaringan komunikasi, jaringan transportasi, dan lain-lain. Salah satu aplikasi graf dalam jaringan transportasi selain pembuatan jadwal keberangkatan dan ketibaan suatu kendaraan umum adalah dalam pembuatan jalan dalam upaya mengurangi kemacetan.

Tujuan yang diinginkan dalam penanganan masalah perhubungan ini adalah menghubungkan tempat-tempat seefektif mungkin, baik dalam jarak yang ditempuh, waktu yang dibutuhkan, maupun biaya yang dikeluarkan.

Kata Kunci—efisiensi, garis, graf, simpul.

I. PENDAHULUAN

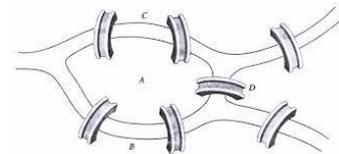
Menghubungkan suatu tempat dengan tempat lain merupakan masalah yang dihadapi dalam bidang perhubungan. Persoalan ini semakin kompleks ketika efisiensi dalam penggunaan rute yang dibuat, baik dalam jarak, waktu, maupun biaya juga diperhitungkan. Dalam graf, pada umumnya simpul merepresentasikan kota atau tempat dan sisi atau garis merepresentasikan rute atau jalan yang menghubungkan tiap tempat. Semakin banyak tempat atau kota yang ingin dituju, semakin banyak pula jalan yang menghubungkannya, dan semakin kompleks pulalah masalah yang dihadapi.

Dalam penerapannya, garis juga bisa merepresentasikan waktu tempuh. Hal ini digunakan untuk menghitung efisiensi suatu perjalanan. Pada kehidupan nyata, jarak tempuh yang pendek bisa memakan waktu yang cukup lama dalam pelaksanaannya karena banyak pengguna jalan yang menempuh jalur tersebut dan menyebabkan lalu lintas padat, sedangkan jarak tempuh yang lebih panjang dari jalur yang disebutkan di atas bisa saja memakan waktu yang jauh lebih singkat karena hanya sedikit orang yang menggunakan jalan tersebut.

Metode Graf dipilih dalam menyelesaikan permasalahan dalam bidang perhubungan karena mampu memodelkan suatu sistem dengan lebih baik dibanding dengan data yang ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, ataupun

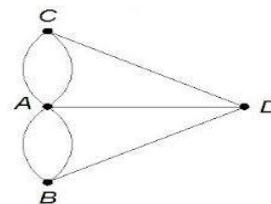
bagan.

Graf dipakai pertama kali oleh seorang matematikawan Swiss yang bernama L. Euler pada tahun 1736 dalam memecahkan masalah jembatan Königsberg. Di kota Königsberg, Jerman, terdapat sungai Pregal yang mengalir mengelilingi Pulau Kneipof dan bercabang menjadi dua buah anak sungai. Ada tujuh buah jembatan yang menghubungkan daratan yang dibelah oleh sungai tersebut. Masalah jembatan Königsberg adalah apakah mungkin melalui ketujuh buah jembatan tersebut dan kembali ke tempat semula hanya dengan melewatinya satu kali tiap jembatan? Banyak orang yang sepakat bahwa tidak mungkin kembali ke tempat semula hanya dengan melewati setiap jembatan sekali namun mereka tidak bisa menjelaskan alasannya.



Gambar 1-1 Pemodelan jembatan Königsberg

Euler memodelkan masalah ini dalam graf, simpul merepresentasikan daratan dan garis merepresentasikan jembatan. Jawaban Euler atas masalah ini adalah orang tidak mungkin melalui ketujuh jembatan tersebut masing-masing satu kali dan kembali ke tempat semula jika jumlah dari tiap simpul tidak seluruhnya genap.



Gambar 1-2 Graf yang merepresentasikan jembatan Königsberg

Graf di atas menunjukkan bahwa tiap simpul berderajat ganjil (memiliki jumlah sisi yang ganjil) sehingga orang tidak mungkin dapat melalui ketujuh jembatan masing-masing satu kali dan kembali ke tempat semula.

