

# Aplikasi Graf dalam Formasi dan Strategi Kesebelasan Sepakbola

Hafis Alrafi Irsal - 13516034  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
hafisalrafi@gmail.com

**Abstrak**—Formasi sebuah kesebelasan sepakbola dapat didefinisikan sebagai skema yang teratur selama pertandingan berjalan. Penempatan pemain dan penerapan strategi di lapangan dapat dianalisis menggunakan graf berarah. Pemain direpresentasikan sebagai simpul (*vertice*) dan setiap oporan bola antarpemain direpresentasikan sebagai sisi (*edge*) dan arah oporan antarpemain direpresentasikan sebagai arah dari graf. Makalah ini akan membahas aplikasi graf dalam menentukan formasi dan analisis strategi kesebelasan sepakbola. Lebih khususnya akan dibahas strategi tim pada pertandingan El Clasico antara Real Madrid vs Barcelona pada April 2017 lalu sehingga didapatkan kekuatan dan kelemahan kedua tim.

**Kata Kunci**—Graf, Formasi, Lintasan dan Sirkuit Hamilton, Sepakbola.

## I. PENDAHULUAN

Sepakbola merupakan suatu permainan olahraga yang dimainkan oleh dua tim yang masing-masing memiliki sebelas pemain dengan sebuah bola yang tidak boleh disentuh dengan tangan kecuali oleh kiper. Awal mula sepakbola dikenal luas oleh masyarakat umum adalah ketika perhelatan pesta akbar pertama sepakbola yaitu Piala Dunia 1930 di Uruguay.

Saat ini, sepakbola menjadi olahraga terpopuler di berbagai negara di dunia. Mulai dari anak kecil hingga orang tua merasakan euforia saat tim kebanggaannya bertanding. Di dalam sepakbola itu sendiri tidak hanya melibatkan fisik, namun lebih dari itu melibatkan perasaan dan kecerdasan di dalamnya.

Kesebelasan sepakbola terdiri dari beberapa posisi secara umum, yaitu kiper, belakang (*defender*), tengah (*midfielder*), dan depan (*striker*). Kiper merupakan satu-satunya pemain yang boleh menyentuh bola dengan tangan. Ia berusaha mencegah bola untuk masuk ke gawangnya. *Defender* merupakan posisi yang paling dekat dengan kiper, bertugas untuk menjaga daerah pertahanan agar tidak dimasuki lawan. *Midfielder* merupakan posisi sentral yang bertugas menjalankan irama bermain dan mengatur proses serangan. *Striker* merupakan posisi terdepan yang bertugas untuk membobol gawang lawan.

Sebuah kesebelasan sepakbola diatur oleh seorang pelatih.

Pelatih lah yang mempunyai kewenangan dalam mengatur formasi dan strategi yang diterapkan pada tim. Pelatih juga harus mengerti kemampuan dari pemainnya sehingga tidak terjadi kesalahan dalam penempatan pemain di dalam formasi yang diterapkan. Pelatih juga bertugas menganalisis jalannya pertandingan-pertandingan sebelumnya untuk dipakai pada pertandingan selanjutnya. Di sini lah dapat diimplementasikan teori graf berarah dalam analisis pertandingan dan pengaturan strategi sehingga didapatkan skema yang baik dan tentunya demi mendapatkan kemenangan.

## II. TEORI GRAF

### A. DEFINISI

Graf  $G$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan  $(V, E)$ , ditulis dengan notasi  $G = (V, E)$ , yang dalam hal ini  $V$  adalah himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (*vertices* atau *node*) dan  $E$  adalah himpunan sisi (*edges* atau *arcs*) yang menghubungkan sepasang simpul.

Simpul pada graf dapat dinomori dengan huruf, seperti  $a, b, c, \dots, v, w, \dots$ , dengan bilangan asli  $1, 2, 3, \dots$ , atau gabungan keduanya. Sedangkan sisi yang menghubungkan simpul  $u$  dengan simpul  $v$  dinyatakan dengan pasangan  $(u, v)$  atau dinyatakan dengan lambang  $e_1, e_2, \dots$ . Dengan kata lain, jika  $e$  adalah sisi yang menghubungkan simpul  $u$  dengan  $v$ , maka dapat ditulis sebagai  $e = (u, v)$ .

