

Analisis Jaringan Sosial pada Drama Serial *NUMB3RS*

Dininta Annisa - 13513066
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
dinintaannisa@students.itb.ac.id

Abstrak—NUMB3RS adalah sebuah drama serial Amerika yang menceritakan penyelesaian kasus kriminal dengan pendekatan matematis. Dalam salah satu episodenya, NUMB3RS membahas teori analisis jaringan sosial untuk melacak organisasi teroris serta membuat dugaan korban berikutnya dalam sebuah pembunuhan berantai. Analisis jaringan sosial merupakan sebuah teknik untuk mempelajari hubungan sosial antar individu atau kelompok dengan menggunakan teori graf. Makalah ini bertujuan untuk membahas teori tersebut serta kebenaran aplikasinya dalam dunia kriminalitas.

Kata Kunci—Analisis Jaringan Sosial, Graf, Sentralitas, NUMB3RS

I. PENDAHULUAN

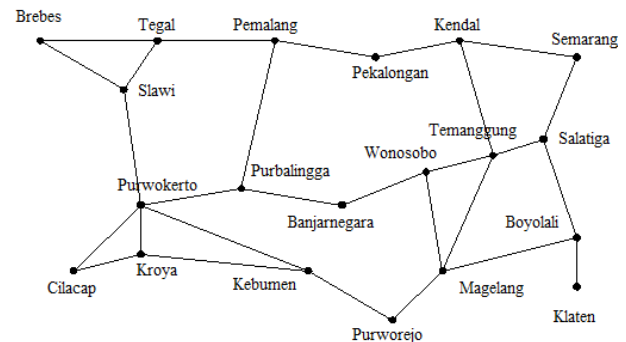
NUMB3RS adalah sebuah drama serial Amerika yang tayang pada tahun 2005-2010. Pemeran utama dalam serial ini adalah Charlie, seorang profesor matematika yang kerap membantu kakaknya, Don, seorang agen FBI, dalam menyelesaikan berbagai kasus kriminal. Dalam salah satu episodenya yang berjudul *The OG*, Charlie menggunakan teori analisis jaringan sosial untuk mengungkap sebuah kasus pembunuhan berantai. Di episode yang lain, berjudul *Under Pressure*, Charlie menggunakan teori yang sama untuk melacak sebuah organisasi teroris di LA.

Dalam dunia nyata, teori analisis jaringan sosial digunakan dalam ilmu sosiologi untuk mempelajari hubungan antar individu atau kelompok, misalnya hubungan dalam keluarga, suku, etnis, hingga antar negara di tingkat internasional. Teori ini menggunakan teori graf dengan menganggap suatu kelompok sebagai simpul (*vertex*) dan hubungan antar kelompok tersebut sebagai sisi (*edges*). Namun, teori ini juga dapat digunakan dalam pembangunan suatu organisasi, sehingga sebagaimana dalam film, memungkinkan polisi untuk melacak organisasi kriminal, meskipun tentu saja dibutuhkan data-data yang akurat dan ilmu-ilmu lain untuk menerapkannya.

II. DASAR TEORI

A. Graf

Graf didefinisikan sebagai pasangan (V,E) . V adalah himpunan tak kosong dari simpul (*vertex*), sedangkan E adalah himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan dua buah simpul. Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antar objek tersebut, misalnya kota dan jalan-jalan yang menghubungkannya. Dalam hal ini, kota adalah simpul, sedangkan jalan berperan sebagai sisi.



Gambar 1 – Sebuah peta sebagai contoh graf

Graf dibagi menjadi beberapa jenis. Berikut adalah jenis-jenis graf yang akan digunakan dalam makalah ini.

1. Graf Sederhana dan Tak Sederhana
Graf sederhana tidak memiliki sisi ganda maupun gelang. Sebaliknya, graf tak sederhana memiliki sisi ganda dan/atau gelang.
2. Graf Berarah dan Tidak Berarah
Graf berarah memiliki orientasi arah pada sisinya. Sebaliknya, graf tidak berarah tidak memiliki orientasi arah pada sisinya.
3. Graf Berbobot
Graf berbobot memiliki nilai atau bobot pada sisinya. Misalnya pada gambar 1, graf dapat diubah menjadi graf berbobot dengan menambahkan panjang jalan di setiap sisi graf.

