

Aplikasi Metode Proses Hirarki Analitik dan Pemrograman Integer 0-1 Dalam Menentukan Komposisi Pemain Sepak Bola pada Football Manager 2019

Christopher Aryo Pambudi¹, Benny Yong^{2*}, Taufik Limansyah³

^{1,2,3}Universitas Katolik Parahyangan, Jalan Ciumbuleuit 94 Bandung 40141

^{1,2,3}Program Studi Matematika UNPAR Bandung Indonesia

*e-mail: benny_y@unpar.ac.id

Diajukan: 6 Mei 2021, Diperbaiki: 8 Nopember 2021, Diterima: 11 Januari 2022

Abstrak

Sepak bola telah menjadi olahraga kegemaran masyarakat dunia. Setiap pendukung tim sepak bola pasti ingin timnya memperoleh juara di kompetisi yang diikutinya. Formasi, strategi, dan komposisi kesebelasan merupakan faktor yang mempengaruhi kemenangan tim dalam suatu pertandingan. Ketiga faktor tersebut merupakan tanggungjawab seorang pelatih sepak bola dalam meracik kesebelasannya untuk meraih kemenangan. Artikel ini akan membahas aplikasi metode Proses Hirarki Analitik (PHA) dan Pemrograman Integer 0-1 (PI 0-1) untuk membantu pelatih sepak bola dalam menyusun komposisi pemain sepak bola pada suatu pertandingan. Metode PHA digunakan pada kasus ini untuk menghitung bobot prioritas dari setiap kriteria pemain sepak bola sedangkan PI 0-1 digunakan untuk mendapatkan sebelas pemain yang akan diturunkan pada suatu pertandingan. Hasil dari kedua metode tersebut disimulasikan dalam permainan *Football Manager 2019* dengan menggunakan kesebelasan Manchester United pada Liga Primer Inggris. Hasil simulasi yang dilakukan selama dua musim pertandingan menunjukkan Manchester United mampu menduduki peringkat yang cukup stabil pada akhir klasemen Liga Primer Inggris selama dua musim.

Kata Kunci: komposisi pemain sepak bola, metode proses hirarki analitik, pemrograman integer 0-1, *football manager 2019*.

Abstract

*Football has become a favorite sport of the world community. Every supporter of a football team would want their team to win the competition they participated in. Formation, strategy, and composition of teams are factors that influence the team's victory in a match. These three factors are the responsibility of a football coach in concocting his team in winning. This paper will discuss the application of the Analytical Hierarchy Process and the Integer 0-1 Program to assist football coaches in composing the composition of football players in a match. The AHP is used in this case to calculate the priority weights of each soccer player criteria while the Integer 0-1 Program is used to get eleven players to be deployed in a match. The results of both methods are simulated using the game *Football Manager 2019* with team Manchester United in the English Premier League. Based on simulations conducted during the two season matches, Manchester United was able to finish in a fairly stable ranking in the English Premier League standings for two seasons.*

Keywords: *composition of football players, analytical hierarchy process method, integer 0-1 program, football manager 2019.*

1 Pendahuluan

Sepak bola merupakan olahraga yang paling banyak digemari masyarakat dunia [1]. Dengan besarnya industri sepak bola yang ada, banyak pihak yang ikut terlibat dalam suatu kompetisi sepak bola. Industri sepak bola terbesar berada di benua Eropa khususnya di negara Inggris dengan kompetisi paling kompetitif yaitu Liga Primer Inggris. Dua puluh kesebelasan dari berbagai kota di Inggris berjuang untuk mendapatkan gelar bergengsi tersebut. Antar kesebelasan berlomba-lomba meraih kemenangan dari setiap pekannya. Kemenangan sebuah klub sepak bola pada suatu pertandingan terdiri dari tiga faktor yaitu formasi, strategi, dan komposisi kesebelasan [2]. Ketiga faktor tersebut merupakan tanggungjawab seorang pelatih sepak bola. Pada prakteknya banyak pelatih sepak bola yang masih menggunakan intuisi dalam menilai kemampuan yang dimiliki oleh seorang pemain untuk menentukan kesebelasan terbaik dalam satu timnya.

Ada beberapa metode yang pernah digunakan untuk melakukan seleksi anggota yang akan masuk dalam sebuah tim. Merigo dan Gil-Lafuente (2011) menggunakan metode rata-rata terurut berbobot untuk memilih pemain sepakbola dalam sebuah tim pada musim transfer. Tavana et al. (2013) menggunakan sistem inferensi fuzzy untuk menentukan pemain dan formasi tim dalam sepakbola. Ahmed et al. (2013) menggunakan metode algoritma genetik sebagai pendekatan dalam pengambilan keputusan untuk olahraga kriket. Sarda et al. (2015) juga menggunakan metode algoritma genetik untuk mencari solusi optimal pada permasalahan seleksi tim dan formasi dalam olahraga sepak bola.

Artikel ini akan membahas penentuan komposisi pemain sepak bola dengan menggunakan metode Proses Hirarki Analitik dan metode Pemrograman Integer 0-1. Masing-masing metode ini dilakukan untuk mengukur bobot dari kriteria yang dibutuhkan seorang pemain sepak bola di setiap posisinya dan untuk menentukan kesebelasan yang paling optimal dari sebuah klub dengan melihat batasan-batasan dari usia pemain, gaji pemain per minggu, kemampuan tendangan penalti pemain, kemampuan tendangan bebas pemain, dan jumlah pemain asing dalam suatu kesebelasan. Dengan kedua metode ini, seorang pelatih sepak bola dapat menentukan komposisi pemain terbaiknya untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari setiap pertandingan yang akan dihadapi.

Sistematika penulisan dari artikel ini adalah sebagai berikut. Bagian dua akan menjelaskan metode Proses Hirarki Analitik beserta langkah dan prosedur dalam metode tersebut. Bagian ketiga akan menyajikan aplikasi metode Proses Hirarki Analitik dan metode Pemrograman Integer 0-1 untuk menentukan komposisi pemain sepak bola dari sebuah tim. Pada bagian ini

juga akan dilakukan simulasi dengan menggunakan salah satu klub Liga Primer Inggris pada permainan *Football Manager 2019*. Penulisan artikel ini diakhiri dengan bagian kesimpulan.

2 Proses Hirarki Analitik

Metode Proses Hirarki Analitik (PHA) merupakan suatu metode pengambilan keputusan yang digunakan secara efektif dalam situasi yang kompleks dimana data numerik dan data statistik lainnya sangat minim untuk diperoleh atau mungkin tidak diperoleh. Komponen utama metode PHA diperoleh dengan input utama persepsi manusia [7].

Langkah dan prosedur dalam metode PHA antara lain:

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi awal yang diinginkan,
2. Buat struktur hirarki yang dimulai dengan tujuan umum, diikuti oleh kriteria, sub-kriteria, dan alternatif pilihan untuk diberikan peringkat hirarki,
3. Bentuk matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi atau pengaruh dari masing-masing elemen terhadap setiap tujuan atau kriteria. Perbandingan berpasangan dilakukan berdasarkan penilaian dari pembuat keputusan dengan menilai tingkat kepentingan elemen satu dengan elemen lainnya,
4. Normalisasi matriks perbandingan berpasangan dengan membagi nilai dari setiap elemen pada matriks perbandingan berpasangan dengan jumlah nilai dari setiap kolomnya,
5. Hitung nilai eigen dan vektor eigen,
6. Uji kekonsistenan hirarki. Jika nilai *Consistency Ratio* lebih dari 0,1, maka perbandingan berpasangan harus diulang,
7. Ulangi langkah 3, 4, 5, dan 6 untuk setiap level hirarki.