II. DASAR TEORI

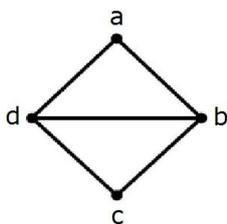
Graf didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) yang ditulis dengan notasi $G=(V, E)$ yang dalam hal ini V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul dan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul. Setiap simpul pada graf dinomori baik dengan huruf (a, b, c, ..., y, z), bilangan asli (1, 2, 3, ...), maupun keduanya. Sisi yang menghubungkan dua simpul, sebagai contoh simpul u dan v , dinyatakan dengan pasangan (u, v) .

Sisi ganda adalah sekumpulan sisi yang menghubungkan sepasang simpul yang sama. Gelang adalah sisi yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, graf digolongkan menjadi:

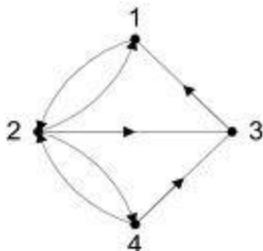
1. Graf sederhana
Yaitu graf yang tidak memiliki sisi ganda maupun gelang.
2. Graf tidak sederhana
Yaitu graf yang memiliki sisi ganda atau gelang. Graf tidak sederhana dibedakan menjadi dua yaitu graf ganda dan graf semu. Graf ganda adalah graf yang memiliki sisi ganda, sedangkan graf semu adalah graf yang mengandung gelang, bahkan bila memiliki sisi ganda sekalipun^[1].

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan menjadi:

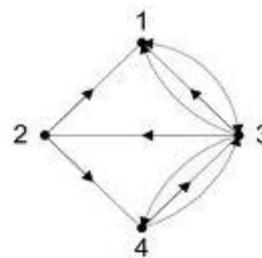
1. Graf tidak berarah
Yaitu graf yang sisi-sisinya tidak mempunyai orientasi arah.
2. Graf berarah
Yaitu graf yang sisi-sisinya mempunyai orientasi arah^[1].



Gambar 2-1 Graf sederhana dan tak berarah



Gambar 2-2 Graf berarah



Gambar 2-2 Graf-ganda berarah

Dalam ilmu ekonomi, efisiensi merupakan perbandingan terbaik antara suatu kegiatan dengan hasilnya. Efisiensi merupakan sebuah konsep yang bulat pengertiannya dan utuh jangkauannya. Hal ini berarti bagi efisiensi tidak tepat dibuat tingkat-tingkat perbandingan derajat, seperti “lebih efisien” atau “paling efisien”. Efisiensi adalah perbandingan terbaik di antara 2 unsur kegiatan dan hasilnya. Oleh karena itu, tidaklah mungkin dikatakan perbandingan yang “lebih” atau “paling” terbaik. Kemungkinannya adalah efisiensi dan nonefisiensi^[2].

Jika efisiensi yang telah disebutkan di atas dikaitkan dengan penggunaan graf dalam bidang perhubungan, maka yang dimaksud oleh penulis adalah bagaimana pengaturan rute atau jalan yang menghubungkan antar tempat dapat menguntungkan bagi pengguna jalan dalam segi waktu, biaya, atau jarak yang ditempuh. Tingkat efisiensi inilah yang akan memengaruhi tingkat kemacetan lalu lintas yang kini semakin marak terjadi.

Untuk mencapai suatu efisiensi, pasti ada yang harus dikorbankan. Sama halnya dengan penghindaran kemacetan. Kemacetan dapat dihindari salah satunya dengan cara menempuh jalan memutar dengan jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan jarak awalnya. Namun, walaupun akan menempuh jarak yang lebih panjang, perjalanan akan memakan waktu yang relatif lebih singkat dibanding dengan waktu tempuh normal (waktu yang ditempuh termasuk saat menghadapi kemacetan) karena dengan jalan memutar, kemacetan dapat dihindari.