### B. JENIS

Graf dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori (jenis) bergantung pada sudut pandang pengelompokannya. Pengelompokan graf dapat dipandang berdasarkan ada tidaknya sisi ganda atau sisi kalang, berdasarkan jumlah simpul, atau berdasarkan orientasi arah pada sisi.

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

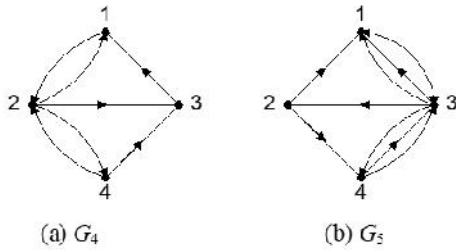
1. Graf sederhana (*simple graph*): graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi-ganda.
2. Graf tak-sederhana (*un-simple graph*): graf yang mengandung sisi ganda atau gelang.

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

1. Graf berarah (*directed graph*): graf yang setiap sisinya

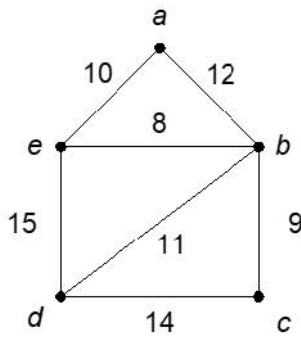
diberikan orientasi arah.

- Graf tak-berarah (undirected graph): graf yang sisinya tidak punya orientasi arah.



Gambar 1. (a) graf berarah, (b) graf-ganda berarah  
Sumber : Matematika Diskrit/Rinaldi Munir

Graf juga dapat dilengkapi dengan bobot (harga) tiap sisinya. Biasanya bobot suatu sisi pada graf merupakan jarak antara dua titik (simpul). Seperti pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Graf dengan bobot (harga)  
Sumber : Matematika Diskrit/Rinaldi Munir

### C. TERMINOLOGI GRAF

Untuk lebih memahami graf, maka akan dijelaskan tentang istilah-istilah dalam graf:

- Ketetanggaan (Adjacent)

Jika dua simpul saling terhubung dengan sisi, maka dikatakan bertetangga.

- Bersisian (Incidency)

Jika terdapat sisi yang mengubungkan dua simpul, maka kedua sisi tersebut dikatakan bersisian dengan kedua simpul tersebut.

- Simpul Terpencil (Isolated Vertex)

Simpul yang tidak bersisian dengan sisi yang menghubungkan simpul tersebut dengan simpul lain.

- Graf Kosong (null graph atau empty graph)

Jika graf tersebut tidak memiliki himpunan sisi.

- Derajat

Jumlah dari sisi yang bersisian pada suatu simpul. Jumlah

derajat suatu simpul pada suatu graf adalah genap, yaitu dua kali jumlah sisi pada graf tersebut, sesuai dengan lemma jabat tangan.

- Lintasan

Panjang dari simpul awal ke simpul tujuan

- Siklus (Cycle) atau Sirkuit (Circuit)

Lintasan yang memiliki awal dan akhir pada simpul yang sama.

- Terhubung (Connected)

Dua simpul dikatakan terhubung jika terdapat sisi yang menghubungkan dua simpul tersebut atau terdapat lintasan di antara kedua simpul.

- Upagraf dan Komplemen Upagraf

Jika  $V_1$  merupakan himpunan bagian dari  $V$  dan  $E_1$  merupakan himpunan bagian dari  $E$ , maka  $G_1 = (V_1, E_1)$  adalah upagraf dari  $G(V, E)$ . Misalkan, komplemen dari  $G_1$  terhadap  $G$  adalah

$G_2 = (V_2, E_2)$ , maka  $E_2 = E - E_1$  dan  $V_2$  adalah simpul-simpul yang bersisian dengan sisi-sisi  $E_2$ .

- Komponen graf

Jumlah maksimum dari upagraf yang terhubung dalam graf tersebut.

- Upagraf Rentang

Jika upagraf mengandung semua simpul dari graf.

