

**SISTEM REKRUTMEN PEMAIN SEPAK BOLA MENGGUNAKAN
K-MEANS PSO PADA LIMA LIGA SEPAK BOLA TOP EROPA**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh
ADAM FAHMI KHARIRI
H02219001

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ADAM FAHMI KHARIRI

NIM : H02219001

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "Sistem Rekrutmen Pemain Sepak Bola Menggunakan *K-Means PSO* Pada Lima Liga Sepak Bola Top Eropa". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 17 April 2023

Yang menyatakan,



ADAM FAHMI KHARIRI
NIM. H02219001

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : ADAM FAHMI KHARIRI

NIM : H02219001


Judul Skripsi : Sistem Rekrutmen Pemain Sepak Bola Menggunakan *K-Means PSO* Pada Lima Liga Sepak Bola Top Eropa

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

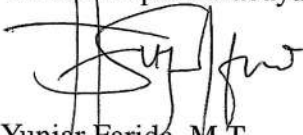
Pembimbing I


Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si., M.PMat.
NIP. 198002042014031001

Pembimbing II


Putroue Keumala Intan, M.Si
NIP. 198805282018012001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya


Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : ADAM FAHMI KHARIRI
NIM : H02219001
Judul Skripsi : Sistem Rekrutmen Pemain Sepak Bola Menggunakan *K-Means PSO* Pada Lima Liga Sepak Bola Top Eropa

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 17 April 2023

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



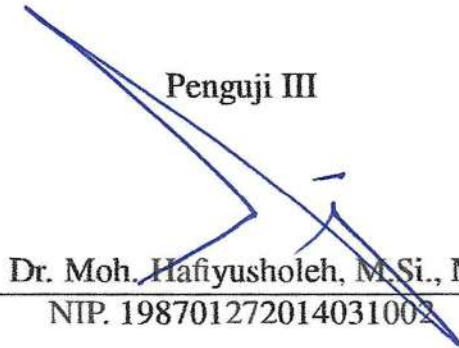
Aris Fanani, M.Kom
NIP. 198701272014031002

Penguji II



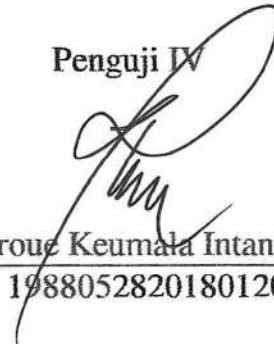
Ahmad Hanif Asyhar, M. Si
NIP. 198601232014031001

Penguji III



Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si., M.PMat.
NIP. 198701272014031002

Penguji IV



Putroue Keumala Intan, M.Si
NIP. 198805282018012001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Sunan Ampel Surabaya


Depul Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Adam Fahmi Khariri
NIM : H02219001
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
E-mail address : adamfahmikhariri@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

SISTEM REKRUTMEN PEMAIN SEPAK BOLA MENGGUNAKAN K-MEANS PSO

PADA LIMA LIGA SEPAK BOLA TOP EROPA

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 13 Juni 2023

Penulis

(Adam Fahmi Khariri)
nama terang dan tanda tangan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Batasan Masalah	8
1.6. Sistematika Penulisan	8
II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Sepak Bola	10
2.2. Normalisasi Data	15
2.3. <i>Clustering</i>	16
2.4. <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	16
2.5. <i>K-Means Clustering</i>	19
2.6. <i>Silhouette Coefficient</i>	19
2.7. Integrasi Keilmuan	21

III METODE PENELITIAN	25
3.1. Jenis Penelitian	25
3.2. Data Penelitian	25
3.3. Teknik Analisis Data	26
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Deskripsi Data	29
4.2. Normalisasi Data	30
4.3. Inisialisasi <i>Centroid</i> Dengan PSO	32
4.4. <i>K-Means Clustering</i>	34
4.5. <i>Silhouette Coefficient</i>	36
4.6. Pembahasan	39
V PENUTUP	42
5.1. Simpulan	42
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