Ada beberapa terminologi graf yang akan digunakan dalam makalah ini, yaitu sebagai berikut.

1. Ketetangaan
Dua buah simpul dikatakan bertetangga jika ada sisi yang menghubungkan kedua simpul tersebut.
2. Bersisian
Jika sisi e menghubungkan simpul v_i dan v_j , maka e bersisian dengan kedua simpul tersebut.
3. Derajat
Derajat suatu simpul adalah banyaknya sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.
4. Lintasan
Lintasan dari simpul v_i ke v_j memiliki panjang n , dengan n adalah jumlah sisi diantara kedua simpul tersebut.
5. Terhubung
Dua buah simpul dikatakan terhubung jika ada lintasan yang menghubungkan kedua simpul tersebut.

B. Analisis Jaringan Sosial

Analisis jaringan sosial adalah sebuah teknik untuk mempelajari hubungan sosial antar individu atau kelompok. Individu atau kelompok yang dibahas dipandang sebagai simpul dalam graf, sedangkan hubungannya berupa sisi. Hubungan ini dapat berupa hubungan relasi, informasi, atau pendekatan fisik. Analisis jaringan sosial mengukur keterhubungan antar grup dan menganalisis peran yang dilakukan masing-masing grup dalam jaringan tersebut.

Berikut adalah ukuran-ukuran dasar yang menjadi dasar perhitungan matematis dalam jaringan sosial.

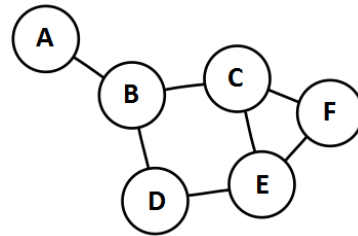
1. Sentralitas Derajat
Sentralitas derajat mengukur hubungan langsung/ketetanggan dalam jaringan.
2. Sentralitas Keantaraan
Sentralitas keantaraan mengukur kemampuan suatu simpul dalam mengontrol interaksi simpul lainnya.
3. Sentralitas Kedekatan
Sentralitas kedekatan mengukur seberapa cepat dan mudah sebuah simpul dapat terhubung ke simpul lainnya.

Padadarnya, ketiga ukuran tersebut digunakan untuk menentukan simpul mana yang paling penting dalam suatu jaringan. Jika jaringan diumpamakan sebagai hubungan pertemanan, maka orang dengan sentralitas derajat tinggi adalah orang yang memiliki paling banyak kenalan. Namun, orang yang paling dikenal tidak selalu menjadi yang terpenting. Menurut ukuran sentralitas keantaraan, orang yang paling sering menghubungkan orang lain lah yang paling penting (berperan sebagai *communication bottleneck*). Sementara itu, menurut ukuran sentralitas kedekatan, orang yang paling cepat menerima informasi lah yang paling penting.

Cara lain untuk menentukan simpul terpenting adalah dengan melakukan *random walk*. Dimulai dari sebuah simpul, bisa dicari lintasan menuju simpul-simpul lainnya.

Simpul yang paling sering dilewati selama *random walk* adalah simpul yang paling penting. Namun, pengukuran seperti ini tidak terstruktur dan membutuhkan waktu yang banyak untuk graf yang kompleks.

Misalkan diberikan sebuah graf dengan n buah simpul. Untuk menentukan sentralitas derajat suatu simpul, bagi derajat simpul tersebut dengan $n-1$. Sebagai contoh, diberikan graf di bawah ini ($n=6$).



Gambar 2 – Contoh graf

A hanya memiliki satu hubungan langsung, yaitu dengan B. Maka sentralitas derajat A adalah $\frac{1}{5}$ atau 0.2.