- Cut-Set

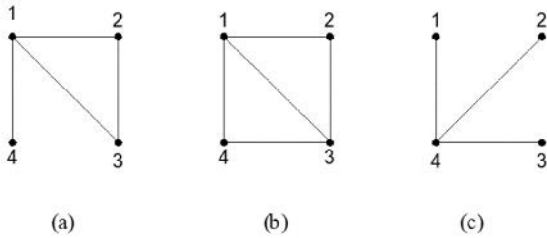
Himpunan sisi yang bila dibuang dari graf terhubung menyebabkan graf menjadi tidak terhubung.

- Graf Berbobot

Graf yang pada masing-masing sisinya diberikan sebuah bobot/nilai.

### D. LINTASAN DAN SIRKUIT HAMILTON

Lintasan Hamilton ialah lintasan yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali. Bila lintasan itu kembali ke simpul asal membentuk lintasan tertutup (sirkuit), maka lintasan tertutup itu dinamakan sirkuit Hamilton. Dengan kata lain sirkuit Hamilton ialah sirkuit yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali, kecuali simpul asal (sekali-gus simpul akhir) yang dilalui dua kali.



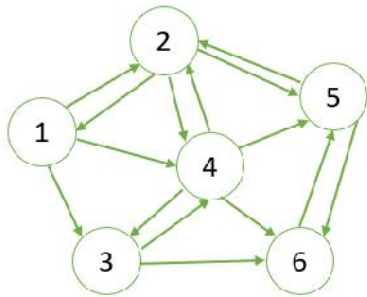
Gambar 3. (a) graf yang memiliki lintasan Hamilton (missal 3, 2, 1,4), (b) graf yang memiliki sirkuit Hamilton (missal 1, 2, 3, 4, 1), (c) graf yang tidak memiliki lintasan maupun sirkuit Hamilton

Graf yang memiliki sirkuit Hamilton dinamakan graf Hamilton, sedangkan graf yang hanya memiliki lintasan Hamilton disebut graf semi-Hamilton.

### III. APLIKASI GRAF DALAM SEPAKBOLA

#### A. REPRESENTASI GRAF PADA SEPAKBOLA

Representasi graf yang digunakan dalam sepakbola 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.

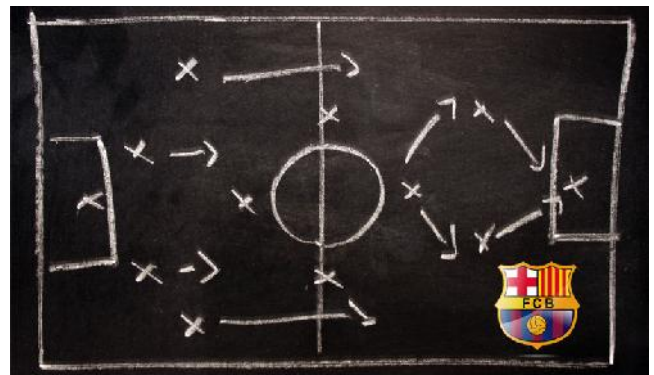


Gambar 4. Graf pada sepakbola

Representasi graf sepakbola yang terlihat pada gambar 4 terdiri dari angka 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 yang merupakan representasi dari pemain. Sisi adalah perpindahan bola antar pemain, dan arah graf merupakan arah jalannya bola.

#### B. PENERAPAN GRAF DALAM FORMASI PEMAIN

Pola penempatan pemain pada sepakbola adalah dengan membagi area lapangan menjadi tiga, yaitu belakang, tengah, dan depan. Pada bagian tengah, misal seorang pelatih ingin memplot 4 pemain agar tidak kehabisan stamina saat bertanding. Artinya pelatih tersebut harus membuat suatu pola pergerakan dari para pemain tengah tersebut agar stamina nya tetap terjaga dengan membuat pergerakannya menjadi cukup efektif di daerah permainannya.



Gambar 5. Ilustrasi formasi pemain sepakbola  
Sumber: Pandit Football Indonesia

Pelatih kemudian mencari suatu nilai jarak dari area pemain tengah. Dari gambar di atas persoalannya tidak lain adalah menentukan lintasan Hamilton yang memiliki bobot minimum dan maksimum pada area pemain. Menurut teori graf, jika setiap simpul memiliki sisi ke simpul lainnya maka graf ini disebut graf lengkap dengan N buah simpul, maka Sirkuit Hamilton yang di dapatkan mempunyai persamaan:

$$(N - 1)! / 2$$

Lalu kita masukkan jumlah simpul  $N=4$  ke persamaan :  $(4-1)! / 2 = 3! / 2 = 3$  didapatkan 3 buah lintasan di area tersebut. Sehingga pelatih dapat menentukan penempatan pemain tengah yang sesuai dengan tingkat stamina dan kebugaran pemain.