2.1 Contoh Variabel Performa Pemain Sepak Bola	11
2.2 Tingkat Nilai Akurasi Silhouette Coefficient	20
3.1 Variabel Penelitian	26
4.1 Data Performa Pemain Sepak Bola	29
4.2 Deskripsi Data Performa Pemain Sepak Bola	29
4.3 Data Performa Pemain Sepak Bola Yang Telah Dinormalisasi	31
4.4 Inisialisasi Awal Secara Acak Untuk <i>Centroid</i> $k=2$	32
4.5 Inisialisasi Awal Secara Acak Untuk <i>Centroid</i> $k=3$	32
4.6 Inisialisasi Awal Secara Acak Untuk <i>Centroid</i> $k=3$	32
4.7 Inisialisasi <i>Centroid</i> $k=2$	33
4.8 Inisialisasi <i>Centroid</i> $k=3$	33
4.9 Inisialisasi <i>Centroid</i> $k=4$	33
4.10 Centroid Dari K-means Clustering $k=2$	35
4.11 Centroid Dari K-means Clustering $k=3$	36
4.12 Centroid Dari K-means Clustering $k=4$	36
4.13 Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> $k=2$ Hingga $k=4$	37
4.14 Pemain Anggota dari $k=3$	37
5.1 Lampiran Inisialisasi <i>Centroid</i> Awal $k=4$	54
5.4 Lampiran Inisialisasi <i>Centroid</i> Awal $k=4$	55
5.7 Lampiran Inisialisasi <i>Centroid</i> Awal $k=4$	56

DAFTAR GAMBAR

3.1 Diagram alir penelitian	27
4.1 Diagram hasil clustering dari $k=3$	38



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRAK

Sistem Rekrutmen Pemain Sepak Bola Menggunakan *K-Means PSO* Pada Lima Liga Sepak Bola Top Eropa

Setiap klub sepak bola memiliki keinginan kuat untuk mencapai kemenangan dalam pertandingan dan meraih gelar juara. Sebagai akibatnya, mereka mencari pemain yang terampil dan memiliki kemampuan dalam mencetak gol, memberikan umpan yang akurat, mengurangi kesalahan, dan memahami strategi taktikal. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan pemain dengan menggunakan versi yang dioptimasi dari algoritma *K-Means* melalui *Particle Swarm Optimization* (PSO). Penelitian ini menggunakan data *spatio-temporal* yang mencakup performa pemain sepak bola. Hasil dari pengklasteran *k-means*, yang dikombinasikan dengan PSO, dengan variasi nilai *k* dari *k*=2 hingga *k*=4, mengungkapkan bahwa *cluster k*=3 merupakan kelompok pemain yang luar biasa, dan layak direkomendasikan untuk direkrut oleh klub sepak bola. *Cluster* ini memiliki koefisien siluet sebesar 0.76. Selain itu, analisis ini menghasilkan *Cluster* 1, yang terdiri dari pemain yang mampu bermain dalam tiga posisi yang berbeda, *Cluster* 2, yang terdiri dari pemain yang mengkhususkan diri dalam satu posisi, dan *Cluster* 3, yang melibatkan pemain yang memiliki keahlian dalam dua posisi.

Kata kunci: Sepak Bola, *Clustering*, *K-Means*, *Spatio-Temporal*, *Particle Swarm Optimization*

ABSTRACT

Player Scouting Using K-Means PSO Clustering in Top Lima European Football League

Each football club has a strong desire to achieve victory in matches and secure championship titles. Consequently, they seek proficient players who possess the ability to score goals, deliver accurate passes, minimize errors, and comprehend tactical strategies. This research aims to classify players by employing an optimized version of the K-Means algorithm through Particle Swarm Optimization (PSO). The study employs spatio-temporal data encompassing the performance of football players. The outcomes of the k-means clustering, combined with PSO, with values varying from $k=2$ to $k=4$, reveal that cluster $k=3$ represents an exceptional group of players, thus serving as a valuable recommendation for recruitment by football clubs. This particular cluster exhibits a silhouette coefficient of 0.76. Moreover, the analysis yields Cluster 1, comprising players capable of performing in three distinct positions, Cluster 2, consisting of players specialized in a single position, and Cluster 3, encompassing players skilled in two positions.

Keywords: Football, Clustering, K-Means, Spatio-Temporal, Particle Swarm Optimization

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Suatu festival budaya zaman lampau, sepak bola merupakan hiburan kaum kelas bawah. Hal tersebut diceritakan oleh William Fitzstephen pada tahun 1174 di buku biografi Thomas à Becket, bahwa ada suatu permainan bola yang bernama "Shrovetide" dimainkan oleh sekelompok pekerja muda London (Collins, 2018). Sepak bola merupakan permainan antar dua tim yang berisikan 11 pemain di dalam lapangan dengan tujuan mencetak gol di lapangan berumput dan berwarna hijau (The FA, 2015).

