

# Implementasi Graf dalam Analisis dan Prediksi Pertandingan Sepak Bola

Adam Rotal Yuliandaru (13514091)  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
adamrotal@students.itb.ac.id

**Abstrak**— Struktur sebuah tim sepak bola dapat didefinisikan sebagai organisasi kolektif yang terjadi selama pertandingan. Permainan dalam sebuah tim sepak bola dapat dianalisis menggunakan graf berarah. Simpul (*vertice*) merepresentasikan setiap pemain yang bermain dalam tim. Sisi (*edge*) merepresentasikan setiap operan yang dilakukan oleh seorang pemain dan arah dari sisi sebagai arah operan. Hubungan antara simpul dan sisi ini kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi strategi dan gaya bermain suatu tim sepak bola dilihat dari *degree centrality* dan *betweenness centrality*. Makalah ini akan menerapkan dan menganalisis pertandingan final World Cup 2010 antara Spanyol dan Belanda. Pada akhirnya dapat diketahui kelebihan dan kekurangan masing-masing tim serta prediksi hasil dan jalannya pertandingan yang cukup akurat.

**Kata kunci**— graf, sisi, simpul, sepak bola, *degree centrality*, *betweenness centrality*.

## I. PENDAHULUAN

Sepak bola merupakan salah satu olah raga yang sangat populer di dunia. Dalam pertandingannya, olahraga ini dimainkan oleh dua kelompok yang saling berlawanan. Masing-masing kelompok berusaha memasukkan bola ke gawang kelompok lawan. Setiap kelompok beranggotakan sebelas pemain dan disebut kesebelasan.

Sepak bola mulai berkembang sejak tahun 1930 yang ditandai dengan dihelatnya piala dunia pertama kali di Uruguay. Sekarang sepak bola telah berkembang menjadi sebuah budaya baru dalam kehidupan masyarakat. Suporter, pemain, *official*, bahkan pedagang pun larut dalam euforianya. Dengan hadirnya olahraga ini, dapat menyatukan semua lapisan masyarakat. Tak peduli mereka miskin, kaya, pedagang kecil, ataupun pengusaha property, semua bersatu untuk sepak bola.

Sebuah tim dalam sepak bola terdiri dari 1 penjaga gawang, 3-5 pemain belakang (*defender*), 3-5 pemain tengah (*midfielders*), dan 1-3 penyerang (*strikers*). Penjaga gawang bertugas sebagai pertahanan terakhir yang dapat menggunakan seluruh anggota tubuhnya untuk mencegah bola masuk ke gawang. *Defender* pemain yang berperan untuk mencegah serangan dari tim lawan. *Midfielder* berperan sebagai pengatur keseimbangan dalam permainan tim. *Strikers* berada paling dekat dengan

daerah gawang lawan, oleh karena itu, *strikers* bertugas untuk memasukkan bola ke gawang lawan untuk mencetak angka kemenangan.

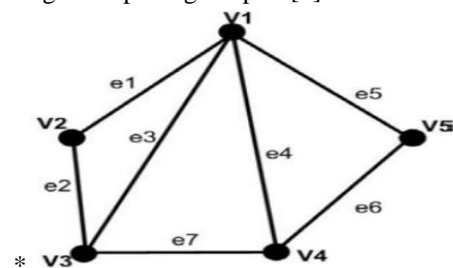
Bagi sebuah tim sepak bola, menganalisa dan memprediksi jalannya pertandingan adalah salah satu hal yang penting. Dengan melakukan pengamatan terhadap pertandingan yang telah dimainkan sebelumnya, sebuah tim dapat membuat graf yang merepresentasikan pola permainan tim. Adanya relasi yang abnormal menandakan ketidakseimbangan dalam sebuah tim yang kemudian dapat dilakukan analisa tentang kelebihan dan kekurangan tim serta melakukan prediksi hasil pertandingan.

