Aplikasi Graf Bipartit pada Job Recruitment Process dengan Matching Method

Faza Thirafi - 13514033
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13514033@std.steiitb.ac.id

***Abstrak*— Graf adalah salah satu pokok bahasan yang dipelajari pada cabang ilmu Matematika Diskrit. Ada banyak sekali bentuk dari graf, mulai dari yang teratur, tidak teratur, dan sebagainya. Pada dasarnya, graf memiliki 2 komponen dasar, yaitu simpul (vertices) dan sisi (edge). Salah satu bentuk graf yng dibahas dalam makalah ini adalah graf bipartite. Graf ini memiliki manfaat yang sangat luas di dunia matematika, *computer science,* sosial, dan lainnya pada masa kini. Graf bipartite mengelompokkan dua area dengan simpul-simpul yang saling berseberangan. Pada pewarnaan graf, graf bipartite ini hanya membutuhkan dua warna yang berbeda. Maka banyak optimasi-optimasi yang dapat dilakukan melalui graf bipartite.**

Pada makalah ini, graf bipartite akan dihubungkan dengan aplikasi di bidang sosial, yakni *Job Recruitment Process* atau proses perekrutan pegawai. seperti yang diketahui, pada proses ini kita bisa mengelompokkan dua hal, yakni calon pegawai dan jenis pekerjaan. Atau calon pegawai dengan jumlah perusahaan. Kita akan menyelesaikan masalah ini dengan pendekatan teori graf, khususnya *bipartite graph*.

Kata kunci*—graf, *bipartite graph*, *matching method*, perusahaan, *job recruitment, applicants

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, banyak sekali perusahaan yang dibentuk dimana-mana. Mulai dari perusahaan pangan, tekstil, perbankan, bisnis, teknologi, dan sebagainya. Perusahaan-perusahaan tersebut tentunya tidak dibentuk oleh hanya seorang dua orang pegawai saja. Bisa saja sebuah perusahaan memiliki pegawai ribuan bahkan puluh ribuan. Posisi yang dipegang juga beragam. Sebut saja pegawai pada *security post*, penjaga *information center*, *office boy*, tukang kebun, pengurus keuangan, *manager*, *vice president*, dan sebagainya.

Banyak posisi dari sebuah perusahaan diseleksi dari sebuah proses perekrutan dari luar perusahaan, walaupun tidak semua posisi. Ada juga yang perkrutannya didasarkan dari kinerja sebelumnya, atau bisa disebut promosi jabatan, ada direkrut melalui metode lain. Namun pada umumnya, lapangan pekerjaan dibuka untuk masyarakat umum pada saat perusahaan tersebut membutuhkan pegawai yang jumlahnya banyak dan pada beragam posisi dengan waktu singkat.

Gambar 1 *Job Vacancy*
(http://www.wesport.org.uk/)

Selain pada satu perusahaan, masalah juga terjadi saat ada banyak calon pegawai yang ingin mendaftar pekerjaan, dengan banyak perusahaan yang membuka lapangan pekerjaan. Misalnya lulusan teknik informatika tahun ini banyak yang mencari pekerjaan. Pada waktu yang sama, beberapa perusahaan IT membuka lowongan kerja pada bidang teknikal. Sebut saja beberapa perusahaan yang membuka lowongan tersebut adalah Google, Apple, Facebook, Oracle, dan Microsoft.

Tentu saja tidak semua pendaftar dapat masuk secara mudah ke 5 perusahaan tersebut. Akan ada seleksi yang ketat kepada para pendaftarnya. Untuk berjaga-jaga, maka setiap lulusan dapat mendaftar ke lebih dari 1 perusahaan. Maka bagaimana caranya agar dapat diterima pegawai seoptimal mungkin supaya angka pengangguran makin mengecil.

Untuk permasalahan seperti ini, kita akan mencoba menyelesaikannya dengan pendekatan salah satu topik bahasan Matematika Diskrit, yakni graf. Disini terlihat bahwa ilmu pengetahuan tidak hanya dapat diimplementasikan dalam bidang eksakta saja, kita juga dapat memanfaatkannya di bidang sosial seperti *Job Recruitment Process* ini.