Pengaturan rute antar tempat inilah yang didasarkan pada graf berarah. Pengaturan ini didasarkan pada dimensi dan geometrik jalan, antara lain panjang ruas jalan, lebar jalan, dan jumlah lajur lalu lintas (dari sinilah akan muncul sistem *one way* dan *two ways*)^[5]. Graf yang dipakai penulis dalam analisis pada makalah ini merupakan graf yang mewakili potongan jalan-jalan yang ada di satu kota besar yang kerap dilanda kemacetan. Untuk menata jalan-jalan yang ada, haruslah diketahui arus pada ruas, arus lalu lintas, komposisi kendaraan, dan lain-lain agar penataan sistem perhubungan dapat dilakukan dengan bijak sehingga efisiensi perjalanan dapat tercapai^[5].

III. ANALISIS

Kemacetan lalu lintas telah menjadi permasalahan utama di bidang perhubungan yang terjadi di Indonesia khususnya di kota-kota besar. Waktu tempuh dari suatu titik ke titik lain semakin hari semakin lama. Jumlah titik

tempat kemacetan sering terjadi pun makin bertambah. Banyak kerugian yang terjadi akibat kemacetan ini. Polusi udara makin meningkat sejalan dengan habisnya ribuan liter bahan bakar yang terbuang percuma sembari menunggu kemacetan usai. Kondisi fisik dan mental pun ikut diserang oleh kemacetan ini.

Untuk mengatasi masalah ini, banyak orang yang terus-menerus berpikir untuk membangun ruas jalan baru, menambah akses jalan tol, membangun jalan layang, dan sebagainya. Apakah dengan dilakukannya hal-hal yang disebutkan di atas akan menjamin berkurangnya kemacetan yang terjadi? Perlu diketahui bahwa saat ini rata-rata pertumbuhan kendaraan di Indonesia jauh lebih tinggi dari penambahan panjang jalan^[3]. Penulis ingin mengangkat kota Jakarta sebagai contoh. Faktanya, panjang jalan yang ada di Jakarta hingga saat ini adalah sekitar 7.208 kilometer, sedangkan kebutuhan akan jalan di Jakarta hingga 2012 terhitung sebesar 12.000 kilometer. Menurut data Ditlantas Polda Metro Jaya, jumlah kendaraan bermotor di Jakarta hingga tahun 2011 mencapai 13.347.802 unit. Jumlah tersebut terdiri dari mobil penumpang sebanyak 2,54 juta unit, mobil muatan atau truk sebanyak 581 ribu unit, bus 363 ribu unit, dan sepeda motor sebanyak 9.861.451 unit. Ditlantas melaporkan prediksi pertumbuhan kendaraan pada 2012 sekitar 10-12 persen^[4]. Melihat fakta ini, butuh berapa tahun lagi jalan yang ada dapat menampung seluruh kendaraan?

WILAYAH	JENIS KENDARAAN BERMOTOR				JUMLAH
	MOBIL PENUMPANG	MOBIL BARANG	MOBIL BUS	SEPEDA MOTOR	
JAKARTA SELATAN	533.889	108.089	99.648	863.087	1.605.213
JAKARTA TIMUR	135.137	38.327	16.433	592.084	781.981
JAKARTA UTARA	121.820	40.017	15.277	463.973	631.087
JAKARTA BARAT	496.192	132.895	78.808	952.973	1.660.868
JAKARTA PUSAT	260.288	94.950	46.702	718.905	1.118.855
TOTAL JAKARTA	1.547.336	414.278	256.766	3.579.622	5.798.002
% JENIS KEND	26.7%	7.1%	4.4%	61.7%	100.0%
TANGERANG	175.727	58.937	39.500	1.162.117	1.434.281
BEKASI	134.984	39.378	14.433	899.334	1.088.129
DEPOK	58.422	8.398	7.633	333.100	407.553
TOTAL DETABEK	369.133	104.713	61.566	2.394.551	2.929.963
% JENIS KEND	12.6%	3.6%	2.1%	81.7%	100.0%
TOTAL JAKARTA+DETABEK	1.916.469	518.991	318.332	5.974.173	8.727.965

Gambar 3-1 Data jumlah kendaraan bermotor di wilayah Jakarta, Depok, Tangerang, Bekasi^[6]

Membangun jalan baru untuk mengurangi kemacetan tentu tidak salah dalam upaya mengurangi kemacetan, namun membangun jalan hanya akan membuat orang semakin tertarik menambah kendaraannya ataupun menggunakan kendaraan pribadinya karena merasa bahwa jalan yang baru dibuat akan mampu menampung jumlah kendaraan yang lebih banyak dari sebelumnya.