Dengan perhitungan menggunakan teori dari lintasan Hamilton di atas, maka pola yang paling pas untuk lini tengah dalam suatu kesebelasan sepakbola adalah dengan 4 pemain tengah dan berbagai variasinya tergantung dari *skill* dan stamina pemain.

### IV. ANALISIS STRATEGI DENGAN GRAF

Graf pada sepakbola dapat dibentuk dari sebuah pertandingan. Pada kali ini akan dibahas strategi yang diterapkan pada pertandingan Real Madrid vs Barcelona pada April 2017 lalu dengan aplikasi graf. Dikutip melalui laman *whoscored.com*, didapat statistik operan dari masing-masing pemain kedua tim.

Statistik yang didapat kemudian diolah sedemikian rupa sehingga didapat graf yang merepresentasikan arah operan antar pemain dan berapa sering pemain melakukan operan.



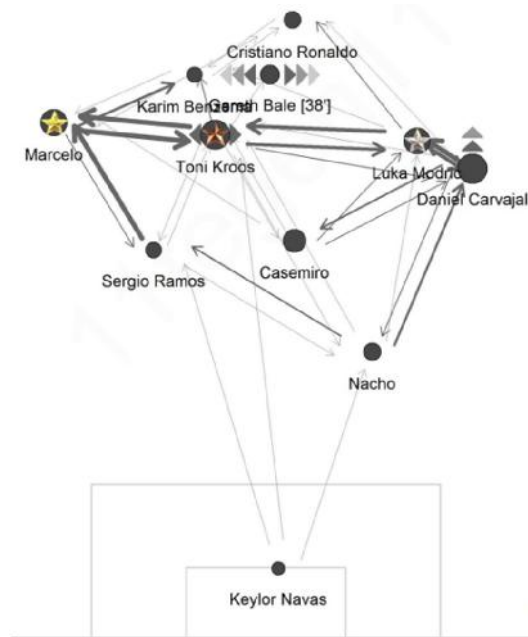
# Real Madrid

| Summary |                                    | Offensive | Defensive | Passing |
|---------|------------------------------------|-----------|-----------|---------|
| R       | Player                             | KeyPasses | Passes    | PA%     |
| 1       | Keylor Navas<br>30, GK             | 0         | 19        | 73.7    |
| 2       | Daniel Carvajal<br>25, DR          | 1         | 49        | 81.6    |
| 3       | Sergio Ramos<br>31, DC             | 0         | 31        | 90.3    |
| 4       | Nacho<br>27, DC                    | 0         | 31        | 90.3    |
| 5       | Marcelo<br>29, DL                  | 5         | 45        | 80      |
| 6       | Casemiro ↓ (69')<br>25, MC         | 0         | 28        | 82.1    |
| 7       | Luka Modric<br>32, MC              | 2         | 43        | 88.4    |
| 8       | Toni Kroos<br>27, MC               | 1         | 59        | 93.2    |
| 9       | Cristiano Ronaldo<br>32, FWR       | 2         | 17        | 82.4    |
| 10      | Karim Benzema ↓ (81')<br>29, FW    | 3         | 25        | 80      |
| 11      | Gareth Bale ↓ (38')<br>28, FWL     | 0         | 10        | 70      |
| 12      | James Rodriguez ↑ (81')<br>26, Sub | 0         | 7         | 85.7    |
| 13      | Mateo Kovacic ↑ (69')<br>23, Sub   | 1         | 12        | 83.3    |
| 14      | Marco Asensio ↑ (38')<br>21, Sub   | 3         | 14        | 78.6    |
| 15      | Danilo<br>26, Sub                  | 0         | 0         | 0       |
| 16      | Kiko Casilla<br>31, Sub            | 0         | 0         | 0       |
| 17      | Isco<br>25, Sub                    | 0         | 0         | 0       |
| 18      | Álvaro Morata<br>25, Sub           | 0         | 0         | 0       |

Gambar 6. Statistik operan pemain Real Madrid  
Sumber: whoscored.com

Melihat dari statistik operan pemain Real Madrid, terlihat Madrid lebih mendominasi dengan umpan *direct* ke depan dibanding umpan jarak pendek antar pemain.