Bentuk graf yang dibahas dalam hal ini adalah *bipartite graph*. Bentuk graf ini dirasa cocok untuk menyelesaikan masalah tersebut karena diambil dari sifatnya. Graf ini seakan-akan membagi 2 kumpulan simpul. Tidak aka nada sisi yang menghubungkan simpul dari "area" yang sama. Pada kasus *job vacancy* ini, area simpul pertama dapat dianalogikan sebagai kumpulan calon pegawai, dan area simpul satunya merupakan kumpulan perusahaan yang bisa didaftar untuk para calon pegawai. Lalu sisi-sisi yang menghubungkan kedua area (antar simpul berseberangan) merupakan hubungan ketertarikan ataupun pendaftaran. Bisa saja satu calon pegawai mendaftar lebih dari 1 perusahaan dan sebaliknya. Metode graf yang digunakan disini adalah metode pencocokan (*matching*).

Maka pada makalah ini, kita akan melihat bagaimana cara penyelesaian masalah ini dengan pendekatan graf.

II. Dasar Teori

1. Graf

Graf adalah sebuah struktur diskrit dalam matematika yang memiliki dua komponen dasar, yakni simpul (*Vertices/Vertex*) dan sisi (*Edge*). Pada bentuk umumnya, graf dituliskan sebagai

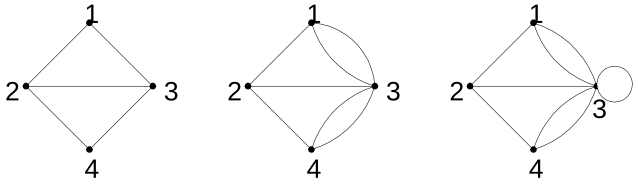
***G* = (*V*, *E*),** yang dalam hal ini:

V = himpunan **tidak-kosong** dari simpul-simpul
= $\{ v_1 , v_2 , \ldots , v_n \}$

E = himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul
= $\{e_1 , e_2 , \ldots , e_n \}$

Dalam teori Graf, ada beberapa jenis dari bentuk graf. Yang pertama, dilihat dari ada tidaknya gelang (sisi yang menghubungkan 1 simpul yang sama) dan sisi ganda (2 sisi yang menghubungkan 2 simpul yang sama), graf dibagi menjadi:

a. Graf Sederhana
Yaitu graf yang tidak memiliki gelang/kalang (*loop*) dan tidak mengandung simpul ganda.
b. Graf tidak Sederhana
Yaitu graf yang mengandung salah satu dari gelang atau sisi ganda, atau keduanya.



Gambar 2 Jenis Graf
(Diktat Matematika Diskrit)

Selain itu, graf juga dapat dibedakan berdasarkan adanya orientasi arah pada sisi. Yaitu:

a. Graf berarah
Yaitu graf yang memiliki orientasi arah pada tiap sisinya.
b. Graf tak berarah
Yaitu graf yang semua sisinya tidak memiliki orientasi arah.

Selain itu, pada bahasan graf, ada beberapa terminologi penting yang sering digunakan. Di antaranya:

a. Ketetanggaan (*Adjacency)*
Dua buah simpul disebut bertetangga jika keduanya memiliki hubungan sisi langsung.

b. Kebererisisian (*Incidency)*
Bersisian merupakan sifat sebuah simpul dan sebuah sisi, dimana pada sembarang sisi e = (v1, v2), e bersisian dengan v1 dan e bersisian dengan v2.

c. Simpul terpencil (*Isolated Vertex)*
Saat sebuah simpul tak memiliki sisi yang bersisian dengannya, otomatis tidak memiliki tetangga.

d. Graf Kosong (*null graph)*
Graf kosong adalah graf dimana simpul dimiliki oleh graf tersebut, namun graf ini tidak memiliki sisi satupun sehingga semua simpulnya tidak ada yang bertetangga

e. Derajat *(Degree)*
Adalah sebutan dari jumlah sisi yang terhubung dengan sebuah simpul, di tuliskan sebagai d(v) dengan v adalah sebuah simpul.

f. Lintasan *(path)*
Serangkaian selang-seling antara sisi dan simpul, yang membentuk sebuah "lintasan".
Sedangkan panjang lintasan adalah jumlah sisi yang dilewati suatu lintasan.

g. Sirkuit/Siklus
Adalah lintasan yang memiliki simpul awal dan simpul akhir yang sama.

h. Terhubung (*connected)*
Dua simpul disebut terhubung jika terdapat lintasan yang menghubungkan keduanya.