2.1 Penyusunan Prioritas

Langkah pertama dalam menentukan susunan prioritas kriteria adalah dengan menyusun perbandingan berpasangan (*Pairwise Comparison*), yaitu dengan membandingkan seluruh elemen dalam bentuk berpasangan untuk setiap subsistem hirarki keputusan. Matriks $A_{n \times n}$ merupakan matriks resiprokal dan diasumsikan terdapat n^2 elemen sebagai berikut:

$$A = a_{ij}, \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n$$

dimana setiap baris pada matriks merupakan perbandingan berpasangan bobot dari setiap faktor A_1, A_2, \dots, A_n dan akan dicari bobot dari w_1, w_2, \dots, w_n terhadap tingkat hirarki di atasnya dimana faktor tersebut berada. Matriks A dapat dituliskan sebagai berikut:

	A_1	A_2	A_3	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}

Nilai atau angka yang digunakan untuk perbandingan berpasangan menggunakan skala perbandingan pada Tabel 1 [7].

Tabel 1. Skala Kepentingan Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen lainnya
7	Satu elemen jelas sangat penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak lebih penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
1/(2-9)	Kebalikan kepentingan dari 2-9

Untuk memperoleh vektor eigen dari matriks A , dapat dilakukan dengan menormalkan matriks A terlebih dahulu. Normalisasi matriks dapat dilakukan dengan membagi setiap entri dengan jumlah dari setiap kolom entri sebagai berikut [8]:

$$Z_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \text{ dimana } j = 1, 2, \dots, n$$

Persamaan Z_j menjumlahkan semua entri yang berada pada kolom ke- j sehingga terbentuk matriks ternormalisasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Normalisasi A

	A_1	A_2	A_3	...	A_n
A_1	A_{11}/Z_1	A_{12}/Z_2	A_{13}/Z_3	...	A_{1n}/Z_n
A_2	A_{21}/Z_1	A_{22}/Z_2	A_{23}/Z_3	...	A_{2n}/Z_n
A_3	A_{31}/Z_1	A_{32}/Z_2	A_{33}/Z_3	...	A_{3n}/Z_n

	A_1	A_2	A_3	...	A_n
...
A_n	A_{n1}/Z_1	A_{n1}/Z_2	A_{n3}/Z_3	...	A_{nn}/Z_n

Setelah melakukan normalisasi matriks, diperoleh vektor bobot prioritas dari vektor pembobotan yang dinotasikan sebagai vektor w dengan $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$. Nilai eigen atau bobot prioritas dari setiap kriteria dinotasikan sebagai w_i . Vektor pembobotan diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{Z_j}}{n}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Persamaan w_i menghitung rata-rata setiap baris elemen pada matriks normalisasi A sehingga diperoleh vektor pembobotan atau bobot prioritas dari kriteria.

2.2 Pengujian Konsistensi Matriks Perbandingan Berpasangan

Dalam menguji konsistensi pada matriks perbandingan berpasangan yang telah dilakukan, perlu dicari nilai dari λ_{maks} [8], maka dari itu dilakukan:

$$A \cdot w = \lambda \cdot w$$

sehingga terbentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} a_{11}w_1 + a_{12}w_2 + a_{13}w_3 + \dots + a_{1n}w_n \\ a_{21}w_1 + a_{22}w_2 + a_{23}w_3 + \dots + a_{2n}w_n \\ \vdots \\ a_{n1}w_1 + a_{n2}w_2 + a_{n3}w_3 + \dots + a_{nn}w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_1 \cdot w_1 \\ \lambda_2 \cdot w_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \cdot w_n \end{pmatrix}$$

Nilai λ_{maks} dapat diperoleh dengan menghitung rata-rata dari bobot prioritas dengan persamaan berikut:

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot \frac{w_j}{w_i}$$

Kesalahan kecil pada koefisien di matriks dapat berakibat pada penyimpangan yang kecil pula pada nilai eigen. Penyimpangan dari konsistensi dinyatakan dengan Indeks Konsistensi (*Consistency Index*) dengan persamaan:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$

Dengan menggunakan 500 sampel, jika penilaian intensitas kepentingan a_{ij} diambil secara acak dari 1/9 hingga 9, maka akan didapat rata-rata konsistensi dengan ukuran yang berbeda seperti pada Tabel 5 [9].

Tabel 3. Nilai *Random Index*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RI	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59	1,59	1,6	1,61	1,63	1,64

Persamaan untuk memperoleh *Consistency Ratio (CR)* adalah:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Apabila diperoleh *CR* kurang dari atau sama dengan 0,1 maka penilaian perbandingan berpasangan yang dilakukan sudah konsisten. Sedangkan sebaliknya, jika diperoleh *CR* lebih dari 0,1 maka penilaian perbandingan berpasangan yang dilakukan tidak konsisten dan perlu dilakukan pengulangan pada langkah perbandingan berpasangan.

3 Aplikasi Metode PHA dan Pemrograman Integer 0-1

Pada bagian ini, akan dilakukan aplikasi metode Proses Hirarki Analitik untuk menghitung bobot prioritas dari setiap kriteria posisi pemain sepak bola dan metode Pemrograman Integer 0-1 untuk menentukan kesebelasan pemain sepak bola dari sebuah klub. Simulasi akan dilakukan dengan menguji metode PHA dari klub Liga Primer Inggris pada permainan *Football Manager 2019* yaitu klub Manchester United. Posisi pemain sepak bola akan dibagi menjadi enam posisi besar seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi Pemain Sepak Bola

Keenam posisi pemain sepak bola yang didefinisikan di atas akan dituliskan dengan notasi dan indeks sebagai berikut [9]:

P = Himpunan dari keseluruhan pemain. Indeks j digunakan sebagai indeks untuk himpunan dari pemain sepak bola

G = Himpunan pemain posisi penjaga gawang, $G \subset P$

D = Himpunan pemain posisi bek tengah, $D \subset P$

B = Himpunan pemain posisi bek sayap, $B \subset P$

M = Himpunan pemain posisi gelandang tengah, $M \subset P$

W = Himpunan pemain posisi gelandang sayap, $W \subset P$

F = Himpunan pemain posisi penyerang, $F \subset P$

S = Himpunan pemain asing, $S \subset P$

R = Himpunan dari posisi dalam kesebelasan. Indeks i digunakan sebagai indeks untuk himpunan posisi pemain sepak bola

C = Himpunan dari kriteria pemain sepak bola. Indeks c digunakan sebagai indeks untuk himpunan kriteria

Setiap pemain sepak bola dalam suatu tim akan dituliskan dalam variabel x_{ji} yang merupakan variabel biner dengan j menyatakan nomor urut pemain dan i menyatakan posisi pemain. Variabel biner tersebut akan bernilai 1 jika pemain $j \in P$ ditugaskan ke posisi $i \in R$ dan bernilai 0 jika pemain $j \in P$ tidak ditugaskan ke posisi $i \in R$. Setiap posisi pemain sepak bola dinyatakan dengan $i = 1$ menyatakan posisi penjaga gawang, $i = 2$ menyatakan posisi bek tengah, $i = 3$ menyatakan posisi bek sayap, $i = 4$ menyatakan posisi gelandang tengah, $i = 5$ menyatakan posisi gelandang sayap, dan $i = 6$ menyatakan posisi penyerang. Keenam posisi tersebut memiliki kriteria yang berbeda-beda pada setiap posisinya. Tidak semua penjaga gawang membutuhkan keterampilan dalam berlari cepat, begitu pula penyerang, tidak semua penyerang membutuhkan keterampilan dalam melempar bola, maka dari itu akan ditentukan 20 kriteria dari setiap posisi pemain sepak bola seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Pemain Sepak Bola