## II. TEORI GRAF

Graf adalah sebuah cara untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Representasi visual dari graf adalah dengan menyatakan objek sebagai noktah, bulatan, atau titik, sedangkan hubungan antara objek dinyatakan dengan garis. Graf telah diaplikasikan dalam banyak hal seperti pembangunan jalan lintas kota, jaringan internet, susunan senyawa kimia, dan pencitraan tiga dimensi. Bentuk graf dari suatu data memungkinkan data yang berhubungan dengan konektivitas dapat lebih mudah dimengerti dan diolah.

### A. Definisi Graf

Sebuah graf  $G = (V, E)$  terdiri atas  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , yang merupakan himpunan simpul (*vertices*) tidak kosong, dan  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ , yang merupakan himpunan sisi (*edges*). Setiap sisi dalam graf menghubungkan sepasang simpul. [1]



Gambar 0.1 Graf dengan 5 Simpul dan 7 Sisi.  
Sumber: www.google.com

### B. Jenis Graf

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka graf dapat digolongkan menjadi dua, yaitu:

1. Graf sederhana: graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi-ganda.
2. Graf tak-sederhana: graf yang mengandung sisi ganda atau gelang.

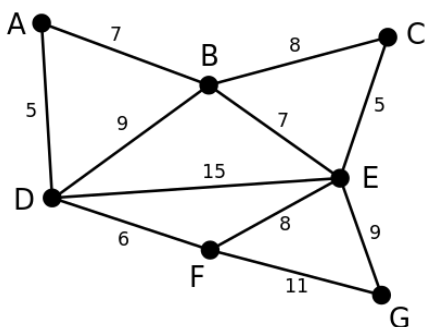
Berdasarkan banyaknya simpul, graf digolongkan menjadi dua yaitu:

1. Graf berhingga: graf dengan banyak simpul terhingga.
2. Graf tak-berhingga: graf dengan banyak simpul tak terhingga.

Berdasarkan ada tidaknya arah pada sisi graf, maka graf dapat digolongkan menjadi dua yaitu:

1. Graf berarah: graf yang semua sisinya memiliki arah.
2. Graf tak-berarah: graf tanpa sisi berarah.

Suatu graf dapat dilengkapi dengan bobot pada tiap sisinya untuk memberikan informasi tambahan. Misalnya, pada kasus graf pada sebuah peta, sisi-sisi yang menghubungkan tiap titik dapat memiliki bobot jarak antar titik. [2]



Gambar 2.1. Graf Berbobot

Sumber: <http://www.wikiwand.com/id/>

Setiap simpul memiliki derajat yang didefinisikan sebagai jumlah sisi yang berisikan dengan simpul. Pada gambar 2.1, simpul A memiliki derajat dua, simpul B memiliki derajat 4, simpul F memiliki derajat 3, dst.

### III. GRAF PADA SEPAK BOLA

#### A. Manfaat Graf pada Sepak Bola

Sebuah pertandingan sepak bola melibatkan dua tim yang saling berlawanan. Setiap tim terdiri dari sebelas pemain dengan salah satu diantaranya adalah penjaga gawang.

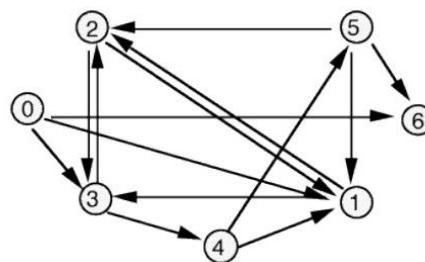
Salah satu cara merepresentasikan pertandingan sebuah tim sepak bola adalah dengan menggunakan graf. Graf akan mempermudah dalam hal analisis suatu pertandingan. Dengan menggunakan graf, akan terlihat pula gaya bermain suatu tim sepak bola beserta kelebihan dan kelemahannya. Representasi graf dapat pula

digunakan untuk mengidentifikasi gaya bermain seorang pemain tertentu.

#### B. Representasi Graf pada Sepak Bola

Graf yang digunakan dalam representasi dalam sepak bola adalah graf berarah. Setiap pemain dalam tim direpresentasikan sebagai simpul (*vertice*). Sisi (*edge*) digunakan untuk merepresentasikan operan atau perpindahan bola dari satu pemain ke pemain lain. Arah dari sisi direpresentasikan sebagai arah perpindahan bola.