Bermula dari pertunjukkan tersebut sepak bola kemudian menjadi olahraga yang sangat diminati diseluruh dunia hingga sekarang. Selain digemari sebagai hiburan, sepak bola juga menjadi olahraga yang sangat kompetitif, banyak kompetisi lahir mulai dari Piala FA pertama yang diselenggarakan pada musim 1871-72 (Jadevicius, 2019). Lalu piala dunia pertama yang dipilih melalui kongres FIFA ke 18 di Barcelona dengan tuan rumah Uruguay pada tahun 1930 (D'Amado, 2020) hingga mulai bermunculan liga dan kompetisi lainnya.

Lima liga top Eropa merupakan liga tersukses di dunia dengan sejarah, sosial budaya yang kental, gaya bermain yang ketat, dan finansial yang mapan, yang terdiri dari Liga Primer Inggris, *Bundesliga* Jerman, *La Liga* Spanyol, *Serie A* Italia, dan *Ligue 1* Prancis. Gaya permainan pada lima liga tersebut memiliki tipe yang berbeda seperti, strategi atau taktik, filosofi pelatih, dan karakteristik pemain.

Selain hal tersebut, pada lima liga top Eropa juga mementingkan data antropometri, performa teknis, performa fisik, riwayat cedera, keseimbangan kompetisi, dan rekrutmen pemain (Yi et al., 2019).

Dalam sebuah tim sepak bola, manajer adalah pembuat keputusan menentukan pemain untuk direkrut agar menambah kekuatan ke dalam tim, karena rekrutmen pemain yang tepat merupakan salah satu penentu tim meraih kesuksesan. Manajer di lima liga top Eropa gemar melakukan rekrutmen pemain menggunakan data performa pemain, harga, jangka kontrak tersisa pemain (Müller et al., 2017), dan *networking* staf *scouting* antar klub (Velema, 2021), dan adanya aturan *Financial Fair Play* bagi klub-klub eropa (Garcia-del Barrio and Pujol, 2020). Faktor lain yang dapat mempengaruhi kebijakan rekrutmen sebuah klub adalah dengan naiknya harga transfer seorang pemain karena adanya pembagian hak untuk pihak ketiga seperti, agen pemain, perusahaan yang menaungi agensi pemain, dan investor (Depken and Globan, 2021). Oleh karena itu klub-klub sepak bola harus selektif dengan melakukan analisis terlebih dahulu sebelum merekrut pemain agar tidak menimbulkan kerugian untuk klub itu sendiri. Sebagaimana dalam al-Qur'an surat al-Qashash dijelaskan sebagai berikut:

... هَٰ إِنَّ خَيْرَ مَنِ اسْتَأْجَرْتَ الْقَوِيُّ الْأَمِينُ ﴿٢٦﴾

Artinya: “Sesungguhnya orang yang paling baik yang engkau ambil sebagai pekerja (pada kita) ialah orang yang kuat dan dapat dipercaya.” (QS. Al-Qashash: 26)

Rekrutmen pemain yang tidak tepat dapat menimbulkan efek buruk ke dalam tim yakni kekalahan dalam sebuah pertandingan, penurunan performa team, penurunan peringkat dalam klasemen, pencadangan pemain, pemain dipinjamkan ke klub lain, pengurangan gaji pemain dan biaya transfer sebuah klub, potensi

pengembalian investasi (ROI) untuk klub yang terbatas (Michael, 2021), hingga pemecatan pelatih.

Dalam hadits riwayat Shahih Al-Bukhari, Rasulullah SAW bersabda:

إِذَا صُيِّعَتِ الْأَمَانَةُ فَانْتَظِرِ السَّاعَةَ قَالَ كَيْفَ إِضَاعَتُهَا يَا رَسُولَ
اللَّهِ قَالَ إِذَا أُسْنِدَ الْأَمْرُ إِلَى غَيْرِ أَهْلِهِ فَانْتَظِرِ السَّاعَةَ

Artinya: “Jika amanah telah disia-siakan, maka tunggulah Kiamat tiba.” Ada seorang sahabat bertanya, ‘Bagaimana amanah itu disia-siakan?’ Nabi menjawab, ”Apabila suatu perkara diserahkan kepada yang bukan ahlinya, maka tunggulah Kiamat tiba”.” Dalam hadits ini menunjukkan bahwa perekrutan pemain sepak bola yang kompeten serta memiliki keahlian, disiplin, berdedikasi, dan pengalaman (Ariyanto and Pramono, 2022).

