Model Representasi Strategi Sepak Bola Tiki-Taka FC Barcelona melalui Teori Graf dan Kombinatorika

FC Barcelona Tiki-Taka Football Strategy Representation Model through Graph Theory and Combinatorics

Daniel Anindito Nugroho - 13524002
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail: danielnugroho900@gmail.com , 13524002@std.stei.itb.ac.id

Abstrak — Sepak bola bukanlah sekadar pertunjukan keterampilan individu semata, melainkan sebuah permainan kolektif yang menuntut pertarungan strategi dan pengambilan keputusan yang berlangsung dalam hitungan detik. Di balik setiap operan dan pergerakan, terdapat pola-pola terstruktur yang dapat dianalisis secara sistematis. Salah satu pendekatan taktis yang menonjol dalam sejarah permainan sepak bola modern adalah *tiki-taka*, yang dipopulerkan oleh FC Barcelona. Dengan berbagai keterbatasannya, hasil penelitian mengungkap bahwa teori graf dan kombinatorika cocok digunakan untuk merepresentasikan strategi *tiki-taka*. Pendekatan ini diharapkan dapat memberi perspektif baru dalam memahami struktur dan dinamika permainan sepak bola dari sudut pandang yang lebih formal dan kuantitatif.

Kata Kunci — Sepak Bola*; Tiki-Taka;* FC Barcelona*; Pep Guardiola; Teori Graf; Kombinatorika; Analisis Taktik*

I. PENDAHULUAN

Di berbagai belahan dunia, sepak bola hadir bukan sekadar sebagai permainan, melainkan sebagai bagian dari kehidupan sosial yang membentuk identitas hingga budaya kolektif masyarakat. Dari jalanan kota kecil hingga stadion megah, permainan ini menghadirkan dinamika yang melampaui sekadar adu keterampilan. Di tingkat kompetitif, khususnya dalam ranah professional, kemenangan sebuah tim tidak hanya bergantung pada kemampuan individu, tetapi juga pada bagaimana seluruh komponen tim bekerja dalam satu kesatuan strategi yang terkoordinasi. Menurut [1], berdasarkan pendefinisian strategi sebagai sebuah taktik, strategi dapat dilihat sebagai manuver yang dirancang untuk mengungguli atau mengecoh pesaing. Dalam konteks sepak bola, stratgi tidak hanya menjadi panduan taktis di lapangan, tetapi juga mencerminkan cara berpikir yang terstruktur untuk mengatur posisi, pergerakan, hingga pengambilan keputusan. Oleh karena itu, memahami strategi secara sistematis, bukan hanya berdasarkan intuisi atau pengalaman lapangan, merupakan kunci untuk membedah permainan modern secara lebih mendalam dan ilmiah.

Salah satu bentuk konkret dari penerapan strategi terstruktur dalam sepak bola modern adalah gaya permainan *tiki-taka*. *Tiki-taka* adalah gaya bermain sepak bola yang menekankan penguasaan bola melalui umpan-umpan pendek, pergerakan cepat antar pemain, serta dominasi posisi di lapangan. Strategi ini dipopulerkan oleh pelatih Pep Guardiola ketika menangani FC Barcelona pada periode 2008 hingga 2012. Di bawah arahannya, tim tersebut tampil dominan secara global dan menampilkan permainan yang indah sekaligus efektif. Pada musim puncaknya yang terjadi pada 2008-2009, tim ini mencatat prestasi historis dengan menjadi tim pertama yang meraih *sextuple*, yakni memenangkan enam trofi resmi dalam satu tahun. Enam trofi tersebut adalah La Liga, Copa del Rey, Liga Champions UEFA, Piala Super Spanyol, Piala Super UEFA, dan Piala Dunia Antarklub FIFA. Menurut [2], pola umpan FC Barcelona memperlihatkan struktur jaringan yang khas secara matematis, menunjukkan bagaimana elemen strategi permainan mereka dapat dianalisis menggunakan teori graf.

Seiring meningkatnya kompleksitas permainan dan berkembangnya teknologi, muncul kebutuhan untuk menganalisis strategi secara lebih formal dan matematis. Strategi seperti *tiki-taka* menuntut metode analisis yang mampu menggambarkan keterhubungan antar elemen permainan. Dalam konteks ini, teori graf dan kombinatorika muncul sebagai alat yang tepat untuk merepresentasikan hubungan antar pemain, pola distribusi bola, dan kemungkinan jalur umpan dalam satu sistem terstruktur.