Sentralitas keantaraan suatu simpul dihitung dengan menjumlahkan lintasan terpendek yang melintasi simpul tersebut, lalu dibagi dengan total jumlah lintasan terpendek antar simpul tersebut.

$$\text{Keantaraan}(k) = \frac{\sum L_{ikj}}{L_{ij}}$$

L_{ikj} adalah panjang lintasan terpendek dari simpul i ke j yang melalui k , sedangkan L_{ij} adalah panjang lintasan terpendek dari simpul i ke j tanpa harus melewati k . Sementara itu, untuk menghitung sentralitas kedekatan suatu simpul, digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kedekatan} = \frac{n-1}{(I_1 \cdot 1) + (I_2 \cdot 2) + (I_3 \cdot 3) + \dots}$$

I_1 adalah banyaknya simpul yang lintasan terpendeknya terhadap simpul yang sedang dihitung adalah satu. I_2 adalah banyaknya simpul yang lintasan terpendeknya terhadap simpul yang sedang dihitung adalah dua, dan seterusnya. Untuk memudahkan perhitungan, maka dibuat sebuah matriks yang mendeskripsikan lintasan terpendek antar simpul.

	A	B	C	D	E	F
A	0	1	2	2	3	3
B	1	0	1	1	2	2
C	2	1	0	2	1	1
D	2	1	2	0	1	2
E	3	2	1	1	0	1
F	3	2	1	2	1	0

Sebagai contoh, sentralitas kedekatan simpul A adalah

$$\frac{6-1}{(1.1)+(2.2)+(2.3)} = \frac{5}{11} \approx 0.45$$

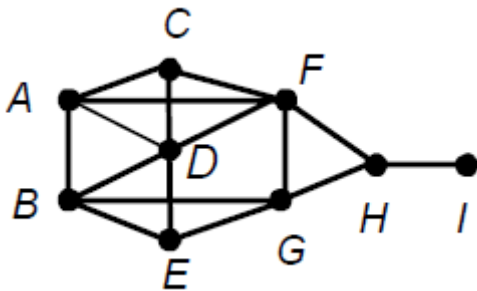
Sentralitas kedekatan juga dapat diukur dengan menghitung rata-rata lintasan terpendek suatu simpul terhadap semua simpul lainnya. Semakin kecil nilai rata-rata lintasan terpendek, maka semakin cepat dan mudah simpul tersebut dapat terhubung ke simpul lainnya.

Untuk graf yang lebih kompleks, mencari lintasan terpendek akan memakan waktu yang cukup lama karena setiap kemungkinan lintasan perlu dicek. Oleh karena itu, diperlukan algoritma untuk mencari lintasan terpendek, seperti algoritma Floyd-Warshall. Namun, dalam makalah ini diasumsikan graf tidak kompleks dengan jumlah sisi dan simpul yang masih bisa dihitung manual. Selain itu, graf yang digunakan adalah graf sederhana dan tidak berbobot.

III. NUMB3RS: THE OG

Dalam episode *The OG*, FBI dihadapkan pada sebuah kasus pembunuhan berantai dalam sebuah geng. Berdasarkan informasi mengenai hubungan antar anggota geng yang didapat dari penyelidikan, Charlie membuat sebuah graf yang memodelkan hubungan dalam geng tersebut. Ia kemudian menggunakan analisis jaringan sosial untuk menemukan sang pelaku sekaligus menduga siapa korban selanjutnya.

Misalkan ada 9 orang anggota geng, yaitu A, B, C, D, E, F, G, H, dan I. Graf berikut merepresentasikan hubungan antar kesembilan anggota geng tersebut.