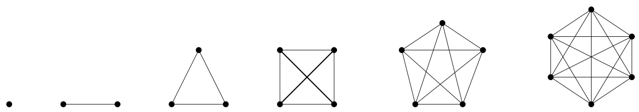
i. Upagraf *(subgraph)*
Adalah sebuah rangkaian simpul-simpul dan sisi-sisi yang terhubung dan merupakan "sub graf" atau "himpunan bagian" dari sebuah graf. Simpul dan lintasan yang tak termasuk dari upagraf tersebut

namun masih berada dalam graf awal disebut komplemen upagraf.

j. Graf berbobot *(weighted graph)*
Adalah graf yang memiliki bobot/harga pada setiap sisinya.

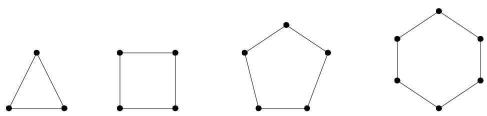
Selain istilah-istilah penting di atas, graf juga memiliki beberapa bentuk yang khusus yang unik. Di antaranya:

i) Graf Lengkap
Sebuah graf disebut graf lengkap apabila setiap simpul pada graf tersebut berhubungan dengan semua simpul lainnya. Setiap jumlah simpul yang dimiliki graf, memiliki graf lengkap yang unik. Maka setiap simpul pada graf lengkap memiliki derajat n-1, dengan n adalah jumlah semua simpul pada graf.



Gambar 3 Graf Lengkap
(Diktat Matematika Diskrit)

ii) Graf Lingkaran
Sebuah graf disebut graf lingkaran jika setiap simpul pada graf tersebut berderajat 2. Jadi jumlah simpul minimum pada graf lingkaran adalah 3.



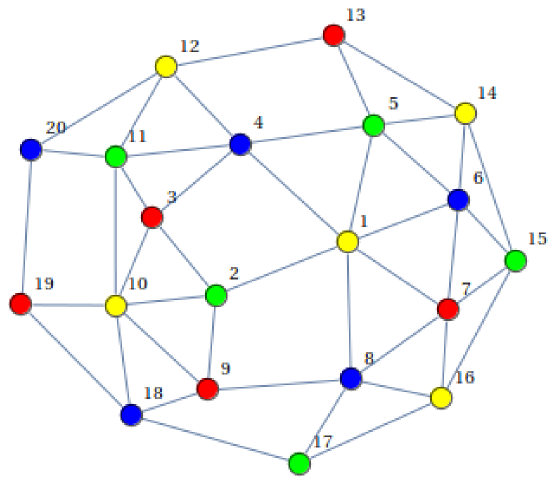
Gambar 4 Graf Lingkaran
(Diktat Matematika Diskrit)

iii) Graf Teratur
Sebuah graf disebut graf teratur apabila semua simpulnya memiliki derajat yang sama. Graf teratur juga memiliki pola pada jumlah sisinya. Jika *r* adalah derajat setiap simpul dan *n* adalah jumlah seluruh simpul, maka sisi yang dimiliki graf teratur tersebut adalah *nr/2*.

2. Pewarnaan Graf

Pada pembahasan graf, ada hal penting yang akan menjuruskan pada isi makalah ini, yaitu pewarnaan pada graf. Pada umumnya, ada dua teknik pewarnaan pada graf, yaitu pewarnaan sisi dan pewarnaan simpul. Pada hal ini, yang akan dibahas adalah pewarnaan simpul.

Pewarnaan simpul adalah teknik pada graf untuk memberi warna pada simpul-simpul dalam graf sedemikian sehingga simpul-simpul yang saling bertetangga memiliki warna yang berbeda.



Gambar 5 Contoh pewarnaan graf
(http://jeremykun.com/2011/07/14/graph-coloring-or-proof-by-crayon/)

Pewarnaan graf memiliki aplikasi yang luas pada berbagai bidang. Salah satuya ialah peta dunia. Untuk membedakan suatu negara dengan negara lain (selain negara, bisa provinsi, kabupaten, atau yang lainnya) yang bertetangga satu sama lain, digunakan lah pewarnaan wilayah. Jadi, negara yang bertetangga diberi warna ynag berbeda agar batas negaranya terlihat lebih jelas dan peta terlihat lebih bagus. Jika dianalogikan pada graf, sisi menyatakan batas wilayah, dan simpul menyatakan negara pada peta.