Berdasarkan statistik operan pemain tim Real Madrid tersebut didapat grafik berarah dari para pemain.



Gambar 7. Grafik tim Real Madrid  
Sumber: twitter.com

Real Madrid memiliki nilai bobot graf yang lebih kecil dan tidak merata dari arah belakang. Hal ini menunjukkan bahwa Real Madrid lebih mengandalkan permainan bola langsung ke arah depan dan kualitas individu para pemainnya. Terlihat dari graf yang ada, Real Madrid mengandalkan serangan-serangan dari sisi kiri dan kanan (sayap) untuk merusak pertahanan tim Barcelona.

Real Madrid memanfaatkan kelemahan di lini pertahanan Barcelona yang tak terlalu tangguh. Kedua sisi pertahanan Barcelona, yang diisi oleh Sergi Roberto dan Jordi Alba, cukup kewalahan dalam menghadapi counter cepat Real Madrid sehingga peluang demi peluang bisa dilahirkan Madrid melalui strategi serangan cepat yang diterapkan.

Hasilnya di sisi kiri, Marcelo berhasil menciptakan beberapa umpan kunci, sementara di kanan Asensio juga menciptakan umpan kunci dan juga Daniel Carvajal. Madrid sangat mengandalkan serangan sayap, di mana kemudian mereka berhasil menciptakan peluang-peluang emas yang berujung gol bagi timnya.

Memanfaatkan lini pertahanan Barcelona yang sebenarnya memiliki kelemahan di kedua sayap, Madrid semakin meningkatkan serangan cepat dari sayap. James memberikan aura baru bagi lini serang Madrid. Tapi saat itu juga Madrid tidak mengantisipasi masalah di lini pertahanan mereka, sehingga saat sedang menyerang malah berbuah kebobolan yang dimanfaatkan oleh Barcelona.