Penelitian ini memanfaatkan data dari FC Barcelona dalam musim 2011/2012 sebagai dasar kajian [5]. Melalui data tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi representasi struktur strategi permainan menggunakan teori graf berbobot berarah dan kombinatorika, Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih objektif mengenai bagaimana strategi dalam sepak bola bekerja secara matematis.

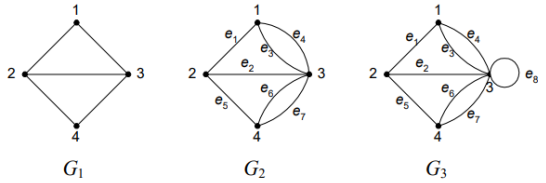
II. DASAR TEORI

A. *Graf*

Graf adalah cabang ilmu matematika yang mempelajari hubungan antara objek-objek. Graf terdiri atas himpunan sisi dan titik (simpul) yang banyaknya berhingga-hingga dan sisi-sisinya menghubungkan sebagian atau keseluruhan pasangan dari titik-titiknya. Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut agar mudah dimengerti. Objek dinyatakan sebagai titik dan sisi dinyatakan sebagai hubungan antara objek [4].

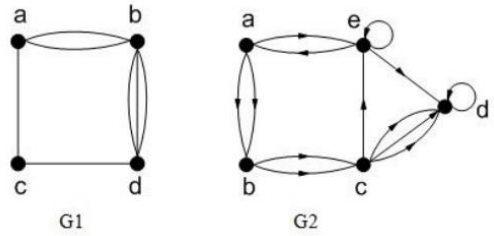
Graf dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori atau jenis, tergantung pada sudut pandang pengelompokkannya. Pengelompokkan graf dapat dipandang berdasarkan ada tidaknya sisi ganda atau sisi gelang dan berdasarkan orientasi arah pada sisi [3].

Berdasarkan ada tidaknya sisi ganda atau sisi gelang, graf dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu graf sederhana dan graf tak-sederhana. Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung sisi gelang maupun sisi ganda. Sementara, graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda (graf ganda) atau gelang (graf semu).



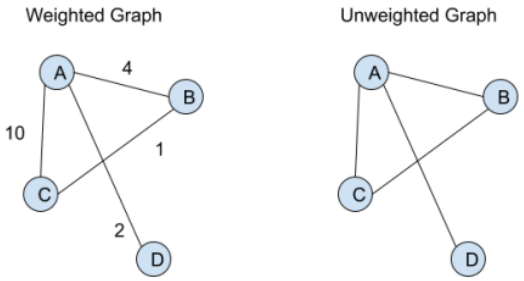
Gambar 1. (G1) Graf sederhana, (G2) Graf ganda, (G3) Graf semu (Sumber : [3])

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu graf tak-berarah yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah dan graf berarah yang setiap sisinya diberikan orientasi arah.



Gambar 2. (G1) Graf tak-berarah, (G2) Graf berarah (Sumber : [3])

Pada penelitian ini, pemain direpresentasikan sebagai simpul dan operan yang dilakukan antarpemain sebagai sisinya. Graf yang digunakan pada penelitian ini adalah graf berarah dan graf berbobot. Graf berbobot adalah graf yang memiliki nilai pada setiap sisinya. Graf berbobot cocok digunakan dalam penelitian ini karena dapat menggambarkan hubungan (*passing)* antarpemain dengan lebih jelas.



Gambar 3. Graf berbobot dan Graf tak-berbobot (Sumber : [3])

B. *Kombinatorika*

Kombinatorika adalah cabang ilmu matematika yang mempelajari cara menyusun dan memilih objek-objek dalam suatu himpunan berdasarkan aturan tertentu. Dalam kombinatorika, terdapat dua aturan dasar utama yang sering digunakan, yaitu permutasi(permutation) dan kombinasi(combination). Permutasi adalah susunan atau pengaturan dari sejumlah objek dengan memperhatikan urutan sementara kombinasi tidak memperhatikan urutan.

$$P(n,r) = n(n-1)(n-2)...(n-(r-1)) = \frac{n!}{(n-r)!}$$

$$\frac{n(n-1)(n-2)...(n-(r-1))}{r!} = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C(n,r)$$

Gambar 4. Rumus Permutasi dan Kombinasi

Dalam penelitian ini, kombinatorika digunakan untuk menentukan berapa banyak kemungkinan hubungan passing antar pemain FC Barcelona. Dengan 10 pemain yang dianalisis (tidak termasuk kiper), kombinatorika membantu menentukan jumlah maksimum pasangan operan yang dapat terbentuk.