Penjaga Gawang	Bek Sayap	Bek Tengah	Gelandang Tengah	Gelandang Sayap	Penyerang
kemampuan di udara	akselerasi	akselerasi	akselerasi	akselerasi	akselerasi
kelincahan	antisipasi	agresi	agresi	kelincahan	kelincahan
antisipasi	keseimbangan	kelincahan	antisipasi	antisipasi	antisipasi

Penjaga Gawang	Bek Sayap	Bek Tengah	Gelandang Tengah	Gelandang Sayap	Penyerang
keberanian	konsentrasi	antisipasi	keberanian	keseimbangan	keseimbangan
komando daerah	sepak pojok	keseimbangan	pengambilan keputusan	pengambilan keputusan	pengambilan keputusan
komunikasi	umpan	keberanian	ketenangan	umpan	ketenangan
ketenangan	kepandaian	ketenangan	determinasi	determinasi	determinasi
konsentrasi	menggiring	konsentrasi	menggiring	menggiring	menggiring
pengambilan keputusan	pengambilan keputusan	pengambilan keputusan	sentuhan pertama	penyelesaian	sentuhan pertama
keunikan	lemparan jauh	determinasi	kepandaian	kepandaian	penyelesaian
sentuhan pertama	menjaga lawan	sundulan	kepemimpinan	sentuhan pertama	kepandaian
penanganan	kebugaran	lompatan	tendangan jarak jauh	tendangan jarak jauh	sundulan
lompatan	pemanfaatan ruang	kepemimpinan	menjaga lawan	kebugaran	lompatan
mengatur posisi	kecepatan	menjaga lawan	pemanfaatan ruang	pemanfaatan ruang	tendangan jarak jauh
satu lawan satu	mengatur posisi	operan	mengatur posisi	kecepatan	pemanfaatan ruang
tendangan	stamina	mengatur posisi	operan	operan	kecepatan
refleks	tekel	stamina	stamina	stamina	operan
reaksi	kerjasama	kekuatan	kekuatan	kerjasama	stamina
tinjauan	teknik	tekel	kerjasama	teknik	teknik
lemparan	pekerja keras	kerjasama	teknik	pekerja keras	pekerja keras

3.1 Perbandingan Berpasangan Posisi Pemain Sepak Bola

Setelah menentukan kriteria dari tiap posisi pemain sepak bola, langkah PHA berikutnya adalah melakukan perbandingan berpasangan terhadap setiap kriteria. Pada langkah ini, suatu kriteria akan dibandingkan dengan kriteria lainnya sesuai dengan skala penilaian perbandingan berpasangan. Perbandingan berpasangan yang dilakukan dengan menggunakan matriks $n \times n$ dimana n merupakan jumlah kriteria yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Pada makalah ini, akan dibandingkan keduapuluh kriteria satu sama lain sehingga terbentuk matriks perbandingan berpasangan sebesar 20×20 [7]. Matriks perbandingan berpasangan dari setiap

posisi pemain sepak bola yang membandingkan setiap kriteria dari setiap posisinya dapat dilihat pada Tabel 5 hingga Tabel 10.

Tabel 5. Matriks Perbandingan Berpasangan Posisi Penjaga Gawang

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	Kriteria	
C1	1	3	1	1/2	5	1	2	1	4	1/3	1/4	1	4	1/5	1/4	1/3	1/3	2	1	1/2	C1	Reaksi
C2		1	1/2	1/5	1/5	1/3	1	1/5	2	1/7	1/8	1/2	2	1/5	1/5	1/6	1/8	1/2	1/3	1/6	C2	Tendangan
C3			1	1	3	1	1	2	3	1/5	1/3	1	4	1/4	1/3	1/4	1/5	1	1/3	1/4	C3	Satu lawan Satu
C4				1	3	1	1	4	5	1/2	1/5	1	5	1/5	1/4	1/4	1/3	1	1/4	1/5	C4	Komando Daerah
C5					1	1/3	1/5	4	6	1/6	1/7	1/3	4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/3	1/4	1/5	C5	Keunikan
C6						1	1/2	5	3	1/3	1/3	1	6	1/2	1/3	1/4	1/5	1	1/2	1/2	C6	Penanganan
C7							1	1	7	1/3	1/3	3	6	1	1/3	1/5	1/4	3	1	1	C7	Kemampuan di Udara
C8								1	3	1/7	1/7	1/3	2	1/5	1/9	1/8	1/7	1/3	1/5	1/5	C8	Komunikasi
C9									1	1/6	1/6	1/5	1/2	1/6	1/8	1/8	1/7	1/5	1/5	1/4	C9	Sentuhan Pertama
C10										1	1	2	4	1	1/2	1/2	1	2	2	2	C10	Refleks
C11											1	3	5	1	1/2	1/2	1	3	3	3	C11	Lemparan
C12												1	3	1/5	1/7	1/7	1/3	1	1	1	C12	Tinjauan
C13													1	1/6	1/7	1/7	1/8	1/3	1/3	1/2	C13	Keberanian
C14														1	2	1/2	1/2	3	2	3	C14	Pengambilan Keputusan
C15															1	1	1	6	4	4	C15	Konsentrasi
C16																1	1	4	3	2	C16	Antisipasi
C17																	1	4	3	2	C17	Mengatur Posisi
C18																		1	1/3	1/2	C18	Ketenangan
C19																			1	1	C19	Kelincahan
C20																				1	C20	Lompatan

Tabel 6. Matriks Perbandingan Berpasangan Posisi Bek Tengah

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	Kriteria	
C1	1	1/3	4	1/6	1/3	3	6	6	1/3	2	1/5	1/5	1/3	4	1	1/3	3	1	2	1/2	C1	Sundulan
C2		1	5	1/2	1	2	3	3	1	2	1/2	1/2	1	3	3	1	4	2	6	3	C2	Menjaga Lawan
C3			1	1/6	1/3	1/3	1/2	1/2	1/5	1/4	1/8	1/5	1/5	1/3	1	1/4	2	1/3	3	1/4	C3	Operan
C4				1	3	3	4	4	1	1	1/3	1	1	1	4	1	6	2	7	3	C4	Tekel
C5					1	1	2	2	1/4	1/5	1/8	1/3	1/4	1	1/5	2	1	3	1	1	C5	Agresi
C6						1	2	2	1/5	1/4	1/7	1/5	1/5	1/6	1	1/5	3	1	3	1	C6	Keberanian
C7							1	1	1/6	1/7	1/8	1/6	1/7	1/5	1/2	1/5	3	1	3	1/2	C7	Pengambilan Keputusan
C8								1	1/5	1/5	1/6	1/6	1/5	1/3	1/5	1/4	3	1	3	1/2	C8	Determinasi
C9									1	1	1	1/2	1	1/2	1	2	6	4	5	3	C9	Konsentrasi
C10										1	1	1/2	1	1	1	3	5	4	5	3	C10	Kepemimpinan
C11											1	1/2	1	1	1/2	3	5	4	4	1	C11	Antisipasi
C12												1	2	4	1	5	7	6	5	4	C12	Mengatur Posisi
C13													1	3	1/3	3	5	4	3	3	C13	Ketenangan
C14														1	1/6	1/3	2	2	1	1/6	C14	Kerjasama
C15															1	5	6	5	3	4	C15	Kelincahan
C16																1	2	1	1/3	1/4	C16	Stamina
C17																	1	1/4	1/6	1/7	C17	Keseimbangan
C18																		1	2	1	C18	Kekuatan
C19																			1	1/3	C19	Akselerasi
C20																				1	C20	Lompatan