Pada graf yang digunakan untuk menganalisis pertandingan sepak bola dikenal pula istilah *density*. *Density* pada graf disimbolkan dengan tebal tipisnya suatu sisi berarah. *Density* merepresentasikan intensitas seorang pemain melakukan operan ke pemain tertentu. [3]



Gambar 2.0.1. Graf pada Sepak Bola.  
Sumber: <http://www.slideshare.net>

- 0,1,2,3,4,5, dan 6 adalah pemain.
- Sisi adalah perpindahan bola antar pemain (operan).
- Arah adalah arah perpindahan bola.

### IV. KONSTRUKSI GRAF PADA SEPAK BOLA

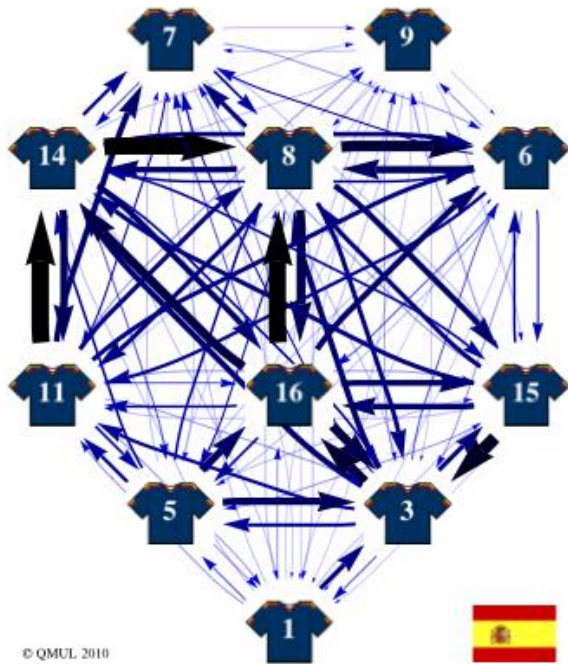
#### A. Konstruksi Graf

Graf pada sepak bola didapatkan dari pertandingan terakhir yang dijalani oleh sebuah tim. Laman resmi [www.fifa.com](http://www.fifa.com) telah merilis statistik pertandingan semi final yang telah dijalani oleh Spanyol dan Belanda.

No.	Nama Pemain	Operan	
		Mengirim	Menerima
1	Iker CASILLAS	18	9
3	Gerard PIQUE	58	55
5	Carles PUYOL	39	30
6	Andres INIESTA	36	44
7	David Villa	20	37
8	XAVI	65	71
9	Fernando TORRES	5	13
11	Joan CAPDEVILA	52	46
14	XABI ALONSO	59	62
15	Sergio RAMOS	46	38
16	Sergio BUSQUETS	64	57

Tabel 4.1.1. Statistik Pertandingan Semi Final Spanyol [4]

Dari data pada table 4.1 dapat dibuat graf berarahnya sebagai berikut:

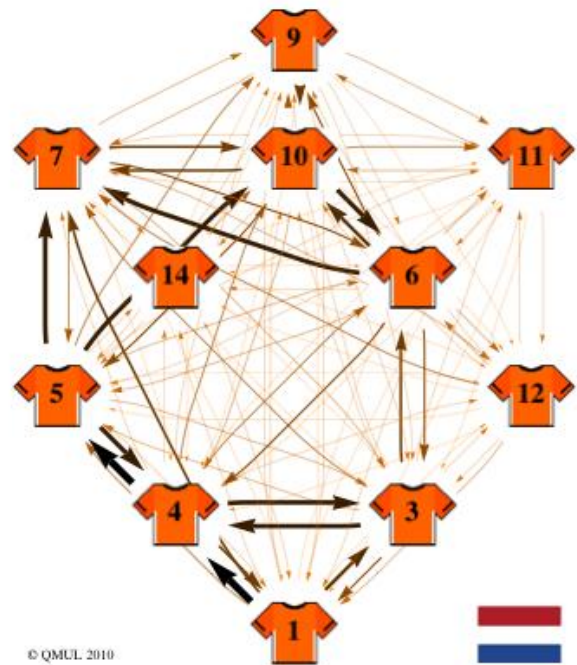


Gambar 4.0.1. Graf Tim Spanyol [5]