C. *Statistik dan Posisi Sepak Bola*

Dalam konteks sepak bola, statistik adalah data numerik yang menggambarkan kejadian-kejadian dalam pertandingan. Data numerik ini kemudian digunakan untuk mengevaluasi performa pemain dan tim secara objektif. Beberapa indikator data yang digunakan dalam penelitian antara lain jumlah assist, jumlah gol, dan menit bermain. Selanjutnya, statistik ini digunakan untuk memperkirakan seberapa besar kontribusi pemain terhadap distribusi bola dan pembangunan serangan.

Selain statistik individu, ada juga posisi pemain yang merujuk pada peran yang dijalankan masing-masing individu di atas lapangan. Dalam penelitian ini, posisi pemain dibagi menjadi empat kategori utama : pemain bertahan (DF), pemain tengah (*defensive midfielder* (DM) dan *central midfielder* (CM)), dan pemain tengah (FW).

D. *Pendekatan Heuristik*

Pendekatan heuristik (*heuristic-based approach)* adalah suatu metode pemecahan masalah yang menggunakan aturan-aturan praktis, estimasi, atau penilaian intuitif untuk memperoleh solusi yang cukup baik. Dalam penelitian, pendekatan ini digunakan karena keterbasan data yang tersedia. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk membangun aturan-aturan penelitian berdasarkan pemahaman kontekstual terhadap strategi *tiki-taka.*

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk memodelkan strategi permainan sepak bola, khususnya gaya *tiki-taka* FC Barcelona dalam bentuk graf berarah berbobot dan terdapat penggunaan kombinatorika. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari statistik umum pemain FC Barcelona musim 2011/2012 [5]. Dikarenakan tidak ada data operan antar pemain secara detail, maka penulis menggunakan perhitungan bobot total berdasarkan kombinasi produktivitas pemain (gol dan assist per 90 menit) dan posisi operan antar pemain sesuai dengan karakteristik strategi *tiki-taka.*

Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini meliputi identifikasi pemain inti berdasarkan posisi yang sudah diklasifikasi (kiper tidak termasuk), pembobotan *passing* antarposisi, pembobotan kombinasi kontribusi per pemain, perhitungan bobot total. Setelah itu, hasil perhitungan bobot total akan dijadikan sebagai edge (sisi) dalam graf berarah berbobot, di mana simpul merepresentasikan sepuluh pemain berbeda dan arah dari sisi merepresentasikan urutan operan dari pemain pengumpan ke pemain penerima. Misalnya, jika sisi mengarah dari A ke B, maka itu menunjukkan bahwa A memberikan operan ke B. Bobot pada setiap sisi merepresentasikan efektivitas atau dampak operan pemain. Semakin besar bobot pada sisi graf, semakin besar pula kontribusi aliran bola tersebut terhadap penciptaan peluang berbahaya atau gol.

Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa FC Barcelona bermain dengan menggunakan formasi 4-3-3 dan setiap pemain memegang peranan (posisi) tunggal. Formasi ini terdiri dari empat pemain bertahan, tiga pemain tengah/gelandang, dan tiga penyerang. Untuk menjaga realisme strategi *tiki-taka*, hanya simpul (pemain) dengan posisi yang relevan secara taktis yang dapat saling terhubung. Sisi antarsimpul hanya dibentuk jika kontribusi operan pemain yang dihitung dengan bobot total melebihi ambang batas yang ditentukan. Penelitian ini berfokus penuh pada strategi *tiki-taka* dalam kondisi tim menyerang.

IV. ANALISIS

A. *Identifikasi Lineup Pemain Inti*

Menurut [5], total pemain FC Barcelona pada musim 2011/2012 adalah 31 pemain, termasuk kiper. Dalam penelitian ini, karena fokusnya pada distribusi operan dan strategi *tiki-taka*, maka dilakukan penyaringan awal dengan mengeluarkan dua kiper dari analisis. Sehingga, dari 29 pemain tersisa, pemilihan sepuluh pemain inti dilakukan untuk merepresentasikan simpul dalam graf.

Berdasarkan aturan kombinasi dalam kombinatorika, pemilihan 10 dari 29 pemain menghasilkan sebanyak C(29,10) atau 20.030.010 kombinasi susunan pemain inti yang dapat dibentuk tanpa memperhatikan urutan. Namun, dalam konteks sepak bola professional, kombinasi pemain tidak sebanyak itu karena peran pemain dibatasi oleh strategi dan formasi tim.