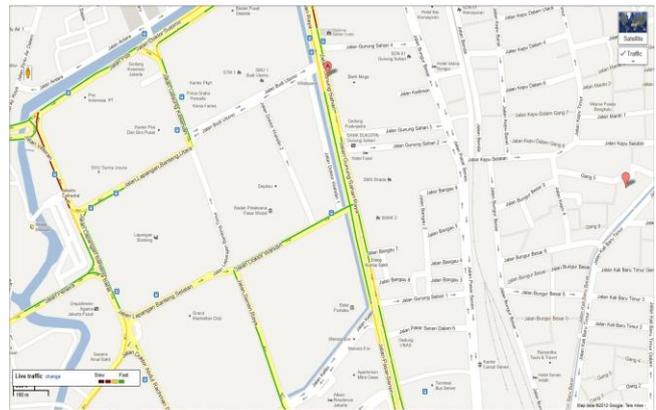
Cara yang efisien untuk memecahkan masalah kemacetan ini adalah dengan pengaturan tata kota dengan benar. Pengaturan tata kota yang benar tentunya memperhitungkan efisiensi perjalanan saat melakukan pembangunan jalan raya di kota tersebut.

Dalam pembangunan jalan raya inilah dibutuhkan graf. Graf yang digunakan adalah graf bobot berarah, yaitu graf yang setiap sisinya diberikan suatu nilai atau bobot dan memiliki orientasi arah^[1]. Nilai inilah yang akan menjadi

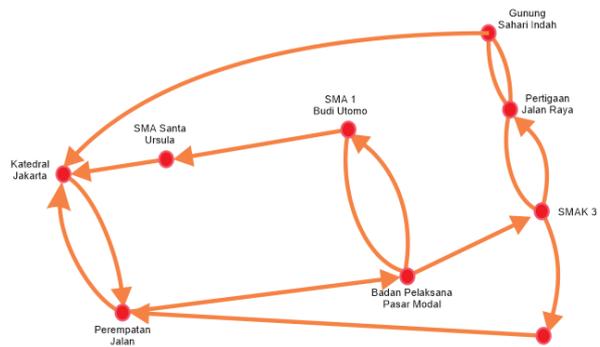
penunjuk jarak yang ditempuh atau waktu yang dibutuhkan.

Biasanya, graf digunakan untuk meminimisasi jarak tempuh pada suatu lintasan. Namun, pada bahasan kali ini, graf tidak hanya digunakan untuk meminimisasi jarak tempuh, melainkan juga memperhitungkan koneksi atau keterhubungan suatu tempat dengan tempat lain. Biasanya, saat Anda meminimisasi jarak tempuh, satu tempat yang direpresentasikan dengan node bisa hanya terhubung dengan satu jalan, padahal pada kenyataannya, setiap tempat jarang sekali mempunyai jalur koneksi (yang dalam hal ini adalah jalan) yang hanya berjumlah satu, apalagi di kota-kota besar. Jika satu tempat hanya memiliki satu jalan untuk mencapainya, maka tempat tersebut akan sulit untuk “hidup” karena tempat tersebut bisa dikategorikan sebagai tempat yang sulit untuk dicapai.