No.	Nama Pemain	Operan	
		Mengirim	Menerima
1	Maarten STEKELENBURG	26	15
3	John HEITINGA	25	24
4	Joris MATHIJSEN	31	29
5	G. VAN BRONCKHORST	31	26
6	Mark VAN BOMMEL	33	25
7	Dirk KUYT	20	35
9	Robin VAN PERSIE	13	18
10	Wesley SNEIJDER	26	33
11	Arjen ROBEN	8	11
12	Khalid BOULAHROUZ	11	7
14	Demy DE ZEEUW	5	6

Tabel 4.1.2 Statistik Pertandingan Semi Final Belanda [4]

Dari data pada table 4.2 dapat dibuat graf berarahnya sebagai berikut:



Gambar 4.2. Graf Tim Belanda [5]

### B. Centrality

*Centrality* dalam graf digunakan untuk mengidentifikasi simpul yang paling penting dalam graf tersebut. *Centrality* biasa digunakan dalam *Text and Web Mining*. Dalam aplikasi web, dengan mengasumsikan bahwa setiap node dalam graf mewakili sebuah laman, sedangkan sisi (*edge*) yang terbentuk antar dua node mewakili ada atau tidaknya tautan. [6]

#### 1.B. Degree Centrality

*Degree Centrality* adalah jumlah koneksi yang dimiliki sebuah simpul. *Degree Centrality* akan menghitung bobot suatu simpul  $i$  (diberi notasi  $C_D(i)$ ) berdasarkan banyaknya sisi yang terbentuk antara simpul  $i$  dengan simpul yang lain. Rumus untuk menghitung *degree centrality* didefinisikan sebagai berikut:

$$C_D(G) = \frac{\sum_{i=1}^N [C_D(n^*) - C_D(i)]}{[(N-1)(N-2)]} \quad (4.2.1) [6]$$

$C_D(G)$  : *Degree Centrality* graf  $G$ .

$N$  : Jumlah total simpul dalam graf  $G$ .

$C_D(n^*)$  : Derajat maksimal dari suatu simpul di graf  $G$ .

$C_D(i)$  : Derajat simpul  $i$  pada graf  $G$ .

Dengan mengasumsikan jumlah operan sebagai sebagai derajat sebuah simpul  $i$ , maka diperoleh:

No.	Operan ( $C_D(i)$ )	$C_D(n^*) - C_D(i)$
1	27	109
3	113	23

5	69	67
6	80	56
7	57	79
8	136 (n*)	0
9	18	118
11	98	38
14	121	15
15	84	52
16	121	15
	$\sum_{i=1}^N [C_D(n^*) - C_D(i)]$	572

Tabel 4.2.1. Degree Centrality Spanyol

$$\begin{aligned}
 C_D(\text{Spanyol}) &= \frac{572}{(11-1)(11-2)} \\
 &= \frac{572}{(10)(9)} \\
 &= \frac{572}{90} \\
 &= 6.3\bar{5}
 \end{aligned}$$

No.	Operan (C <sub>D</sub> (i))	C <sub>D</sub> (n*) - C <sub>D</sub> (i)
1	41	19
3	49	11
5	60 (n*)	0
6	57	3
7	58	2
8	55	5
9	31	29
11	59	1
14	19	41
15	18	42
16	11	49
	$\sum_{i=1}^N [C_D(n^*) - C_D(i)]$	202

Tabel 4.2.2. Degree Centrality tiap Pemain Belanda

$$\begin{aligned}
 C_D(\text{Belanda}) &= \frac{202}{(11-1)(11-2)} \\
 &= \frac{202}{(10)(9)} \\
 &= \frac{202}{90} \\
 &= 2.2\bar{4}
 \end{aligned}$$

### 2.B. Betweenness Centrality

*Betweenness centrality* adalah ukuran yang berguna untuk memperlihatkan peran sebuah simpul dalam suatu graf. Suatu simpul menjadi penting jika simpul tersebut menjadi *communication bottleneck*. *Betweenness centrality* dapat dianalogikan dengan simpul sebagai persimpangan. Semakin banyak jalan yang harus melewati persimpangan itu, maka semakin penting arti persimpangan tersebut. Jika pada persimpangan tersebut lampu lalu lintas mati, maka akan berakibat fatal karena aliran kendaraan (perpindahan bola) akan terhambat.