Gambar 3 – Graf yang merepresentasikan sebuah geng

Graf tersebut dapat direpresentasikan menggunakan matriks lintasan terpendek yang dibuat dalam bentuk tabel sebagai berikut.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	0	1	1	1	2	1	2	2	3
B	1	0	2	1	1	2	1	2	3
C	1	2	0	1	2	1	2	2	3
D	1	1	1	0	1	1	2	2	3
E	2	1	2	1	0	2	1	2	3
F	1	2	1	1	2	0	1	1	2
G	2	1	2	2	1	1	0	1	2
H	2	2	2	2	2	1	1	0	1
I	3	3	3	3	3	2	2	1	0

Tabel 1 – Matriks lintasan terpendek untuk gambar 3

Dengan graf dan tabel tersebut, sentralitas derajat dan kedekatan masing-masing anggota geng dapat dihitung.

Node	Sentralitas Derajat	Sentralitas Kedekatan
A	0.500	0.615
B	0.500	0.615
C	0.375	0.571
D	0.625	0.666
E	0.375	0.571
F	0.625	0.727
G	0.500	0.666
H	0.375	0.615
I	0.125	0.400

Tabel 2 – Nilai sentralitas setiap simpul

Dari tabel 2, dapat dilihat bahwa D dan F memiliki sentralitas derajat tertinggi. Oleh karena itu, D dan F adalah anggota geng yang paling aktif. Sementara itu, F juga memiliki sentralitas kedekatan tertinggi. Maka F adalah anggota geng yang paling mudah dan sering berinteraksi dengan anggota geng lainnya. Perlu diperhatikan bahwa simpul dengan sentralitas derajat tertinggi belum tentu memiliki sentralitas kedekatan tertinggi atau sebaliknya. Sentralitas derajat yang tinggi menunjukkan bahwa orang tersebut mengenal anggota lain paling banyak, sementara sentralitas kedekatan yang tinggi menunjukkan bahwa orang tersebut yang paling mudah mengakses seluruh informasi dalam geng (*information broker*).

Misalkan hubungan yang diukur dalam gambar 3 adalah hubungan pertemuan kesembilan anggota geng di hari terjadinya pembunuhan. H bertetangga dengan I, maka I bisa memberitau H dimana ia akan berada hari itu. F bertetangga dengan H, maka H bisa memberitau F dimana ia dan I akan berada hari itu, dan seterusnya. F, sebagai anggota geng dengan sentralitas kedekatan tertinggi, adalah orang yang paling cepat mengetahui keberadaan semua anggota geng, sehingga ia memiliki kemungkinan terbesar untuk membunuh beberapa anggota geng sekaligus. Selain itu, dengan pertemuan langsung paling banyak di banding yang lain, F memiliki keakuratan informasi yang terbaik.

Meskipun begitu, perhitungan untuk menentukan pelaku pembunuhan tidak sesederhana ini. Perlu dibuat banyak graf, karena ada banyak hubungan yang bisa mempengaruhi kasus tersebut, misalnya hubungan dalam pekerjaan sehari-hari atau hubungan di masa lalu. Perhitungan seperti ini pun membutuhkan data-data penyelidikan yang banyak dan akurat, sehingga sebagaimana dalam film, Charlie tidak mungkin melakukan semuanya sendiri. Ia memerlukan bantuan agen-agen FBI dalam menyelesaikan kasus tersebut.

IV. NUMB3RS: UNDER PRESSURE

A. Jalan Cerita

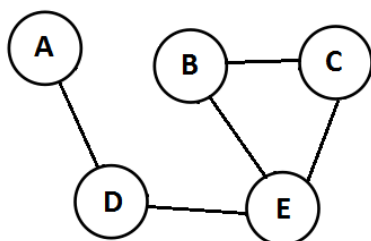
Kisah dimulai ketika FBI mensinyalir adanya aliran

uang yang besar untuk mendanai pekerjaan teroris. FBI berhasil menangkap penyalur dana tersebut, tetapi orang tersebut tidak mengetahui apa-apa mengenai organisasi teroris. Charlie pun menyatakan bahwa dalam organisasi teroris, setiap orang bekerja dalam grup yang tidak saling bergantung. Hubungan komunikasi antar grup dijaga seminimal mungkin. Masing-masing grup juga hanya mengetahui tugasnya, sehingga bila tertangkap polisi, mereka tidak dapat memberi kesaksian apapun.