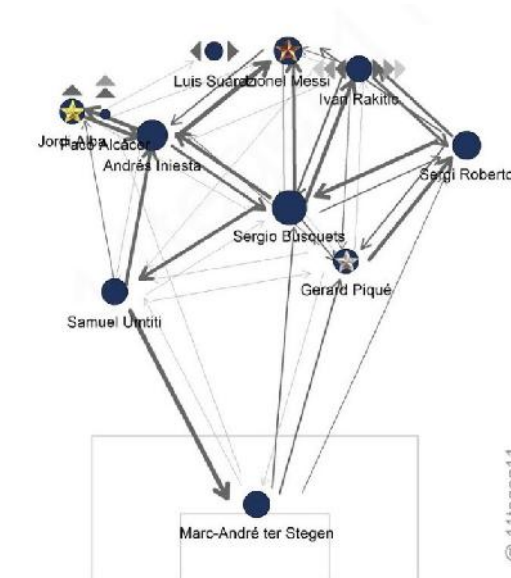


| Summary |                                 |           |        |      | Offensive | Defensive | Passing |
|---------|---------------------------------|-----------|--------|------|-----------|-----------|---------|
| R       | Player                          | KeyPasses | Passes | PA%  |           |           |         |
| 1       | Marc-André ter Stegen<br>25, GK | 0         | 43     | 83.7 |           |           |         |
| 2       | Sergi Roberto<br>25, DR         | 1         | 53     | 90.6 |           |           |         |
| 3       | Samuel Umtiti<br>24, DC         | 0         | 56     | 89.3 |           |           |         |
| 4       | Gerard Piqué<br>30, DC          | 0         | 52     | 88.5 |           |           |         |
| 5       | Jordi Alba<br>28, DL            | 2         | 46     | 87   |           |           |         |
| 6       | Ivan Rakitic<br>29, MC          | 3         | 49     | 95.9 |           |           |         |
| 7       | Sergio Busquets<br>29, MC       | 2         | 82     | 93.9 |           |           |         |
| 8       | Andrés Iniesta<br>33, MC        | 1         | 70     | 92.9 |           |           |         |
| 9       | Lionel Messi<br>30, AMC         | 0         | 46     | 73.9 |           |           |         |
| 10      | Paco Alcácer<br>24, FW          | 1         | 8      | 87.5 |           |           |         |
| 11      | Luis Suárez<br>30, FW           | 1         | 27     | 81.5 |           |           |         |
| 12      | André Gomes<br>24, Sub          | 1         | 7      | 71.4 |           |           |         |
| 13      | Javier Mascherano<br>33, Sub    | 0         | 0      | 0    |           |           |         |
| 14      | Lucas Digne<br>24, Sub          | 0         | 0      | 0    |           |           |         |
| 15      | Jasper Cillessen<br>28, Sub     | 0         | 0      | 0    |           |           |         |
| 16      | Carles Aleñá<br>19, Sub         | 0         | 0      | 0    |           |           |         |
| 17      | Denis Suárez<br>23, Sub         | 0         | 0      | 0    |           |           |         |
| 18      | Arda Turan<br>30, Sub           | 0         | 0      | 0    |           |           |         |

Gambar 8. Statistik operan pemain Barcelona  
Sumber : whoscored.com

Melihat dari statistik operan para pemain Barcelona, terlihat Barca lebih mengandalkan operan pendek antarpemain dan membangun serangan dari belakang.

Dari statistik operan pemain tim Barcelona tersebut, maka didapatkan graf para pemain sebagai berikut.



Gambar 9. Graf tim Barcelona  
Sumber: twitter.com

Nilai bobot graf yang direpresentasikan dalam bentuk ketebalan dari graf berarah menunjukkan seberapa seimbang permainan tim dalam melakukan operan demi operan. Barcelona memiliki nilai ketebalan graf yang lebih besar mulai dari arah belakang hingga depan dan terbagi secara merata pada setiap pemain. Hal ini mengindikasikan bahwa strategi operan pendek yang diterapkan Barcelona berjalan secara seimbang antarpemain. Keseimbangan strategi yang dijalankan oleh Barcelona akan sulit untuk dirusak oleh tim lain.

Barcelona sendiri menggunakan garis pertahanan tinggi. Hal ini yang berhasil dimanfaatkan Real Madrid dalam menciptakan peluang, khususnya bagi Real Madrid yang menggunakan strategi serangan balik. Transisi dari menyerang ke bertahan Barcelona terbilang kurang baik.

Ketika akan menciptakan peluang, Messi yang menjadi otak serangan Barca. Dari tengah, ia bisa mengatur arah serangan dengan umpan-umpannya yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi sebagai seorang striker juga memecah penjagaan pemain Madrid dengan kemampuan dribelnya serta operan cepat yang dilakukan dengan pemain lain.

## V. KESIMPULAN

Implementasi dari teori graf dapat dimanfaatkan dalam pengaturan formasi dan strategi kesebelasan sepakbola. Dengan menganalisis data dari graf berarah pada suatu pertandingan, didapatkan kelebihan dan kelemahan suatu tim yang bisa digunakan oleh pelatih dalam menentukan strategi untuk pertandingan selanjutnya.

Graf juga digunakan untuk menentukan suatu posisi yang tepat bagi pemain dengan kemampuan yang berbeda-beda dengan memanfaatkan teori dari graf dengan lintasan minimum. Aplikasi graf dalam sepakbola ini juga membantu lebih memahami bagaimana pola penyerangan dan bertahan yang baik dalam strategi sepakbola sehingga skema permainan dapat berjalan dengan baik.

## REFERENSI

- [1] Rosen, Kenneth H., 2012. Discrete Mathematics and Its Application. 7th Edition. New York: McGraw-Hill
- [2] Munir, Rinaldi. 2012 Matematika Diskrit, ed. 5. Bandung: Penerbit Informatika.
- [3] P. Singhal, U. Anggarwal, "Graph Theory in Football", Lady Shri Ram College.
- [4] <https://www.whoscored.com/Matches/1103074/LiveStatistics/Spain-La-Liga-2016-2017-Real-Madrid-Barcelona>, diakses pada tanggal 1 Desember 2017 pukul 22.15.

## 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, 2 Desember 2017



Hafis Alrafi Irsal  
13516034