*Betweenness centrality* dihitung dengan menjumlahkan semua lintasan terdekat yang mengandung simpul tersebut. *Betweenness centrality* dirumuskan sebagai berikut:

$$C_B(i) = \sum_{s \neq i \neq t} \frac{\sigma_{st}(i)}{\sigma_{st}} \quad (4.2.2) [6]$$

$C_B(i)$  : *Betweenness centrality* pada simpul i.

$\sigma_{st}(i)$  : Jumlah total lintasan terpendek dari simpul s ke simpul t yang melalui simpul i.

$\sigma_{st}$  : Jumlah total lintasan terpendek dari simpul s ke simpul t.

Dengan menerapkan formula 4.2.1 pada graf Spanyol dan Belanda didapatkan:

No.	Operan		<i>Betweenness centrality</i>
	Mengirim	Menerima	
1	18	9	0.0000
3	58	55	0.0087
5	39	30	0.0028
6	36	44	0.0028
7	20	37	0.0087
8	65	71	0.0087
9	5	13	0.0091
11	52	46	0.0087
14	59	62	0.0087
15	46	38	0.0087
16	64	57	0.0087

Tabel 4.3.1. Betweenness Centrality tiap Pemain Spanyol

No.	Operan		<i>Betweenness Centrality</i>
	Mengirim	Menerima	
1	26	15	0.0146
3	25	24	0.0091
4	31	29	0.0146
5	31	26	0.0193

6	33	25	0.0265
7	20	35	0.0265
9	13	18	0.0091
10	26	33	0.0265
11	8	11	0.0278
12	11	7	0.0063
14	5	6	0.0000

Tabel 4.3.2. *Betweenness Centrality* tiap Pemain Belanda

## V. ANALISIS PERTANDINGAN MELALUI GRAF

Dengan mencermati *degree centrality* antara Spanyol dan Belanda, terlihat bahwa *degree centrality* Spanyol memiliki nilai yang lebih besar disbanding Belanda. *Degree centrality* mengindikasikan banyaknya operan yang dilakukan oleh sebuah tim. *Degree centrality* kedua tim terpaut cukup jauh, yakni 4.1. Angka tersebut menunjukkan bahwa gaya bermain kedua tim sangat bertolak belakang. Spanyol mengandalkan permainan dari kaki ke kaki dengan mengandalkan pemain tengah mereka. Pemain seperti Xavi, Busquets, dan Xabi Alonso sangat central dalam tim. Ketiga pemain ini yang menentukan alur permainan Spanyol. Sementara itu tim Belanda lebih mengandalkan serangan langsung ke wilayah musuh. Bola-bola *direct* lebih disukai pemain Belanda, Hal ini dapat diamati dari banyaknya operan yang dilakukan pemain bertahan dari Belanda. Mathijsen, Van Bronckhorst, dan Van Bommel memegang peranan vital pada tim Belanda.[7]

Nilai *Betweenness Centrality* menunjukkan seberapa seimbang permainan tim. Spanyol memiliki nilai *Betweenness Centrality* yang rendah dan terdistribusi secara merata pada setiap pemain. Hal ini mengindikasikan bahwa strategi operan pendek yang diterapkan Spanyol berjalan secara seimbang antara pemain. Keseimbangan yang ada pada tim Spanyol akan sulit untuk dirusak oleh tim lain. Sementara Belanda memiliki nilai *Betweenness Centrality* yang lebih besar dan tidak merata. Hal ini menunjukkan bahwa Belanda lebih mengandalkan permainan individu para pemainnya. Terlihat dari data *Betweenness Centrality* bahwa nilai terbesar dimiliki oleh pemain sayap yang mengindikasikan bahwa Belanda mengandalkan serangan-serangan dari sisi kiri dan kanan untuk merusak pertahanan tim Spanyol.[7]