Dengan formasi 4-3-3, susunan pemain terdiri dari 4 pemain bertahan (DF), 1 gelandang bertahan (DM), 2 gelandang tengah (CM), dan 3 pemain depan (FW). Jumlah susunan pemain inti yang mungkin adalah C(12,4) x C(4,1) x C(6,2) x C(7,3) atau 1.039.500 kombinasi susunan pemain. Dari banyak kombinasi tersebut, akan dipilih 1 susunan pemain inti berdasarkan statistik menit bermain terbanyak. Pada posisi pemain bertahan (DF), pemain yang terpilih adalah Javier Mascherano, Dani Alves, Carles Puyol, dan Eric Abidal. Pada posisi gelandang bertahan (DM), pemain yang terpilih adalah Sergio Busquets. Pada posisi gelandang tengah (CM), pemain yang terpilih adalah Xavi dan Andres Iniesta. Terakhir, pada posisi penyerang (FW), pemain yang terpilih adalah Lionel Messi, Cesc Fabregas, dan Pedro.

Posisi	Nama Pemain	# Menit Bermain	Menit Bermain / 90 menit
DF	Eric Abidal	2256	25,07
DF	Javier Mascherano	3637	40,41
DF	Carles Puyol	2655	29,5
DF	Dani Alves	3528	39,2
DM	Sergio Busquets	3309	36,77
CM	Xavi	2871	31,9
CM	Andres Iniesta	2425	26,94
FW	Pedro	2119	23,54
FW	Lionel Messi	4260	47,33
FW	Cesc Fabregas	2593	28,81

Posisi	Nama Pemain	# Total Goal	# Total Assist	Goal / match	Assist / 90 menit
DF	Eric Abidal	0	1	0	0,04
DF	Javier Mascherano	0	0	0	0
DF	Carles Puyol	3	0	0,1	0
DF	Dani Alves	2	12	0,05	0,31
DM	Sergio Busquets	2	1	0,05	0,03
CM	Xavi	11	7	0,34	0,22
CM	Andres Iniesta	5	10	0,19	0,37
FW	Pedro	9	3	0,38	0,13
FW	Lionel Messi	64	21	1,35	0,44
FW	Cesc Fabregas	10	10	0,35	0,35

Tabel 1. Statistik Individu Pemain FC Barcelona pada Musim 2011/2012.

B. *Perhitungan Bobot sebagai Sisi*

Bobot dihitung berdasarkan kombinasi antara posisi pemain dan kontribusi statistik individu, yaitu rasio goal per match dan rasio assist per match. Untuk membuat tabel pembobotan antarposisi berdasarkan peluang gol, peneliti mempertimbangkan karakteristik dari strategi permainan *tiki-taka*,yaitu umpan-umpan pendek dan presisi antarpemain.

Prinsip pembobotan passing antarposisi:

1. Peluang gol : Bobot merepresentasikan seberapa besar peluang terciptanya gol dari interaksi antarpemain. 0 berarti tidak ada peluang gol dan 1 berarti peluang gol maksimal.

2. Interaksi antarposisi dalam *tiki-taka*

Dari / Ke	DF	DM	CM	FW
DF	0.05	0.35	0.25	0.1
DM	0.1	0	0.5	0.35
CM	0.05	0.25	0.4	0.7
FW	0.05	0.15	0.45	0.6

Tabel 2. Bobot Passing Antarposisi

a) Defender (DF) -> Posisi Lain

Peran dan karakteristik defender dalam *tiki-taka* meliputi memulai *build-up* dari belakang, jarang terlibat langsung dalam kreasi gol, dan umpan pendek ke DM/CM lebih dominan daripada umpan panjang langsung ke FW.

- DF -> DF (0.05)

Umpan balik antar-*defender* hanya dilakukan untuk mempertahankan kepemilikan bola saat tekanan tinggi.

- DF -> DM (0.35)

Umpan dilakukan dari *defender* ke satu-satunya DM (Sergio Busquets) untuk memulai *build-up* yang berujung pada kontribusi dalam kreasi gol.

- DF -> CM (0.25)

Umpan jarang dilakukan langsung ke Xavi/Iniesta, tetapi masih mungkin dilakukan dalam transisi cepat

- DF -> FW (0.1)

Umpan panjang sangat minim karena bertentangan dengan prinsip umpan pendek *tiki-taka*.

b) Defensive Midfielder (DM) -> Posisi Lain

Satu-satunya *defensive midfielder* dalam *line-up*, Sergio Busquets, berperan untuk memastikan *ball circulation* lancarl dari belakang, menjaga keseimbangan tim, dan mengalirkan bola ke CM atau umpan terobosan ke FW.