FBI pun mencari orang-orang yang memiliki hubungan dengan penyalur dana tersebut, yang kemudian dihubungkan dengan organisasi oleh Charlie. Dengan data-data penyelidikan dan teori analisis jaringan sosial, posisi seseorang dalam organisasi dapat diperkirakan, dan pemimpin utama organisasi teroris tersebut pun dapat diungkap.

B. Hubungan Analisis Jaringan Sosial dengan Kasus

Episode *Under Pressure* juga menggunakan teori analisis jaringan sosial dalam mengungkap kasus kriminal. Namun, untuk menghitung sentralitas, ukuran yang dipakai adalah panjang lintasan karakteristik. Panjang lintasan karakteristik adalah rata-rata dari rata-rata lintasan terpendek dari setiap simpul. Ukuran ini digunakan karena dapat mendeskripsikan cara kerja suatu organisasi jika terjadi perubahan dalam organisasi tersebut.



Gambar 4 – Graf yang menggambarkan sebuah organisasi teroris

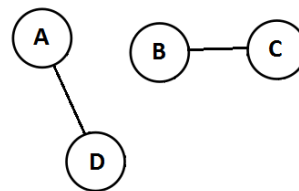
Misalkan graf di atas menggambarkan sebuah organisasi teroris dengan setiap simpul menyatakan suborganisasi. Maka, lintasan terpendek antar suborganisasi dapat dilihat pada tabel berikut.

	A	B	C	D	E	Rata-Rata
A	0	3	3	1	2	2.25
B	3	0	1	2	1	1.75
C	3	1	0	2	1	1.75
D	1	2	2	0	1	1.50
E	2	1	1	1	0	1
Panjang lintasan karakteristik						1.65

Tabel 3 – Rata-rata lintasan terpendek untuk gambar 4

Simpul E memiliki rata-rata lintasan terpendek yang paling kecil. Oleh karena itu, E memiliki sentralisasi kedekatan yang paling besar. Jika kita menghapus simpul

E dan semua sisi yang bersisian dengan E dari graf tersebut, graf berubah menjadi graf tak terhubung, sehingga tidak mungkin simpul A berhubungan dengan simpul B, dan seterusnya.



Gambar 5 – Graf setelah simpul E dihapus

Jika simpul yang kita hapus adalah simpul A, maka nilai panjang lintasan karakteristik akan berkurang.

	B	C	D	E	Rata-Rata
B	0	1	2	1	1.75
C	1	0	2	1	1.75
D	2	2	0	1	1.50
E	1	1	1	0	1
Panjang lintasan karakteristik					1.50

Tabel 4 – Rata-rata lintasan terpendek setelah simpul A dihapus

Penurunan panjang lintasan karakteristik ini disebabkan karena rata-rata lintasan terpendek A lebih besar daripada panjang lintasan karakteristik. Simpul seperti ini disebut simpul terencil.

Struktur organisasi seperti graf pada gambar 4 bukanlah contoh organisasi yang baik. Organisasi terlalu bertumpu pada satu grup, yaitu E, sehingga jika grup tersebut dihilangkan, akan berdampak besar bagi keberjalanan organisasi.

Dalam kasus *NUMB3RS*, organisasi teroris dibuat sedemikian rupa agar tidak tertumpu pada satu grup saja. Sehingga jika salah satu grup tertangkap oleh FBI, tidak akan terlalu berpengaruh pada pekerjaan mereka. Charlie berusaha memetakan struktur organisasi teroris tersebut dengan menggunakan graf. Setelah menangkap penyalur dana teroris tersebut, FBI melacak orang-orang yang pernah berhubungan dengan penyalur dana tersebut. Orang-orang yang tertangkap kemudian diperkirakan posisinya dalam organisasi. Jika ada dua orang yang memiliki hubungan yang sama dengan orang ketiga, maka kedua orang tersebut berada dalam suborganisasi yang sama.