Dari data yang telah dihimpun dan dianalisis dapat diambil kesimpulan tentang gaya permainan masing-masing tim yaitu:

Spanyol	Belanda
Gaya permainan operan pendek dari kaki ke kaki.	Gaya permainan <i>direct long pass</i> ke pertahanan lawan
Mengandalkan pemain	Mengandalkan pemain

tengah untuk mengatur serangan.	sayap untuk mengatur serangan
Lebih sabar dalam menyerang.	Lebih cepat dalam menyerang
Mengandalkan keseimbangan tim.	Mengandalkan serangan balik cepat ( <i>counter attack</i> )
Pola serangan : belakang – tengah - depan	Pola serangan : belakang – sayap – depan

Tabel 5.1 Analisis Permainan Spanyol dan Belanda

Dengan menganalisa data dan gaya permainan masing-masing tim, maka dapat diprediksi bahwa Spanyol akan menguasai jalannya pertandingan yang ditandai dengan besarnya penguasaan bola dibanding Belanda. Permainan yang seimbang dari Spanyol tidak akan rusak oleh permainan cepat dari Belanda, justru permainan Belanda yang akan rusak karena sulitnya merebut bola dari kaki pemain Spanyol. Maka dari itu, dapat diprediksi bahwa pertandingan final *World Cup* 2010 akan dimenangkan oleh Spanyol. [8]

## VI. KESIMPULAN

Teori graf dapat diaplikasikan pada analisa gaya permainan dan prediksi jalannya serta hasil pertandingan. Simpul-simpul pada graf menyatakan pemain dan sisi menyatakan operan dari seorang pemain ke pemain lain. Arah pada sisi menyatakan arah perpindahan bola. Dengan menganalisa data pada graf, maka akan terbentuk pola permainan suatu tim yang selanjutnya dapat diketahui kelebihan dan kekurangannya untuk kemudian dilakukan prediksi hasil pertandingan.

Analisa yang dibuat pada makalah ini dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan analisa sebuah tim dengan cara yang lebih mudah dan efektif. Analisa berbasis graf ini dapat diterapkan untuk tim dan untuk pertandingan apapun. Dengan demikian diharapkan analisa pertandingan seperti ini dapat diterapkan pada tim Indonesia sehingga tim Indonesia lebih siap dalam menghadapi lawannya.

## VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis pertama-tama ingin mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan berkat-Nya yang selalu menyertai penulis hingga pembuatan makalah ini selesai. Penulis juga ingin berterima kasih kepada kedua orang tua penulis yang selalu member *support* dan semangat kepada penulis. Tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada Bapak Rinaldi Munir dan Ibu Harlili karena melalui pengajarannya, penulis dapat memahami konsep Matematika Distrik termasuk didalamnya teori graf yang menjadi dasar makalah ini.

## REFERENSI

- [1] K.H. Rosen, *Discrete Mathematics and Its Applications* 6 th Edition. New York: McGraw-Hill, 2007.

- [2] Munir, Rinaldi, Matematika Diskrit, ed. 2. Bandung: Penerbit Informatika, 2003.
- [3] F. M. Clemente, dkk, "Applying networks and graph theory to match analysis: Identifying the general properties of a graph", Conference Paper, November 2014 .
- [4] <http://www.fifa.com/worldcup/archive/southafrica2010/index.html>, diakses pada tanggal 5 Desember 2015, pukul 16.30.
- [5] <http://www.maths.qmul.ac.uk/~ht/footballgraphs/>, diakses pada tanggal 5 Desember 2015, pukul 16.20.
- [6] Mascolo, Cecilia, "Social and Technological Network Analysis. Lecture 3: Centrality Measures", University of Cambridge, Januari 2015.
- [7] <http://med.bioinf.mpi-inf.mpg.de/netanalyzer/help/2.7/>, diakses pada tanggal 6 Desember, pukul 23.05.
- [8] P. Singhal, U. Anggarwal, "Graph Theory in Football", Lady Shri Ram College.

### 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



Adam Rotal Yuliandaru  
13514091