- DM -> DF (0.1)

Sergio Busquets mengembalikan bola ke DF hanya jika tidak ada opsi maju.

- DM -> DM (0)

Nilai 0 karena tidak ada pemain DM lain. Busquets tidak mungkin mengoper ke dirinya sendiri.

- DM -> CM (0.5)

Interaksi antara posisi DM dan CM merupakan interaksi yang krusial dalam *tiki-taka* sebab Xavi/Iniesta adalah inti penguasaan bola.

- DM -> FW (0.35)

Umpan terobosan ke FW yang dapat berpeluang untuk menciptakan goal.

c) Central Midfielder (CM) -> Posisi Lain

Xavi dan Andres Iniesta sebagai *playmaker* berperan dalam mengontrol tempo dengan umpan-umpan pendek yang membentuk segitiga satu sama lain dan dengan posisi lain.

- CM -> DF (0.05)

Operan jarang terjadi kecuali dalam kondisi dipress musuh.

- CM -> DM (0.25)

Gelandang tengah melakukan umpan balik ke Busquets untuk mengatur ulang serangan.

- CM -> FW (0.7)

Senjata utama *tiki-taka*

d) Forward (FW) -> Posisi Lain

Pemain penyerang melakukan kombinasi cepat dengan penyerang lain atau melakukan umpan balik ke CM.

- FW -> DF (0.05)

Situasi ini hanya terjadi saat kondisi ekstrem (*high press)* atau clearance.

- FW -> DM (0.15)

FW dapat “turun” atau mundur ke belakang (Lionel Messi biasanya) dan mengoper ke DM.

- FW -> CM (0.45)

Kolaborasi FW dengan CM di lini tengah.

- FW -> FW

Kombinasi serangan antar-FW.

3. Perhitungan Bobot Total

Perhitungan bobot total setiap sisi menggabungan dua aspek yakni kontribusi individu pemain dan interaksi antarposisi. Kontribusi individu dihitung dari dari statistik rasio assist per game pemain pengumpan (A) dan statistik rasio goal per game pemain penerima umpan (B). Sementara bobot taktis antarposisi mencerminkan strategi *tiki-taka*. Untuk memastikan konektivitas penuh dalam graf, peneliti menerapkan nilai minimum ($\varepsilon = 0{,}1$). Dengan ini, model tidak hanya mengakui dominasi pemain kunci, tetapi juga menjaga integritas graf sebagai representasi tim secara keseluruhan. Berikut rumus untuk bobot setiap sisi:

$$W_{a->b} = \text{FaktorPosisi}_{a->b} \times (((\text{Assist}/90_a + \text{Goal}/90_b) / \text{AvgTim}) + \varepsilon)$$

Keterangan:
- Wa->b = Bobot operan dari pemain a ke pemain b.
- FaktorPosisi a->b = Nilai interaksi antara posisi a dengan b.
- Assist/90a = Rasio assist per game pemain a.
- Goal/90b = Rasio goal per game pemain b.
- AvgTim = Rata-rata rasio goal + rasio assist per game.
- ε = Epsilon yang berfungsi sebagai batas bawah.

4. Representasi Graf

Gambar 5. (Representasi Strategi *Tiki-Taka* dalam graf berarah berbobot)

Note : Jika gambar kurang jelas, gambar dapat diakses pada ….

a) Simpul dalam Graf

Setiap simpul dalam graf ini merepresentasikan pemain FC Barcelona pada musim 2011/2012. Ada sepuluh simpul dalam graf ini yang mencerminkan setiap pemain inti dalam *line-up*. Himpunan sisi dalam graf = {Eric Abidal, Carles Puyol, Javier Mascherano, Dani Alves, Xavi, Sergio Busquets, Andres Iniesta, Pedro, Lionel Messi, Cesc Fabregas}

b) Pembentukan Sisi (Edge)

Sisi dibuat berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain kontribusi atau statistik individu masing-masing pemain, nilai yang sudah diberikan pada interaksi antarposisi yang berbeda, filter realisme, dan *threshold* dinamis.

Filter realisme berfungsi agar graf semakin merepresentasikan strategi *tiki-taka*. Jika diasumsikan bahwa setiap simpul terhubung ke sembilan simpul lainnya, ada 90 sisi yang terbentuk. Namun, agar graf semakin realistis, sisi dengan bobot rendah (<0.1) atau tidak realistis secara taktis sengaja dihilangkan karena adanya ketidakrelevanan taktik. Contoh, umpan panjang langsung dari DF ke FW hampir tidak pernah terjadi dalam skema *tiki-taka*.