Pada pewarnaan graf, dikenal istilah **bilangan kromatik**. Bilangan kromatik adalah bilangan yang menyatakan jumlah minimum warna yang dibutuhkan graf dalam pewarnaan graf. Biasanya, bilangan kromatik dinyatakan dalam notasi:

$$x(G) = k$$

dengan G adalah graf dan k adalah bilangan kromatisnya. Jika kita lihat, Gambar 5 adalah graf dengan bilangan kromatis 4 (warnanya merah, kuning, biru, dan hijau).

Berasal dari pewarnaan graf ini, kita dapat melihat beberapa poin yang didapat dari pandangan jumlah warna pada bilangan kromatis. Di antaranya:

- Graf kosong memiliki x(G) = 1, karena tidak ada simpul yang berhubungan sehinnga hanya membutuhkan 1 warna saja dalam pewarnaan graf.
- Graf lengkap memiliki x(G) = *n* , dengan *n* adalah jumlah simpulnya, karena simpul-simpul dalam graf lengkap saling berhubungan satu sama lain.
- Pada peta, ditemukan bahwa bilangan kromatisnya adalah 4, karena terbukti tidak mungkin ada 5 atau

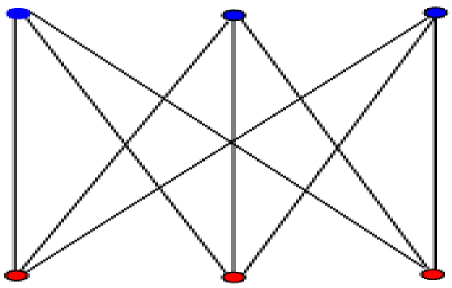
lebih wilayah sekaligus yang saling berhubungan satu sama lain.

- Graf lingkaran dengan jumlah simpul ganjil, memiliki x(G) = 3, lalu graf lingkaran dengan jumlah simpul genap memiliki x(G) = 2.

3. *Bipartite Graph*

Dikenalkan istilah **graf bipartite *(bipartite graph)*** dengan x(G) = 2. Graf bipartit adalah graf yang simpul-simpulnya dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok. Simpul-simpul pada kelompok pertama akan bertetangga dengan simpul pada kelompok kedua, dengan simpul yang kelompoknya sama tidak akan saling bertetangga. Maka, satu warna dipakai pada simpul kelompok pertama, dan satu simpul pada kelompok kedua.

Ada bentuk special dari graf bipartite. Sebuah graf disebut *complete bipartite graph* $K_{m,n}$ dengan setiap simpul pada kelompok m memiliki berderajat n, dan kelompok simpul n masing-masing berderajat m.



Gambar 6 *Complete Bipartite Graph* (http://iwillgetthatjobatgoogle.tumblr.com/post/19068384225/planar-graphs)

4. *Bipartite Matching*

Pada graf bipartite, ada sebuah metode yang dapat memasangkan 2 kumpulan simpul yang saling bipartit, yaitu *bipartite graph matching*. Pada intinya, *matching* ini dilakukan agar terjadi pemerataan sisi pada simpul-simpul yang berkaitan.

Ada beberapa jenis pada *bipartite matching*. Diantaranya:

a. *Maximum matching*
adalah sebuah teknik *matching* yang menyebabkan sebuah graf bipatrit tidak bisa ditambahkan sisi lagi tanpa membuat derajat salah satu simpul menjadi 2 (maksimum lokal).

b. *Maximal matching*
adalah sebuah teknik *matching* yang menyebabkan sebuah graf bipatrit memiliki jumlah sisi dengan kemungkinan terbesar.

c. *Perfect matching*
Saat sebuah graf pada satu kelompok memiliki tepat satu tetangga, juga pada kelompok satunya pada graf bipartit.

d. Hall's Theorem
"The bipartite graph $G = (V, E)$ with bipartition $(V1, V2)$ has a complete matching from $V1$ to $V2$ if and only if $|N(A)| \geq |A|$ for all subsets A of $V1$." (diambil dari buku K.H. Rosesn, "Discrete Mathematics and its Applications)

III. PEMBAHASAN

A. Pemaparan Masalah

Jadi, masalah yang dibahas dalam makalah ini ialah, bagaimana kita dapat mengelola pendaftar dan pekerjaan yang dibuka lapangan pekerjaannya, agar didapat hasil yang optimum.