Tabel 7. Matriks Perbandingan Berpasangan Posisi Bek Sayap

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	Kriteria	
C1	1	5	1/3	1	2	1/2	3	1	2	4	3	1	2	1	2	3	3	1/3	1/5	1/2	C1	Menggiring Bola
C2		1	1/5	1/4	1/2	1/6	1/2	1/5	1/3	1	1/2	1/5	1/8	1/3	1/2	1/6	1/2	1/7	1/8	1/5	C2	Tendangan Penjur
C3			1	2	3	1	4	1	2	5	3	1	1/2	2	5	1/3	3	1/3	1/3	1	C3	Menjaga Lawan
C4				1	3	1	3	2	2	4	2	2	2	3	3	4	2	1/2	1	1/3	C4	Umpan
C5					1	3	1	4	2	2	1	3	4	2	1	3	2	4	6	4	C5	Teknik
C6						1	5	2	1	4	3	1	2	3	6	1	3	1	1	1	C6	Tekel
C7							1	1/3	1/6	1	1/2	1/6	1/2	1/2	2	1/5	1/2	1/4	1/3	1/4	C7	Lemparan Jauh
C8								1	1/3	4	1	1/3	2	2	6	1	2	1	1	1/2	C8	Kerja Keras
C9									1	6	4	1	3	3	7	3	4	3	3	2	C9	Pengambilan Keputusan
C10										1	1/3	1/6	1/4	1/4	2	1/3	1/4	1/3	1/3	1/6	C10	Konsentrasi
C11											1	1/3	1	1	4	1	1	1	1	1/2	C11	Antisipasi
C12												1	3	3	6	4	4	3	4	2	C12	Kepandaian
C13													1	1	3	2	1	1	2	1/2	C13	Mengatur Posisi
C14														1	3	2	1	1	3	1/3	C14	Kerjasama
C15															1	1/3	1/3	1/3	1	1/9	C15	Pemanfaatan Ruang
C16																1	1	1	4	1/3	C16	Stamina
C17																	1	1	1/4	1	C17	Keseimbangan
C18																		1	3	4	C18	Kecepatan
C19																			1	2	C19	Akselerasi
C20																				1	C20	Kebugaran

Tabel 8. Matriks Perbandingan Berpasangan Posisi Gelandang Tengah

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	Kriteria	
C1	1	4	2	1/4	1/3	1	3	2	1/4	3	1/2	1/3	1/2	1/2	1	1/3	1/5	2	1	2	C1	Menggiring Bola
C2		1	1/2	1/4	1/7	1/5	1/2	1/3	1/4	1/4	1/6	1/7	1/6	1/6	1/3	1/7	1/5	1/2	1/2	1/2	C2	Sentuhan Pertama
C3			1	1/2	1/3	1/4	1	1/2	1/2	1/3	1/2	1/3	1/4	1/4	1/2	1/6	1/3	1	1	1/2	C3	Menjaga Lawan
C4				1	1/2	1/3	3	1	2	1/2	1	1/2	1/4	1/3	1	1/5	1/3	3	2	1	C4	Operan
C5					1	1/2	6	2	4	1	2	1	1/3	1/2	2	1/5	1/2	5	4	2	C5	Teknik
C6						1	7	4	6	2	4	2	1/2	1	4	1/4	1	1/8	1/6	1/4	C6	Tendangan Jarak Jauh
C7							1	1/3	1/4	1/4	1/2	1/5	1/8	1/5	1/6	1/7	1/5	1/8	1/8	1/5	C7	Agresi
C8								1	1	1	2	1/2	1/4	1/2	1/2	1/3	1	1/3	1/3	1	C8	Keberanian
C9									1	1	1	1/3	1/4	1/2	3	1/4	1	1/5	1/4	1/4	C9	Pengambilan Keputusan
C10										1	4	1/3	1/4	1/2	1/2	1/4	1	1/2	1/5	1/2	C10	Determinasi
C11											1	1/5	1/7	1/4	1/4	1/6	1/4	1/5	1/7	1/3	C11	Kepemimpinan
C12												1	1/2	2	1/2	1/3	2	1	1/3	2	C12	Antisipasi
C13													1	4	1/4	1	4	2	1	5	C13	Kepandaian
C14														1	1	1/4	1	1/2	1/5	2	C14	Mengatur Posisi
C15															1	1/6	1	1/3	1/5	3	C15	Ketenangan
C16																1	5	2	1	5	C16	Kerjasama
C17																	1	1/4	1/5	1	C17	Pemanfaatan Ruang
C18																		1	1	3	C18	Stamina
C19																			1	1	C19	Kekuatan
C20																				1	C20	Akselerasi

Tabel 9. Matriks Perbandingan Berpasangan Posisi Gelandang Sayap

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	Kriteria	
C1	1	1/5	1	1/6	1/3	1/5	1/2	1/3	2	2	1/2	1/4	1/2	1/5	1/4	1/2	1/3	1/5	1/5	1/4	C1	Penyelesaian
C2		1	5	1	2	1	3	2	6	5	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	C2	Menggiring Bola
C3			1	1/3	1/3	1/6	1/2	1/2	2	2	1/4	1/4	1/3	1/4	1/3	4	1/3	1/4	1/4	1/3	C3	Sentuhan Pertama
C4				1	1	1/3	2	2	4	4	1/2	1/2	1	1/2	1	2	1	1/2	1/2	1	C4	Umpan
C5					1	1/2	2	2	4	4	1/2	1/2	1	1/2	1	1/2	1	1/2	1/2	1	C5	Operan
C6						1	2	2	3	5	1/2	1/2	1	1/2	1	1/2	1	1/2	1/2	1	C6	Teknik
C7							1	1	2	3	1/4	1/4	1/2	1/5	1/3	1/5	1	1/6	1/5	1/3	C7	Tendangan Jarak Jauh
C8								1	3	3	1/4	1/4	1/2	1/6	1/4	1/5	1	1/6	1/5	1/5	C8	Kerja Keras
C9									1	1	1/6	1/6	1/3	1/8	1/5	1/4	1/2	1/4	1/4	1/3	C9	Pengambilan Keputusan
C10										1	1/4	1/5	1/3	1/6	1/6	1/5	1/3	1/5	1/5	1/4	C10	Determinasi
C11											1	1	2	1/2	1/2	1	3	1	1	2	C11	Antisipasi
C12												1	3	1/2	1/3	1	3	1	2	3	C12	Kepandaian
C13													1	1/5	1/6	1/3	1	1/3	1/2	1	C13	Kerjasama
C14														1	1	2	5	2	3	4	C14	Pemanfaatan Ruang
C15															1	2	5	2	3	4	C15	Kelincahan
C16																1	3	1	2	3	C16	Stamina
C17																	1	1/4	1/2	1	C17	Keseimbangan
C18																		1	3	4	C18	Kecepatan
C19																			1	1	C19	Akselerasi
C20																				1	C20	Kebugaran