Penentuan *threshold* menggunakan pendekatan multi-level yang responsif terhadap karakteristik setiap posisi. Untuk umpan kritis, *threshold* ditetapkan 0.3 karena 0.3 adalah nilai Q3 dari seluruh bobot sisi. Sementara untuk umpan pendukung seperti DM -> CM atau *overlapping* DF (biasanya Dani Alves), *threshold* diturunkan menjadi 0.1. *Threshold* yang dibuat ini juga secara dinamis menyesuaikan berdasarkan kondisi *real-life* permainan sepak bola.

Berdasarkan semua pertimbangan di atas dan dengan menggunakan bahasa pemrograman python, 90 sisi di awal tersaring menjadi 36 sisi yang menghubungkan 10 simpul. Berikut rincian sisi yang ada pada graf.

From	From Position	To	To Position	Weight
Andres Iniesta	CM	Lionel Messi	FW	2.63
Xavi	CM	Lionel Messi	FW	2.41
Cesc Fabregas	FW	Lionel Messi	FW	2.23
Pedro	FW	Lionel Messi	FW	1.95
Andres Iniesta	CM	Pedro	FW	1.19
Andres Iniesta	CM	Cesc Fabregas	FW	1.14
Lionel Messi	FW	Pedro	FW	1.11
Lionel Messi	FW	Cesc Fabregas	FW	1.07
Sergio Busquets	DM	Lionel Messi	FW	1.06
Cesc Fabregas	FW	Pedro	FW	0.99
Xavi	CM	Pedro	FW	0.96
Xavi	CM	Cesc Fabregas	FW	0.92
Lionel Messi	FW	Xavi	CM	0.79
Cesc Fabregas	FW	Xavi	CM	0.71
Pedro	FW	Cesc Fabregas	FW	0.67
Lionel Messi	FW	Andres Iniesta	CM	0.65
Andres Iniesta	CM	Xavi	CM	0.64
Cesc Fabregas	FW	Andres Iniesta	CM	0.56
Pedro	FW	Xavi	CM	0.5
Sergio Busquets	DM	Xavi	CM	0.44
Xavi	CM	Andres Iniesta	CM	0.39
Dani Alves	DF	Xavi	CM	0.37
Dani Alves	DF	Lionel Messi	FW	0.36
Pedro	FW	Andres Iniesta	CM	0.35
Sergio Busquets	DM	Pedro	FW	0.34
Sergio Busquets	DM	Cesc Fabregas	FW	0.32
Dani Alves	DF	Sergio Busquets	DM	0.3
Dani Alves	DF	Andres Iniesta	CM	0.29
Sergio Busquets	DM	Andres Iniesta	CM	0.28
Eric Abidal	DF	Xavi	CM	0.23
Javier Mascherano	DF	Xavi	CM	0.21
Carles Puyol	DF	Xavi	CM	0.21
Eric Abidal	DF	Andres Iniesta	CM	0.15
Carles Puyol	DF	Andres Iniesta	CM	0.13
Javier Mascherano	DF	Andres Iniesta	CM	0.13
Eric Abidal	DF	Sergio Busquets	DM	0.1

Gambar 6. Daftar Semua Sisi pada Graf

Berikut rincian terkait derajat out dan derajat in pada graf.

```
Key Player Connection Counts:
==============================

 Degree Out :
+------------------+--------------------+
|      Player      |   Connection Count |
+==================+====================+
|  Sergio Busquets |                  5 |
+------------------+--------------------+
|  Andres Iniesta  |                  4 |
+------------------+--------------------+
|       Xavi       |                  4 |
+------------------+--------------------+
|   Cesc Fabregas  |                  4 |
+------------------+--------------------+
|       Pedro      |                  4 |
+------------------+--------------------+
|   Lionel Messi   |                  4 |
+------------------+--------------------+
|    Dani Alves    |                  4 |
+------------------+--------------------+
|    Eric Abidal   |                  3 |
+------------------+--------------------+
| Javier Mascherano |                 2 |
+------------------+--------------------+
|   Carles Puyol   |                  2 |
+------------------+--------------------+
```

Gambar 7. Daftar Derajat Keluar pada Tiap Pemain

```
 Degree In :
+------------------+--------------------+
|      Player      |   Connection Count |
+==================+====================+
| Andres Iniesta   |                  9 |
+------------------+--------------------+
|       Xavi       |                  9 |
+------------------+--------------------+
|  Lionel Messi    |                  6 |
+------------------+--------------------+
|       Pedro      |                  5 |
+------------------+--------------------+
|  Cesc Fabregas   |                  5 |
+------------------+--------------------+
| Sergio Busquets  |                  2 |
+------------------+--------------------+
```