Setiap kali FBI berhasil menghancurkan salah satu suborganisasi, maka akan ada perubahan dalam struktur organisasi utama. Dengan menggunakan perhitungan panjang lintasan karakteristik, Charlie dapat menduga bagaimana organisasi teroris tersebut akan bergerak untuk memperbaiki strukturnya.

Sebagaimana dalam episode *The OG*, episode *Under Pressure* juga menunjukkan bahwa teori-teori matematika dapat diaplikasikan di bidang kriminalitas. Hanya saja,

penyelesaian kasus ini tidak bisa ditangani hanya dengan analisis jaringan sosial. Perlu diterapkan ilmu-ilmu lain, misalnya kombinatorika. Ketika Charlie membuat struktur organisasi teroris dari awal, ia bisa menghubungkan setiap suborganisasi dengan kemungkinan tertentu. Jadi, setiap graf yang dihasilkan mempunyai probabilitas keakuratan. Graf seperti ini disebut graf acak (*random graphs*).

Akan ada banyak sekali kemungkinan graf acak, dan graf tersebut bisa menjadi sangat kompleks dan dinamis. Meskipun begitu, sebagian besar graf, termasuk graf acak, mengikuti distribusi hukum pangkat (*power law distribution*). Artinya, setiap simpul saling berhubungan dengan probabilitas yang sebanding dengan n^{-a} dan a adalah bilangan positif. Jadi, tetap akan ada batasan jumlah graf acak yang dibuat.

V. KESIMPULAN

Analisis jaringan sosial dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, diantaranya dalam dunia kriminalitas. Dengan menghitung ukuran-ukuran dalam analisis jaringan sosial, kita dapat memperkirakan pergerakan sebuah organisasi, mengukur hubungan orang-orang, dan sebagainya. Hanya saja, perhitungan-perhitungan yang dilakukan cukup rumit dan membutuhkan data-data yang banyak.

Dalam makalah ini, graf yang digunakan hanya graf sederhana dan tak berbobot, dan panjang lintasan hanya diukur dalam panjang unit satuan. Dalam dunia nyata, graf yang dihasilkan adalah graf berbobot, dan jumlahnya akan sangat banyak, bergantung pada hubungan apa saja yang berpengaruh dalam kasus yang sedang dibahas. Perhitungan dengan graf berbobot pun tidak akan sama. Misalnya, untuk menghitung lintasan terpendek antar dua simpul diperlukan algoritma yang lain, seperti *Dijkstra's Algorithm*.

REFERENSI

- [1] <http://education.ti.com/en/us/activity/detail?id=681FF89E8B744B0FA84B0CA94B905713>, diakses pada tanggal 06 Desember 2014 pukul 12.30
- [2] <http://education.ti.com/en/us/activity/detail?id=3FDE0FC0B3B04F37A48F6B19BDAA50D2>, diakses pada tanggal 06 Desember 2014 pukul 15.00
- [3] <http://www.math.cornell.edu/~numb3rs/luthy2/num322.html>, diakses pada tanggal 06 Desember 2014 pukul 15.23
- [4] http://cs.brynmawr.edu/Courses/cs380/spring2013/section02/slides/05_Centrality.pdf, diakses pada tanggal 09 Desember 2014 pukul 19.25
- [5] <http://lecturer.ukdw.ac.id/budsus/pdf/textwebmining/SNA.pdf>, diakses pada tanggal 09 Desember 2014 pukul 22.33
- [6] http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/C10_Centrality.html#Degree, diakses pada tanggal 09 Desember 2014 pukul 22.49
- [7] <http://www.activatenetworks.net/who-is-central-to-a-social-network-it-depends-on-your-centrality-measure/>, diakses pada tanggal 09 Desember 2014 pukul 22.56
- [8] <http://www.math.cornell.edu/~thru/numb3rs/318.html>, diakses pada tanggal 10 Desember 2014 pukul 20.36
- [9] <http://math.ucsd.edu/~fan/power.pdf>, diakses pada tanggal 10 Desember 2014 pukul 21.30

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



Dininta Annisa
13513066