Tabel 10. Matriks Perbandingan Berpasangan Posisi Penyerang

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	Kriteria	
C1	1	6	3	2	4	2	3	2	2	3	3	2	2	2	4	3	4	2	3	4	C1	Penyelesaian
C2		1	1/5	1/4	1/2	1/5	1/2	1/3	1/7	1/2	1/6	1/6	1/3	1/6	1/8	1/2	1/4	1/3	1/7	1/4	C2	Menggiring Bola
C3			1	2	3	1	3	1	1/3	2	1/2	1	2	1/2	2	3	1	2	2	2	C3	Sentuhan Pertama
C4				1	5	1/3	4	1	4	5	1/3	1/2	3	1/3	1	2	1/2	1	1	3	C4	Sundulan
C5					1	1/4	1	1/3	1/3	1/2	1/5	1/4	1/2	1/6	1/6	1	1/4	1/2	1/5	1/4	C5	Operan
C6						1	5	2	3	3	1	1	2	1/2	4	4	1	2	2	4	C6	Teknik
C7							1	1/3	1/6	1/2	1/4	1/4	1/2	1/5	1/8	1	1/4	1/2	1/6	1/5	C7	Tendangan Jarak Jauh
C8								1	1/3	2	1/2	1/2	2	1/2	1	3	1/2	2	2	1/2	C8	Kerja Keras
C9									1	3	1/4	1/5	3	1/3	1	2	3	1	1	3	C9	Pengambilan Keputusan
C10										1	1/4	1/5	1	1/4	1/5	3	1/4	1	1/5	1/3	C10	Determinasi
C11											1	1	4	1	4	7	1	4	4	3	C11	Antisipasi
C12												1	4	1	5	7	1	4	4	4	C12	Kepandaian
C13													1	1/4	1/8	2	1/4	1	1	2	C13	Ketenangan
C14														1	5	5	1	4	4	2	C14	Pemanfaatan Ruang
C15															1	1	1/4	1	1/3	1	C15	Kelincahan
C16																1	1/5	1	1/3	1	C16	Stamina
C17																	1	5	3	1	C17	Keseimbangan
C18																		1	1/3	2	C18	Kecepatan
C19																			1	2	C19	Akselerasi
C20																				1	C20	Lompatan

3.2 Menghitung Bobot Prioritas dan Uji Konsistensi

Setelah melakukan perbandingan berpasangan terhadap semua kriteria yang ada dari setiap posisi, langkah berikutnya ialah menghitung bobot prioritas dari masing-masing kriteria. Untuk mendapatkan bobot prioritas dari setiap kriteria, terdapat empat langkah yang akan dilakukan, langkah pertama adalah dengan mengisi seluruh kolom dari matriks perbandingan berpasangan dengan kebalikan kepentingan dari setiap kriteria. Langkah kedua adalah dengan menjumlahkan setiap kolom dari setiap kriteria. Langkah ketiga adalah dengan membagi seluruh kolom dengan jumlah setiap kolom yang sudah dihitung pada langkah sebelumnya. Langkah terakhir adalah dengan menghitung rata-rata dari setiap baris dari kriteria yang menghasilkan nilai eigen atau bobot prioritas dari setiap kriteria yang dibutuhkan pada setiap posisinya. Namun, perbandingan berpasangan yang telah dilakukan belum diteliti kekonsistennannya, maka dari itu perlu dihitung *Consistency Ratio* dari setiap matriks perbandingan berpasangan dengan mencari nilai λ_{maks} dan memasukkan ke persamaan *CI* sehingga dapat diperoleh *Consistency Ratio* dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Dari langkah-langkah yang telah disebutkan, dapat diperoleh bobot prioritas dari setiap kriteria dan *Consistency Ratio* dari keenam posisi seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Bobot Prioritas dan *Consistency Ratio* dari Posisi Pemain Belakang (untuk penjaga gawang, $(\lambda_{maks}; CI) = (20,751; 0,0395)$, untuk bek tengah $(\lambda_{maks}; CI) = (20,989; 0,052)$, dan untuk bek sayap $(\lambda_{maks}; CI) = (21,239; 0,065)$)

Penjaga Gawang		Bek Tengah		Bek Sayap	
Kriteria	Prioritas	Kriteria	Prioritas	Kriteria	Prioritas
Reaksi	0,034	Sundulan	0,043	Sundulan	0,057
Tendangan	0,014	Menjaga Lawan	0,069	Menjaga Lawan	0,012
Satu lawan Satu	0,027	Operan	0,016	Operan	0,07
Komando Area	0,034	Tekel	0,084	Tekel	0,072
Keunikan	0,017	Agresi	0,031	Agresi	0,097
Penguasaan Bola	0,033	Keberanian	0,024	Keberanian	0,063
Kemampuan di Udara	0,045	Pengambilan Keputusan	0,017	Pengambilan Keputusan	0,018
Komunikasi	0,015	Determinasi	0,017	Determinasi	0,042
Sentuhan Pertama	0,009	Konsentrasi	0,073	Konsentrasi	0,081
Refleks	0,079	Kepemimpinan	0,07	Kepemimpinan	0,014
Lemparan	0,092	Antisipasi	0,093	Antisipasi	0,033
Pukulan	0,03	Mengatur Posisi	0,11	Mengatur Posisi	0,086
Keberanian	0,011	Ketenangan	0,074	Ketenangan	0,042
Pengambilan Keputusan	0,083	Kerjasama	0,045	Kerjasama	0,038
Konsentrasi	0,012	Kelincahan	0,081	Kelincahan	0,017
Antisipasi	0,119	Stamina	0,048	Stamina	0,047
Posisi	0,106	Keseimbangan	0,01	Keseimbangan	0,029
Ketenangan	0,027	Kekuatan	0,024	Kekuatan	0,067
Kelincahan	0,048	Akselerasi	0,021	Akselerasi	0,055
Lompatan	0,054	Lompatan	0,05	Lompatan	0,06
<i>Consistency Ratio</i>	0,024	<i>Consistency Ratio</i>	0,031	<i>Consistency Ratio</i>	0,039

Tabel 11 menjelaskan bobot prioritas dari setiap kriteria pada posisi penjaga gawang, bek tengah, dan bek sayap. Kriteria dengan bobot prioritas terbesar pada posisi penjaga gawang

adalah antisipasi dengan bobot sebesar 0,119 atau 11,9%. Bobot tersebut menjelaskan bahwa kriteria terpenting seorang penjaga gawang adalah harus mampu memprediksi dan bereaksi dalam mengambil tindakan dalam mengamankan gawang. Pada posisi bek tengah, kriteria mengatur posisi memiliki bobot prioritas paling tinggi yaitu 0,11 atau 11%. Angka tersebut mengartikan bahwa seorang bek tengah harus selalu sigap mengatur posisi badan dalam membaca situasi permainan. Sedangkan untuk posisi bek sayap, kriteria agresi memiliki bobot prioritas tertinggi dengan nilai 0,097 atau 9,7%. Dari kriteria yang ada, seorang bek sayap harus berperilaku agresif dan mampu mengambil resiko dalam melakukan pertahanan maupun penyerangan.