Gambar 8. Daftar Derajat Masuk pada Tiap Pemain

Pemain dengan derajat keluar tinggi seperti Busquets (5), Iniesta (4), Xavi(4) menunjukkan peran utama gelandang sebagai pembangun serangan, semua FW juga memiliki derajat keluar sebanyak 4 (Pedro, Lionel Messi, Cesc Fabregas) yang menandakan bahwa mereka aktif dalam membangun serangan. Sementara, pemain dengan degree keluar rendah seperti Carles Puyol(2) dan Javier Mascherano (2) menandakan bahwa mereka kurang terlibat dalam fase *build-up*, fokus pada distribusi pendek ke DM/CM.

Pemain dengan derajat masuk tinggi seperti Andres Iniesta (9) dan Xavi (9) artinya mereka adalah penghubung utama tim FC Barcelona. Tim bergantung pada mereka untuk sirkulasi bola.

c) Marking Pemain

Dalam graf berarah berbobot yang telah dibangun, diasumsikan bahwa penjagaan *defender* (DF) musuh diabaikan. Jika seorang pemain di-*mark* oleh pemain musuh, secara logika, bobot passing seharusnya berkurang. Sehingga, pemain akan mengoper ke alternatif lain. Berikut rumus modifikasi bobot operan.

$$W_{new} = W_{a->b} \times (1 - \text{koefien_marking}. I)$$

Keterangan:
- W_{new} = Bobot operan dengan adanya penjagaan musuh.
- koefisien_marking = 0.7
- I = 1 jika target operan sedang di-*marking,* 0 jika tidak

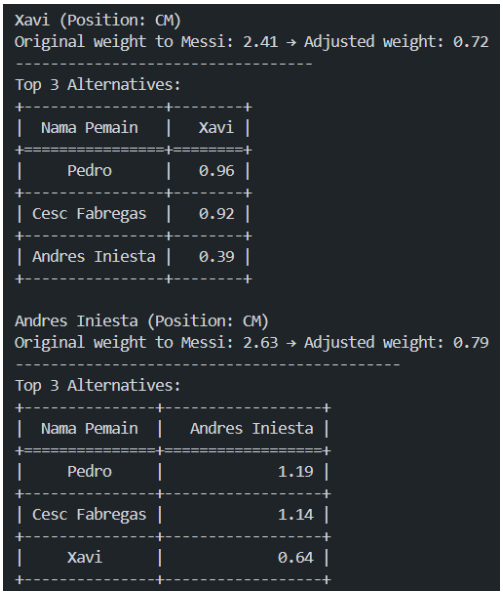
Dalam penelitian ini, diasumsikan Lionel Messi sedang di-*mark* musuh karena dia adalah *key-player* dari FC Barcelona. Berikut adalah rincian yang terjadi.

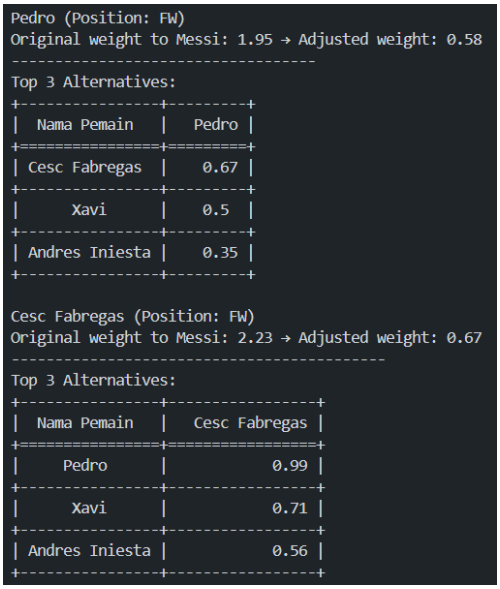
```
Adjusted Pass Weights to Messi (After Marking):
================================================
+------------------+----------------+
|    Nama Pemain   |   Lionel Messi |
+==================+================+
|  Andres Iniesta  |          0.789 |
+------------------+----------------+
|       Xavi       |          0.723 |
+------------------+----------------+
|   Cesc Fabregas  |          0.669 |
+------------------+----------------+
|       Pedro      |          0.585 |
+------------------+----------------+
|  Sergio Busquets |          0.318 |
+------------------+----------------+
|    Dani Alves    |          0.108 |
+------------------+----------------+
|    Eric Abidal   |          0.093 |
+------------------+----------------+
| Javier Mascherano |          0.09  |
+------------------+----------------+
|   Carles Puyol   |          0.09  |
```