Untuk membuat penyelesaiannya sederhana, kita akan membatasi masalah ini menjadi sebuah kasus *real*. Yaitu:

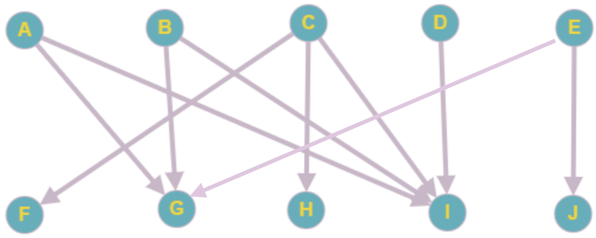
- Ada 5 orang yang mendaftar pekerjaan. Sebut saja namanya: Amin, Budi, Caca, Darwin, dan Eko.
- Ada 5 perusahaan yang membutuhkan pegawai baru, yakni perusahaan *Facebook*, *Google*, *HewlettPackard*, *Intel*, dan *Jeep*.
- Setiap perusahaan membutuhkan tepat satu pegawai
- Calon pegawai hanya dapat bekerja pada sebuah perusahaan, tidak lebih.

Pada kasus ini, tidak ada aka nada calon pegawai yang kecewa terhadap perusahaan manapun yang menerimanya. Dianggap bahwa semua perusahaan baik dan memberikan kesenangan kepada siapapun calon pegawai yang akan diterimanya.

Namun, seperti di kehidupan nyata, semua pendaftar memiliki keahliannya masing-masing, dan kualitasnya sangatlah beragam. Lalu juga minat semua pendaftar tidak ada yang sama. Ada yang ingin mendaftar 2 perusahaan, ada yang hanya 1, dan sebagainya.

B. Penyelesaian

Akhirnya hasil seleksi pun diputuskan, dan didapat data sebagai berikut:

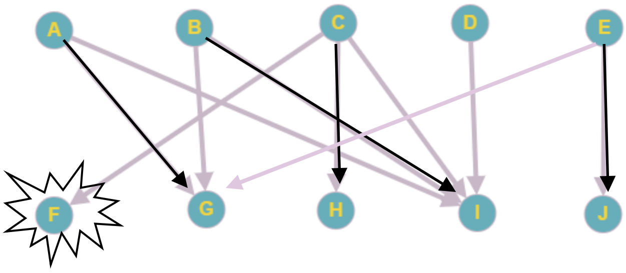


Gambar 7 Ilustrasi Graf *Applicants - Company*

Pada ilustrasi tersbut, terlihat bahwa bentuk graf yang terbentuk adalah *bipartite graph* dengan simpul A, B, C, D, dan E merupakan *applicants*; lalu F, G, H, I, dan J merupakan perusahan yang membuka lowongan pekerjaan. Kemudian, sisi berarah menyatakan seorang *applicant* yang lolos seleksi di perusahaan mana. Dapat dilihat bahwa sangat banyak kemungkinan yang terjadi pada penerimaan pegawai tersebut.

Sepintas memang tidak ada masalah yang terjadi jika melihat graf yang ada. Namun, jika kita teliti lagi, kita lihat simpul **F** dan **H**. jika kita lihat pada batasan masalah, poin ke-3 dan ke-4 membuat perusahaan F dan H ini "berebut" Caca karena hanya dia lah satu-satunya pendaftar pada 2 perusahaan tersebut.

Maka jika kita mengacu pada *Maximum Matching*, tidak semua perusahaan mendapatkan pegawai baru. Akibatnya, pasti ada seorang pendaftar yang tidak diterima perusahaan manapun, karena memang kuota penerimaan hanya 1 orang pegawai baru saja. Salah satu contoh kasusnya:



Gambar 8 salah satu kemungkinan, F tak dapat pegawai. *Maximum Matching*

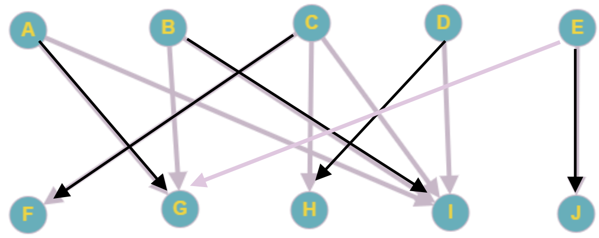
Padahal, tujuan kita adalah bagaimana pengangguran dapat diberantas. Maka kita implementasikan lagi ilmu lain, yaitu Teorema Hall. Jika kita lihat lagi Teorema Hall, dengan mengadopsi dari kasus ini, maka didapat kalimat baru bahwa:

Untuk himpunan dengan *x* buah perusahaan, kita anggap *y* adalah jumlah pendaftar yang diinginkan sebuah perusahaan (minimal 1). Jika y >= x, maka proses *matching* akan mungkin terjadi. Selain itu, pasti gagal.