Tabel 12. Bobot Prioritas dan *Consistency Ratio* dari Posisi Gelandang dan Penyerang (untuk gelandang tengah, $(\lambda_{maks}; CI) = (20,674; 0,03547)$, untuk gelandang sayap $(\lambda_{maks}; CI) = (20,541; 0,028)$, dan untuk penyerang $(\lambda_{maks}; CI) = (20,935; 0,049)$)

Gelandang Tengah		Gelandang Sayap		Penyerang	
Kriteria	Prioritas	Kriteria	Prioritas	Kriteria	Prioritas
Menggiring Bola	0.037	Penyelesaian	0.016	Penyelesaian	0.11
Sentuhan Pertama	0.011	Menggiring Bola	0.073	Menggiring Bola	0.01
Menjaga Lawan	0.019	Sentuhan Pertama	0.028	Sentuhan Pertama	0.052
Operan	0.044	Umpan	0.05	Sundulan	0.052
Teknik	0.073	Operan	0.042	Operan	0.014
Tendangan Jarak Jauh	0.061	Teknik	0.057	Teknik	0.076
Agresi	0.009	Tendangan Jarak Jauh	0.022	Tendangan Jarak Jauh	0.014
Keberanian	0.025	Kerja Keras	0.023	Kerja Keras	0.04
Pengambilan Keputusan	0.031	Pengambilan Keputusan	0.012	Pengambilan Keputusan	0.058
Determinasi	0.03	Determinasi	0.011	Determinasi	0.02
Kepemimpinan	0.019	Antisipasi	0.056	Antisipasi	0.094
Antisipasi	0.054	Kepandaian	0.076	Kepandaian	0.096
Kepandaian	0.054	Kerjasama	0.034	Ketenangan	0.026
Mengatur Posisi	0.049	Pemanfaatan Ruang	0.11	Pemanfaatan Ruang	0.095
Ketenangan	0.053	Kelincahan	0.099	Kelincahan	0.045
Kerjasama	0.128	Stamina	0.068	Stamina	0.018
Pemanfaatan Ruang	0.046	Keseimbangan	0.031	Keseimbangan	0.072
Stamina	0.077	Kecepatan	0.087	Kecepatan	0.028
Kekuatan	0.095	Akselerasi	0.062	Akselerasi	0.047
Akselerasi	0.041	Kebugaran	0.043	Lompatan	0.033
<i>Consistency Ratio</i>	0.035	<i>Consistency Ratio</i>	0.017	<i>Consistency Ratio</i>	0.029

Dari Tabel 12 dapat dilihat bobot prioritas dari setiap kriteria pada posisi gelandang tengah, gelandang sayap, dan penyerang. Kriteria dengan bobot prioritas terbesar pada posisi gelandang tengah adalah kerjasama dengan bobot sebesar 0,128 atau 12,8%. Pada posisi gelandang sayap, kriteria pemanfaatan ruang memiliki bobot prioritas paling tinggi yaitu 0,11

atau 11%. Sedangkan untuk posisi penyerang, kriteria penyelesaian memiliki bobot prioritas tertinggi dengan nilai 0,11 atau 11% dari keseluruhan kriteria yang dibutuhkan seorang penyerang. Keenam perbandingan berpasangan dari posisi penjaga gawang, bek tengah, bek sayap, gelandang tengah, gelandang sayap, dan penyerang memiliki konsistensi yang cukup baik dengan *Consistency Ratio* dari ketiga posisi tersebut bernilai kurang dari 0,1 yang menunjukkan bahwa perbandingan berpasangan yang telah dilakukan sudah dilakukan dengan konsisten.

3.3 Model Pemrograman Integer 0-1

Setelah menggunakan metode Proses Hirarki Analitik untuk menghitung bobot prioritas kriteria pada enam posisi pemain sepak bola, model Pemrograman Integer 0-1 digunakan pada makalah ini untuk mendapatkan kesebelasan sepak bola. Terdapat beberapa kendala yang harus dipenuhi dalam membentuk kesebelasan antara lain gaji pemain per minggu, usia pemain, nilai tendangan penalti dan tendangan bebas serta jumlah pemain asing dalam satu kesebelasan. Sebelum membentuk model Pemrograman Integer 0-1, terdapat beberapa indeks dan notasi yang digunakan dalam model ini, yaitu:

V_{jc} = Nilai dari kriteria $c \in C$ dari pemain $j \in P$,

W_{ic} = Prioritas dari kriteria $c \in C$ dari posisi $i \in R$,

A_j = Usia dari pemain $j \in P$,

C_j = Gaji per minggu dari pemain $j \in P$,

T_{sj} = Nilai dari tendangan penalti dari pemain $j \in P$,

K_{sj} = Nilai dari tendangan bebas dari pemain $j \in P$,

N_i = Jumlah maksimum pemain di posisi $i \in R$,

U = Batas atas usia rata-rata pemain di kesebelasan,

B = Batas atas gaji per minggu pemain di kesebelasan,

T = Batas bawah nilai tendangan penalti,

K = Batas bawah nilai tendangan bebas,

Q = Batas atas jumlah pemain asing di kesebelasan.

Dari indeks dan notasi diatas, dapat dibentuk objektif dan kendala yang memaksimumkan kemampuan keseluruhan kesebelasan sepak bola dengan menghitung bobot prioritas yang telah diperoleh menggunakan metode PHA dan nilai kriteria setiap pemain sebagai berikut:

Objektif:

$$Z = \text{Max} \sum_{j \in P} \sum_{i \in R} \sum_{c \in C} x_{ji} V_{jc} W_{ic} \quad (1)$$

Kendala:

$$\sum_{j \in P} \sum_{i \in R} x_{ji} \leq 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j \in G} x_{j1} \leq N_{i=1} \quad (3)$$

$$\sum_{j \in D} x_{j2} \leq N_{i=2} \quad (4)$$

$$\sum_{j \in B} x_{j3} \leq N_{i=3} \quad (5)$$

$$\sum_{j \in M} x_{j4} \leq N_{i=4} \quad (6)$$

$$\sum_{j \in W} x_{j5} \leq N_{i=5} \quad (7)$$

$$\sum_{j \in F} x_{j6} \leq N_{i=6} \quad (8)$$

$$\sum_{j \in P} \sum_{i \in R} x_{ji} A_j \leq 11U \quad (9)$$

$$\sum_{j \in P} \sum_{i \in R} x_{ji} C_j \leq B \quad (10)$$

$$\sum_{s \in P} \sum_{j \in P} \sum_{i \in R} x_{ji} T_{sj} \geq T \quad (11)$$

$$\sum_{s \in P} \sum_{j \in P} \sum_{i \in R} x_{ji} K_{sj} \geq K \quad (12)$$

$$\sum_{j \in S} \sum_{i \in R} x_{ji} \leq Q \quad (13)$$

$$x_{ji} \in \{0,1\} \quad (14)$$

Dari model diatas, objektif (1) merupakan fungsi untuk mendapatkan komposisi kesebelasan yang optimal dengan 13 kendala dimana V_{jc} merupakan nilai kriteria c pada pemain j . Kendala pertama (2) berfungsi untuk memastikan bahwa seorang pemain hanya dapat bermain pada satu posisi, kendala (3) berfungsi untuk membatasi jumlah penjaga gawang, kendala (4) berfungsi untuk membatasi jumlah bek sayap, kendala (5) berfungsi untuk membatasi jumlah bek tengah, kendala (6) berfungsi untuk membatasi jumlah gelandang tengah, kendala (7) berfungsi untuk membatasi jumlah gelandang sayap, kendala (8) berfungsi untuk membatasi

jumlah penyerang, kendala (9) berfungsi untuk membatasi rata-rata usia pemain, kendala (10) berfungsi untuk membatasi gaji per minggu pemain, kendala (11) berfungsi untuk membatasi kemampuan minimal pemain dalam mengambil tendangan penalti, kendala (12) berfungsi untuk membatasi kemampuan minimal pemain dalam mengambil tendangan bebas, dan kendala (13) berfungsi untuk membatasi jumlah pemain asing dalam satu kesebelasan.