Gambar 9. Daftar Bobot Operan ke Messi Setelah *Marking*

```
Dani Alves (Position: DF)
Original weight to Messi: 0.36 → Adjusted weight: 0.11
------------------------------------------
Top 3 Alternatives:
+---------------+-------------+
|  Nama Pemain  |  Dani Alves |
+===============+=============+
|      Xavi     |        0.37 |
+---------------+-------------+
| Sergio Busquets |       0.3  |
+---------------+-------------+
| Andres Iniesta |        0.29 |
+---------------+-------------+

Sergio Busquets (Position: DM)
Original weight to Messi: 1.06 → Adjusted weight: 0.32
-----------------------------------------------
Top 3 Alternatives:
+--------------+------------------+
| Nama Pemain  |  Sergio Busquets |
+==============+==================+
|     Xavi     |             0.44 |
+--------------+------------------+
|     Pedro    |             0.34 |
+--------------+------------------+
| Cesc Fabregas |            0.32 |
+--------------+------------------+
```





Gambar 10. Alternatif Opsi Passing

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menggunakan kombinatorika untuk memilih satu susunan pemain inti dari jutaan kemungkinan susunan dan juga berhasil memodelkan jaringan operan *tiki-taka* FC Barcelona pada musim 2011/2012 menggunakan graf berarah berbobot. Kelebihan utama penelitian ini terletak pada pendekatan heuristik yang memadukan data kuantitatif (statistik individu) sehingga menghasilkan graf yang secara intuitif menggambarkan aliran permainan. Implementasi *threshold* atau ambang batas juga berhasil menyeimbangkan antara realisme dan simplifikasi. Namun, terdapat beberapa kelemahan krusial, yakni kurang mempertimbangkan pergerakan tanpa bola yang penting dalam *tiki-taka*, mengabaikan pengaruh tekanan lawan secara keseluruhan (bukan *marking* pemain) terhadap keputusan operan, dan hanya menggunakan data satu musim secara langsung tanpa menggunakan analisis data per *match* yang bisa menunjukkan variasi taktik. Jika ada yang ingin melanjutkan penelitian, perlu dilakukan penambahan variabel seperti menit permainan atau skor, pergerakan pemain, kualitas tim yang dilawan,dsb. Hal ini dilakukan agar data semakin akurat.

LAMPIRAN

Link video Youtube :

https://youtu.be/QQIhueX8wBw?si=DbY-g5AARc1Lwynt

Link Github (Program dan CSV) :

https://github.com/le1n-gif/Tugas-Makalah-Matematika-Diskrit-IF1220

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang oleh karena karunianya, penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pak Arrival Dwi Sentosa, S.Kom., M.T. selaku dosen pengajar Matematika Diskrit (IF1220) atas pemberian ilmu sebagai dasar dari makalah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan makalah ini.

REFERENSI

[1] Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (1998). *Strategy Safari : A Guided Tour Through the Wilds of Strategic Management. New York : Free Press.* Diakses pada 17 Juni 2025 dari: https://www.academia.edu/1817962/Strategy_safari_A_guided_tour_through_the_wilds_of_strategic_management

[2] Buldu, J. M., Busquets, J., Echegoyen, I., & Seirullo, F. (2019). *Defining a Historic Football Team : Using Network Science to analyze Guardiola's F.C. Barcelona.* Scientific Reports, 9(1), 1-8. Diakses pada 19 Juni 2025 dari: https://arxiv.org/abs/1909.08903

[3] Munir, R. (2024), *IF1220 Matematika Diskrit – Semester II Tahun 2024/2025*. Informatika. Diakses pada 17 Juni 2025, dari:https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025-2/matdis24-25-2.htm

[4] UIN Sultan Syarif Kasim Riau. (n.d.). *BAB II: Landasan Teori.* Repository UIN Suska Riau. Diakses 17 Juni 2025 dari: https://repository.uin-suska.ac.id/3559/3/Bab%20II.pdf

[5] FBref. (n.d.). *2011-2012 Barcelona Stats*. Diakses pada 18 Juni 2025 dari https://fbref.com/en/squads/206d90db/2011-2012/Barcelona-Stats

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, 1 Juni 2025

Daniel Anindito Nugroho - 13524002

\