Kita lihat apa yang menjadi hambatan pada graf ini. Yaitu perusahaan F dan H yang pendaftar satu-satunya sama, si Caca. Jika kita implementasikan terhadap pernyataan yang didapat dari Teorema Hall, maka kita anggap himpunan {F,H} yang terdiri atas 2 perusahaan, karena Caca lah pendaftar satu-satunya dari kedua perusahaan tersebut, maka kita dapat 1 (Caca) banding 2 (peruashaan F dan H). Disini saja kita sudah lihat bahwa 1 kurang dari 2. Untuk mencapai *matching* menurut Teorema Hall, 1<2 sudah tidak memenuhi y >= x. terlihat bahwa memang *matching* tidak tercapai disini.

Untuk menyelesaikan hal tersebut, harus disiasati agar matching tetap terjadi. Salah satu langkahnya, yaitu dengan mengubah sisi yang sudah ada. Di kehidupan nyatanya, mungkin pemerintah harus mendekati, misalnya perusahaan H untuk bisa menerima pendaftar yang lain. Kita misalkan Darwin. Karena tujuan pemerintah disini menekan angka pengangguran. Tentunya dengan meyakinkan bagian HRD dari perusahaan H misalnya, bahwa Darwin juga merupakan calon pegawai yang baik.

Dengan siasat tersebut, akan dihasilkan bahwa semua perusahaan mendapatkan calon pegawainya. Dan graf dapat dimodifikasi sebagai berikut:



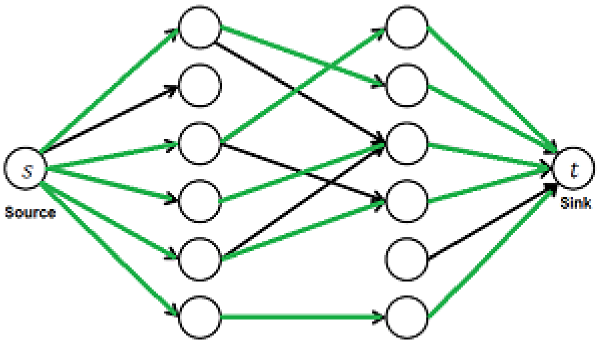
Gambar 8 modifikasi graf, *Perfect Matching*

Ya, dengan menerapkan Teorema Hall, kita dapat menentukan bagaimana caranya sebuah graf seperti ini dapat dioptimasi agar memiliki tingkat efektivitas tinggi dan memperkecil kerugian yang terjadi.

Di kasus-kasus yang terjadi pada dunia lapangan kerja dimana-mana, tentu saja jumlah pendaftar jauh di atas jumlah perusahaan yang membuka lowongan kerja, ataupun jenis pekerjaan yang dibuka lapangannya. Namun kasus seperti ini dapat terjadi kapan pun, yang mengakibatkan perusahaan kekurangan pegawai baru, angka pengangguran meningkat, dan sebagainya. Maka dengan mengetahui jenis *matching* pada graf bipatrit, hanya dengan sebuah metode, kita dapat menyelesaikan permasalahan ini.

C. Alternatif Lain

Sebenarnya, ada juga metode lain dalam menyelesaikan permasalahan sejenis. Kita juga bisa memakai pendekatan Algoritmik. Tepatnya, dengan menggunakan *Flow Network* yang akan menambahkan 2 simpul. Simpul pertama yaitu yang berhubungan dengan semua simpul *applicants*, yang kemudian disebut dengan"*source*". Dari s*ource*, sisi mengarah ke semua simpul *applicant*. lalu simpul kedua yang disebut "*sink*", ditambahkan dengan bertetangga dengan semua simpul *company*. Jadi berasal dari semua simpul *company* sisi akan bersisian mengarah ke simpul *sink*. Ilustrasinya adalah sebagai berikut. (dengan contoh kasus yang berbeda)



Gambar 10 penambahan *Source* dan *Sink* *(http://www.geeksforgeeks.org/maximum-bipartite-matching/)*

Setelah pembentukan jaringan alur seperti ini, kita harus mencari *maximum flow* yang dapat dibentuk pada graf ini. Untuk mencapainya, dapat digunakan sebuah algoritma yang bernama *Ford-Fulkerson algorithm*. Algoritma ini akan langsung mencari nilai maksimumnya. Yang akan dihasilkan nanti, ialah *Maximum Bipartite Matching* atau yang menjadi tujuan kita pada penyelesaian masalah ini.