Sebagai contoh, lihatlah graf di bawah ini yang merepresentasikan sebuah kota dengan beberapa tempat yang sering dikunjungi oleh penduduk, baik itu sekolah, gedung perkantoran, maupun gedung pemerintahan:



Gambar 3-2 Daerah di Jakarta Pusat yang memiliki tingkat kemacetan yang tinggi



Gambar 3-3 Tempat-tempat di Jakarta Pusat yang memiliki tingkat kemacetan yang tinggi yang direpresentasikan dengan graf berarah

Bobot yang digunakan dalam graf di atas merupakan jarak tempuh dari satu tempat dengan tempat yang lain. Orientasi arah pada graf di atas merupakan arah pergerakan kendaraan dari satu tempat ke node yang lain.

arus kendaraan dari Badan Pelaksana Pasar Modal, maka akan terjadi lonjakan arus kendaraan pada Perempatan II yang tidak diimbangi dengan aliran keluar kendaraan dari Perempatan II.

Terminal merupakan daerah yang kerap menjadi penyebab kemacetan lalu lintas. Banyak kendaraan umum yang berhenti untuk menaikkan atau menurunkan penumpang di terminal dengan sembarangan. Terminal Bus Senen merupakan terminal tempat perhentian bus, namun banyak kendaraan umum yang juga berhenti untuk memarkir kendaraannya di sekitar terminal ini untuk memperoleh penumpang. Dengan makin banyaknya ruas jalan yang digunakan untuk parkir (*on street parking*), maka ruas jalan akan berkurang. Atas dasar inilah, maka terjadi perubahan jalan yang menghubungkan SMAK 3 dengan Terminal Bus Senen yang semula menerapkan sistem *two ways* menjadi *one way*. Dari graf ini, akses masuk menuju Terminal Bus Senen hanya berasal dari SMAK 3 dan akses keluar dari Terminal Bus Senen menuju Perempatan II. Tidak ada akses keluar dari terminal menuju SMAK 3 ini karena akan memberi peluang bagi kendaraan umum untuk mencari penumpang dengan sembarangan dan membuat kemacetan di daerah SMAK 3. Selain itu, alasan hanya digunakan sistem *one way* dari SMAK 3 ke Terminal Bus Senen adalah agar aliran keluar dari SMAK 3 dapat berjalan dengan baik walaupun aliran keluar kendaraan dari SMAK 3 hanya ada satu, padahal ia memiliki dua jalan masuk untuk kendaraan-kendaraan dari Badan Pelaksana Pasar Modal dan Perempatan I. Dapat berjalan dengan baik karena aliran kendaraan umum dapat terpusatkan menuju terminal dengan menggunakan seluruh ruas jalan tanpa dibagi dua seperti sebelumnya. Dari segi jarak, jarak dari SMAK 3 dan terminal hanya 690 meter. Jarak ini bisa ditempuh dengan berjalan. Hal ini juga dapat dilakukan sebagai alternatif guna mengurangi penggunaan kendaraan dan kemacetan yang ada. Sistem *one way* dari Terminal Bus Senen menuju Perempatan II diterapkan untuk mencegah terjadinya kemacetan dalam arus keluar kendaraan umum karena seluruh ruas jalan digunakan untuk arus keluar kendaraan umum sehingga memudahkan pergerakan kendaraan umum.

Ada perubahan dalam jalan-jalan yang berhubungan langsung dengan node SMAK 3 kecuali jalan yang menghubungkan Badan Pelaksana Pasar Modal dengan SMAK 3 tidak mengalami perubahan. Sistem *two ways* yang menghubungkan SMAK 3 dengan Terminal Bus Senen diganti menjadi sistem *one way* seperti yang telah dijelaskan di atas. Lalu, jalan yang menghubungkan SMAK 3 dengan Perempatan I juga mengalami perubahan sistem, dari sistem *two ways* menjadi *one way*. Sistem ini diterapkan tidak hanya sekedar menghindari kemacetan, melainkan mengutamakan agar pergerakan kendaraan, terutama kendaraan umum yang menuju Terminal Bus Senen dari Perempatan I, dapat berjalan dengan lancar.