3.4 Simulasi untuk klub Manchester United

Manchester United adalah sebuah klub sepak bola dari kota Manchester, Inggris yang sudah memperoleh 20 gelar Liga Primer Inggris, 3 gelar *Champions League*, dan 12 gelar Piala FA. Manchester United merupakan salah satu klub elit di Eropa yang selalu menjadi penantang juara di liga domestik maupun internasional. Pada bagian ini, akan ditentukan kesebelasan yang optimal dari klub Manchester United berdasarkan pemain pada musim 2018/2019 di permainan *Football Manager*. Tabel 13 merupakan pemain yang terdaftar pada klub Manchester United.

Tabel 13. Data Pemain Manchester United

Nomor	Nama	Posisi	Gaji (dalam ribu pounds)	Kebangsaan	Usia	Kemampuan Penalti	Kemampuan Tendangan Bebas
1	David De Gea	Penjaga Gawang	200	Asing	27	3	11
2	Sergio Romero	Penjaga Gawang	70	Asing	31	3	12
3	Victor Lindelof	Bek Tengah, Bek Sayap	120	Asing	23	10	3
4	Eric Bailly	Bek Tengah	80	Asing	24	7	7
5	Phil Jones	Bek Tengah	75	Lokal	26	8	6
6	Chris Smalling	Bek Tengah	70	Lokal	28	4	2
8	Antonio Valencia	Bek Sayap, Gelandang Sayap	85	Asing	32	8	5
9	Ashley Young	Bek Sayap, Gelandang Sayap	120	Lokal	32	12	14
10	Diogo Dalot	Bek Sayap, Gelandang Sayap	25	Asing	19	10	9
11	Luke Shaw	Bek Sayap	150	Lokal	22	7	8
12	Tim Fosu-Mensah	Bek Tengah, Bek Sayap, Gelandang Tengah	20	Asing	20	8	7
13	Daniele Rugani	Bek Tengah	110	Asing	24	6	5
14	Kieran Tierney	Bek Tengah, Bek Sayap	67	Asing	21	8	8
15	Paul Pogba	Gelandang Tengah, Gelandang Sayap	300	Asing	25	17	15
16	Juan Mata	Gelandang Tengah, Gelandang Sayap	160	Asing	30	15	16
17	Jesse Lingard	Gelandang Tengah, Gelandang Sayap	75	Lokal	25	11	8
18	Andreas Pereira	Gelandang Tengah, Gelandang Sayap	30	Asing	22	14	17
19	Marouane Fellaini	Gelandang Tengah	100	Asing	31	12	8
20	Fred	Gelandang Tengah	120	Asing	25	7	6
21	Nemanja Matic	Gelandang Tengah	120	Asing	30	12	10
22	Scott Mctominay	Gelandang Tengah	10	Lokal	21	7	5
23	Alexis Sanchez	Gelandang Tengah, Penyerang	350	Asing	29	12	14
24	Romelu Lukaku	Penyerang	180	Asing	25	13	8
25	Marcus Rashford	Gelandang Tengah, Penyerang	20	Lokal	20	13	13

Data keseluruhan pemain Manchester United diperoleh dari permainan *Football Manager 2019*. Tabel 13 menunjukkan posisi pemain, gaji per minggu dalam ribu poundsterling, kebangsaan, usia, kemampuan tendangan penalti dan tendangan bebas. Terdapat 39 posisi yang dapat dimainkan dari keseluruhan 25 pemain. Setiap pemain memiliki nilai dari kriterianya masing-masing sesuai dengan posisi yang dimainkan berdasarkan Tabel 2. Nilai dari setiap pemain Manchester United diperoleh dari permainan *Football Manager 2019* dengan nilai terendah adalah 1 dan nilai tertinggi adalah 20. Nilai kriteria pada Tabel 14-16 merupakan nilai yang konstan selama dilakukannya simulasi metode PHA pada *Football Manager 2019*.

Tabel 14. Nilai Kriteria Penjaga Gawang dan Bek Tengah Manchester United

Kriteria	Penjaga Gawang		Kriteria	Bek Tengah						
	1	2		3	4	5	6	12	13	14
Reaksi	8	14	Sundulan	11	14	16	17	12	15	12
Tendangan	16	16	Menjaga Lawan	15	15	15	15	11	16	10
Satu lawan Satu	16	16	Operan	14	11	13	7	11	13	12
Komando Area	14	12	Tekel	14	17	17	16	13	14	15
Keunikan	10	13	Agresi	12	16	15	14	13	6	15
Penguasaan Bola	18	12	Keberanian	12	18	19	14	12	10	17
Kemampuan di Udara	16	15	Pengambilan Keputusan	12	12	12	12	11	15	12
Komunikasi	14	14	Determinasi	14	15	19	14	16	11	19
Sentuhan Pertama	14	9	Konsentrasi	11	11	11	11	11	14	14
Refleks	20	15	Kepemimpinan	13	8	13	12	6	9	16
Lemparan	9	12	Antisipasi	14	17	14	16	12	14	13
Pukulan	6	14	Mengatur Posisi	15	15	16	17	14	17	12
Keberanian	15	15	Ketenangan	13	13	10	11	10	12	11
Pengambilan Keputusan	15	11	Kerjasama	14	14	14	15	12	15	15
Konsentrasi	16	12	Kelincahan	15	15	10	12	12	13	13
Antisipasi	17	11	Stamina	14	16	17	16	14	16	14
Mengatur Posisi	15	14	Keseimbangan	14	17	13	14	12	15	14
Ketenangan	16	12	Kekuatan	13	16	16	17	15	16	12
Kelincahan	18	15	Akselerasi	16	15	14	13	15	12	16
Lompatan	15	17	Lompatan	13	14	12	16	15	15	10

Tabel 15. Nilai Kriteria Bek Sayap dan Gelandang Tengah Manchester United

Kriteria	Bek Sayap							Kriteria	Gelandang Tengah														
	3	8	9	10	11	12	14		12	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25				
Menggiring Bola	12	12	12	13	13	9	13	Menggiring	9	17	15	14	14	7	15	11	9	17	16				
Sepak Pojok	3	10	14	9	11	8	13	Sentuhan Pertama	12	18	19	14	15	13	15	14	14	14	13				
Menjaga Lawan	15	12	9	10	14	11	10	Menjaga Lawan	11	10	2	6	2	14	12	13	11	7	2				
Umpan	10	12	15	12	11	7	14	Operan	11	18	18	13	15	13	14	15	14	15	11				
Teknik	14	13	13	14	14	11	12	Teknik	11	19	19	14	16	13	16	15	13	17	14				
Tekel	14	14	12	11	14	13	15	Tendangan Jauh	8	17	12	12	15	10	13	14	6	14	10				
Lemparan Jauh	11	8	3	11	10	8	11	Agresi	13	13	11	15	12	17	7	12	13	16	14				
Semangat kerja	15	17	16	13	16	11	15	Keberanian	12	13	9	13	7	17	11	14	15	17	8				
Pengambilan Keputusan	12	12	14	13	13	11	12	Pengambilan Keputusan	11	12	16	14	10	14	15	16	12	14	12				
Konsentrasi	11	15	15	12	14	11	14	Determinasi	16	17	15	19	11	15	12	13	15	16	16				
Antisipasi	14	14	12	13	14	12	13	Kepemimpinan	6	12	6	5	3	7	8	12	4	11	4				
Kepandaian	14	10	14	13	14	7	12	Antisipasi	12	14	17	15	12	14	13	16	14	14	11				
Posisi	15	14	12	11	14	14	12	Kepandaian	7	19	17	16	19	12	15	8	8	18	17				
Kerjasama	14	16	15	13	14	12	15	Posisi	14	9	3	9	7	14	11	16	13	7	4				
Pemanfaatan Ruang	14	12	13	13	15	11	13	Ketenangan	10	15	16	13	14	13	14	16	10	14	13				
Stamina	14	15	15	14	15	14	14	Kerjasama	12	14	16	16	11	18	13	17	18	12	12				
Keseimbangan	14	18	12	13	15	12	14	Pemanfaatan Ruang	11	14	16	18	14	15	13	8	11	17	14				
Kecepatan	15	16	15	13	16	15	15	Stamina	14	17	14	17	12	18	13	14	18	16	14				
Akselerasi	16	16	14	13	16	15	16	Kekuatan	15	17	8	9	7	18	10	17	14	11	11				
Kebugaran	16	17	15	15	8	14	13	Akselerasi	15	13	13	15	14	9	14	8	11	15	18				