Alternatif ini memang tidak terlalu dibahas dalam makalah ini, karena memang penyelesaian lebih difokuskan pada solusi pertama.

IV. Kesimpulan

Makalah ini membahas sebuah permasalahan yang kerap terjadi pada beberapa negara di dunia ini, yakni pengangguran merajalela. Masalah yang terjadi juga tidak selalu yang memang tidak bisa dihindari seperti kualitas sebagian besar pendaftar yang sangat rendah, atau memang jumlah pendaftarnya yang sedikit. Terkadang, masalah dapat diselesaikan dengan langkah-langkah tidak biasa dan efektif.

Seperti di makalah ini, kita memakai pendekatan teori graf, khususnya *bipartite graph*, dengan tambahan referensi lain seperti *graph matching* dan *Hall's Theorem*. Maka kita bisa mengambil jalan keluar yang dapat dilakukan. Selain ini, masih banyak lagi metode yang dapat dipakai untuk menyelesaikan permasalahan sejenis.

Hal ini menunjukkan bahwa banyak persoalan di luar sana yang dapat diselesaikan dengan ilmu-ilmu eksakta, walaupun masalah yang dihadapi tergolong masalah sosial. Maka semua ilmu harusnya dapat diimplementasikan pada kehidupan sehari-hari. Tinggal bagaimana caranya mendapatkan manfa

Harapannya, pembaca tidak hanya terpaku pada isi makalah ini, dapat juga mengeksplorasi metode-metode lain yang dipakai di luar sana. Semoga makalah ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis dan umumnya untuk pembaca sekalian.

V. Ucapan Terima Kasih

Dengan terbentuknya makalah ini, saya mengucapkan terima kasih, pertama dan utama kepada Allah SWT yang telah mencurahkan ilmu-Nya dan atas kehendak-Nya makalah ini dapat selesai. Lalu kepada orang tua dan keluarga saya yang selalu mendukung studi saya di Teknik Informatika ini. Lalu kepada dosen-dosen saya yang saya banggakan, Bapak Rinaldi Munir dan Ibu Harlili yang telah membimbing studi Matematika Diskrit pada semester ini dengan penuh dedikasi. Kemudian, kepada teman-teman seperjuangan, Teknik Informatika ITB 2014 yang mendukung dan menyemangati penulis dalam penyelesaian makalah ini.

Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pembaca makalah ini, dari mana pun asalnya. Makin banyak makalah ini tersebar mudah-mudahan dapat menjadi pemacu bagi para pembaca untuk bisa menggali lagi dari isi makalah ini. Mohon maaf apabila terdapat kekurangan, Terima kasih.

REFERENSI

[1] Asratian, Armen S., “Bipartite Graph and its Application” Cambridge: Cambridge University Press, 1998, pp. 71–72.
[2] K. H. Rosen, “Discrete Mathematics and its Applications” 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2007, pp. 656 - 661
[3] Munir, Rinaldi. “Matematika Diskrit”, Informatika, Bandung: 2010
[4] Anonymous. “Maximum Bipartite Matching” from: http://www.geeksforgeeks.org/maximum-bipartite-matching/ , diakses tanggal 10 Desember 2015, pukul 13.33
[5] Krishnamachari, Ramesh T. “Bipartite Matching, an Application” from: https://tkramesh.wordpress.com/2009/10/02/bipartite-matching-an-application/, diakses tanggal 10 Desember 2015, pukul 13.56
[6] Li, Bai. "Hall’s Marriage Theorem Explained Intuitively” from: https://luckytoilet.wordpress.com/2013/12/21/halls-marriage-theorem-explained-intuitively/ diakses tanggal 10 Desember 2015, pukul 14.24

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 2015

Faza Thirafi / 13514033