Ada satu perubahan yang terjadi pada jalan yang

menghubungkan Perempatan I dengan SMAK 3 seperti yang telah dijelaskan di atas. Sisanya, tidak ada perubahan, baik pada jalan yang menghubungkan Perempatan I dengan SMA 1 Budi Utomo maupun pada jalan yang menghubungkan Perempatan I dengan Gunung Sahari Indah. Kedua jalan ini tetap menerapkan sistem *two ways* yang berguna menjaga interkoneksi antar node dalam graf ini.

Pada node Gunung Sahari Indah, ada satu perubahan sistem jalan, yakni perubahan jalan yang menghubungkan Katedral Jakarta dengan Gunung Sahari Indah. Awalnya, jalan ini menganut sistem *two ways*, tetapi berubah menjadi *one way* dari Katedral Jakarta menuju Gunung Sahari Indah. Daerah Katedral Jakarta merupakan daerah yang rawan akan kemacetan. Banyak kendaraan yang melewatinya yang berasal dari Perempatan II. Oleh karena itu, dibutuhkan jalan keluar untuk mengalihkan banyaknya kendaraan yang menuju Katedral Jakarta. Jalan keluarnya adalah jalan yang menuju Gunung Sahari Indah. Dengan jarak yang cukup jauh (1310 meter), diharapkan jalan ini dapat menampung banyaknya kendaraan yang keluar dari Katedral Jakarta. Walaupun jarak yang ditempuh lumayan panjang, namun kemacetan dapat dihindari.

IV. KESIMPULAN

Ada berbagai cara yang dapat dilakukan dalam upaya pengurangan kemacetan, namun cara yang paling efisien adalah pengaturan tata kota dengan baik dan benar. Pengaturan tata kota mencakup pengaturan jalan-jalan dan sistem lalu lintas yang ada dalam kota tersebut.

Sistem jalan *one way* dan *two ways* yang diterapkan dalam rangka mengurangi kemacetan didasarkan pada dimensi dan geometrik jalan, antara lain panjang ruas jalan, lebar jalan, dan jumlah lajur lalu lintas. Jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu jalan tiap harinya juga perlu diperhatikan dalam menerapkan sistem *one way* dan *two ways*. Sistem *one way* diterapkan apabila dimensi dan geometrik jalan tidak seimbang dengan jumlah kendaraan yang melewatinya. Sistem *two ways* diterapkan apabila dimensi dan geometrik jalan seimbang dengan jumlah kendaraan yang melewatinya serta saat suatu tempat membutuhkan akses yang cukup banyak.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Bapak Ir. Rinaldi Munir dan Ibu Harlili, M.Sc. selaku dosen mata kuliah Struktur Diskrit atas pengajaran yang telah beliau berikan kepada penulis. Struktur Diskrit telah membantu penulis dalam memahami persoalan yang kerap terjadi dalam kehidupan sehari-hari dan membantu penulis dalam mencari penyelesaian dari persoalan-persoalan tersebut yang dalam makalah ini penulis mengangkat masalah kemacetan

yang kerap melanda di setiap daerah di Indonesia.

Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan penulis serta pihak-pihak lain yang tak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penyusunan makalah ini.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. 2009. Matematika Diskrit. Bandung: Informatika.
- [2] <http://wartawarga.gunadarma.ac.id/2009/12/efisiensi/>, tanggal akses: 15 Desember 2012, pukul 20.00 WIB
- [3] <http://jakarta.kompasiana.com/transportasi/2012/06/12/bangun-jalan-bukan-solusi-atasi-macet/>, tanggal akses: 15 Desember 2012, pukul 21.21 WIB
- [4] <http://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/12/09/13/maaspx-pu-kemacetan-terburuk-di-jakarta-diprediksi-pada-2014>, tanggal akses: 15 Desember 2012, pukul 21.22 WIB
- [5] http://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Survai_lalu_lintas, tanggal akses: 18 Desember 2012, pukul 1.49 WIB
- [6] http://id.wikibooks.org/wiki/Pembenahan_Transportasi_Jakarta/Transportasi_Kota_Jakarta, tanggal akses: 18 Desember 2012, pukul 3.03 WIB.

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, 19 Desember 2011



Arini Hasianna / 13511082