Tabel 16. Nilai Kriteria Gelandang Sayap dan Penyerang Manchester United

Kriteria	Gelandang Sayap										Kriteria	Penyerang		
	8	9	10	15	16	17	18	23	25	23		24	25	
Penyelesaian	9	10	10	14	15	14	10	15	14	Penyelesaian	15	15	14	
Menggiring	12	12	13	17	15	14	14	17	16	Menggiring	17	13	16	
Sentuhan Pertama	12	14	12	18	19	14	15	14	13	Sentuhan Pertama	14	13	13	
Umpan	12	15	12	12	14	13	14	13	8	Sundulan	14	17	8	
Operan	12	12	12	18	18	13	15	15	11	Operan	15	11	11	
Teknik	13	13	14	19	19	14	16	17	14	Teknik	17	14	14	
Tendangan Jauh	8	13	12	17	12	12	15	14	10	Tendangan Jauh	14	12	10	
Kerja keras	17	16	13	14	13	18	12	16	15	Kerjakeras	16	12	15	
Pengambilan Keputusan	12	14	13	12	16	14	10	14	12	Pengambilan Keputusan	14	13	12	
Determinasi	17	12	15	17	15	19	11	16	16	Determinasi	16	16	16	
Antisipasi	14	12	13	14	17	15	12	14	11	Antisipasi	14	16	11	
Kepandaian	10	14	13	19	17	16	19	18	17	Kepandaian	18	12	17	
Kerjasama	16	15	13	14	16	16	11	12	12	Ketenangan	14	15	13	
Pemanfaatan Ruang	12	13	13	14	16	18	14	17	14	Pemanfaatan Ruang	17	15	14	
Kelincahan	13	15	12	14	15	15	16	17	15	Kelincahan	17	11	15	
Stamina	15	15	14	17	14	17	12	16	14	Stamina	16	13	14	
Keseimbangan	18	12	13	18	13	13	11	16	13	Keseimbangan	16	18	13	
Kecepatan	16	15	13	16	10	15	14	14	17	Kecepatan	14	17	17	
Akseleraasi	16	14	13	13	13	15	14	15	18	Akselerasi	15	14	18	
Kebugaran	17	15	15	17	13	16	16	16	16	Lompatan	10	17	8	

Dari data pemain dan nilai kriteria yang disajikan, akan ditentukan sebuah kesebelasan dengan formasi pemain 4-2-3-1 yang merupakan formasi rekomendasi untuk kesebelasan Manchester United pada permainan *Football Manager 2019*. Formasi ini terdiri dari satu penjaga gawang, 2 bek tengah, 2 bek sayap, 2 gelandang tengah, 3 gelandang sayap, dan 1 penyerang. Untuk memenuhi model diatas, batas usia rata-rata kesebelasan adalah 30 tahun, anggaran gaji per minggu untuk pemain ialah 1.500.000 dalam USD, batas minimal kemampuan tendangan penalti dan tendangan bebas ialah 10, dan membatasi 7 pemain asing dalam kesebelasan. Dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk melakukan model Pemrograman Integer 0-1, diperoleh kesebelasan Manchester United yang optimal seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kesebelasan Optimal Manchester United

Setelah mensimulasikan metode PHA dan Pemrograman Integer 0-1 pada kesebelasan Manchester United, berikutnya akan dilakukan simulasi menggunakan permainan *Football*

Manager 2019. Simulasi dilakukan selama 2 musim pertandingan atau 76 pertandingan pada Liga Primer Inggris. Tabel 17 merupakan hasil yang diperoleh Manchester United selama 2 musim.

Tabel 17. Hasil Simulasi Manchester United pada permainan *Football Manager 2019*

Musim	Menang	Seri	Kalah	Peringkat
1	23	7	8	2
2	24	7	7	2

4 Simpulan

Dari simulasi yang dilakukan pada klub Manchester United, tim ini mampu menduduki peringkat yang cukup stabil dengan memperoleh kemenangan yang lebih banyak. Kedua metode ini cukup baik dalam mengambil keputusan yang kompleks karena kedua metode ini dapat digunakan dengan tidak terlalu rumit namun atribut yang digunakan untuk pengambilan keputusan bisa sangat banyak. Dengan pendekatan atau atribut yang banyak, akurasi dalam pembentukan tim yang optimal pun semakin tinggi. Metode ini dapat membantu pelatih dalam pemilihan komposisi pemain sepak bola dan membantu pemain sepak bola dalam meningkatkan performa pada kriteria tertentu.

5 Daftar Pustaka

- [1] J. Dvorak, A. Junge, T. Graf-Baumann, dan L. Peterson, "Football is the most popular sport worldwide", *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 32:3S-4S, 2004.
- [2] B. Travassos, K. Davids, D. Araujo, dan T. P. Esteves, "Performance analysis in team sports: advances from an ecological dynamics approach", *International Journal of Performance Analysis in Sport*, vol. 13(1), pp. 83-95, 2013.
- [3] J. M. Merigo dan A. M. Gil-Lafuente, "Decision-making in sport management based on the OWA operator", *Expert Systems with Applications*, vol. 38(8), pp. 10408–10413, 2011.
- [4] M. Tavana, F. Azizi, F. Azizi, dan M. Behzadian, "A fuzzy inference system with application to player selection and team formation in multi-player sports", *Sport Management Review*, vol. 16(1), pp. 97–110, 2013.
- [5] F. Ahmed, K. Deb, dan A. Jindal, "Multi-objective optimization and decision making approaches to cricket team selection", *Applied Soft Computing*, vol. 13(1), pp. 402–414, 2013.

- [6] V. Sarda, P. Sakaria, dan K. Deulkar, "Football team selection using genetic algorithm", *International Journal of Engineering and Technical Research*, vol. 3(2), pp. 153–156, 2015.
- [7] R. W. Saaty, "The analytic hierarchy process-what it is and how it is used", *Mathematical Modelling*, vol. 9, no. 3-5, pp. 161-176, 1987.
- [8] I. Purwanto, A. Widodo, dan S. Handoyo, "System for selection starting lineup of a football players by using analytical hierarchy process (ahp)", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol.96(1), pp. 19-31, 2018.
- [9] E.Ozceylan, "A mathematical model using ahp priorities for soccer player selection: a case study", *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 27(2), pp. 190-205, 2016.