Seperti yang terjadi pada 2006 saat Chelsea FC merekrut striker AC Milan yaitu Andriy Shevchenko dengan harga yang tinggi pada saat itu meskipun performa pemain tersebut sedang menurun. Terbukti dari 58 pertandingan Andriy Shevchenko hanya mampu mencetak 9 gol dan menjadikannya sebagai rekrutmen terburuk Chelsea FC sepanjang sejarah (Kim et al., 2021). Lalu ada Philippe Coutinho yang direkrut FC Barcelona dari Liverpool FC pada tahun 2018 dengan harga fantastis yaitu sebesar 146 juta poundsterling namun mengalami performa buruk dan musim yang tidak sukses pada periode 2018-19 (Kharrat et al., 2020) dan Harry Maguire yang ditransfer Manchester United dari Leicester City FC pada tahun 2019 dengan nilai sebesar 78.3 juta poundsterling (Mchale and Holmes, 2022) namun hingga musim 2021-22 masih belum menampilkan performa yang baik (FBref.com, 2022b).

Kesalahan rekrutmen pemain tersebut seharusnya tidak terjadi dan harus

dihindari oleh tim rekrutmen sebuah klub. Untuk menghindari kesalahan tersebut terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan sebuah tim sepak bola untuk menganalisa performa pemain yang akan direkrut ke dalam tim, salah satunya adalah metode *clustering*. Terdapat banyak metode *clustering* yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi data performa pemain sepak bola yaitu *agglomerative hierarchical clustering* (Kawasaki et al., 2019), *hierarchical clustering* (Coutinho et al., 2022), dan *K-Means clustering* (Fortuna et al., 2018).

Beberapa penelitian menggunakan *K-means clustering* pada olahraga juga telah dilakukan, seperti penelitian terhadap data tingkat stres suatu kompetisi yang menghasilkan tiga klaster dimana tingkat stres ditentukan oleh kondisi dan tekanan pada atlet, serta keadaan sekitarnya (Hong and Yao, 2017). Pada penelitian yang lain, *K-means clustering* digunakan untuk mengelompokkan pemain muda *American Football* berdasarkan data ekspektasi performa dan posisi masing-masing pemain dan menghasilkan tiga klaster yang dapat mengevaluasi performa individu setiap pemain dalam latihan (Shelly et al., 2020). Selain itu terdapat penelitian lain tentang mengelompokkan pemain sepak bola berdasarkan performa untuk memilih kebutuhan tim yang tepat yang menggunakan metode *robust fuzzy clustering* (D'Urso et al., 2022). Lalu pada penelitian lainnya *clustering* juga digunakan untuk menentukan posisi dan peran bagi seorang pemain yang ideal dalam formasi sebuah tim sepak bola (Behravan et al., 2019). Selain pada sepak bola, *clustering* juga telah dilakukan pada olahraga bola basket untuk mengidentifikasi persiapan pemain secara individu serta menentukan strategi tim (Zhang et al., 2018). *Clustering* juga telah digunakan pada penelitian tentang olahraga tennis untuk mengevaluasi performa petenis untuk persiapan pertandingan dengan menggunakan data turnamen *Grand Slam* (Cui et al., 2019).

K-Means ialah metode *clustering* populer yang digunakan untuk mengelompokkan data menjadi beberapa K kluster dengan menentukan titik pusat kluster dan titik terdekatnya (Moubayed et al., 2020), selain itu *K-means clustering* juga dapat dengan baik menentukan keanggotaan kluster tertentu (Quartioli et al., 2018). *K-Means clustering* juga dapat mengelompokkan data-data dengan cepat namun inisialisasi klasternya dipilih secara acak.

Kemampuan menentukan jumlah pusat *cluster* serta penentuan sensitivitas terhadap pemilihan titik pusat awal dari *K-means clustering* masih secara manual. Hal tersebut dapat mempengaruhi kecepatan konvergensi dan hasil pengelompokan (Zhang and Peng, 2022). Terdapat metode yang dapat meningkatkan performa K-means dengan mengoptimalkan kluster menggunakan *Ant Colony Optimization* (Kumar et al., 2020), *Genetic Algorithm* (Mohammadrezapour et al., 2020), *Artificial Fish Swarm Optimization* (Feng et al., 2020), *Bee Colony Optimization* (Das et al., 2018), dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) (Patel et al., 2017).

Pada penelitian ini digunakan PSO model *flocking bird* (Patel et al., 2017) yang diasumsikan bahwa para burung-burung menyebar secara acak di suatu area yang memiliki makanan yang sama dan posisinya tidak diketahui oleh setiap burung meskipun jaraknya dari burung sudah diketahui (Salih et al., 2019). Burung dapat dianggap sebagai partikel dan posisi setiap burung dapat dianggap sebagai solusi yang memungkinkan. Dengan demikian, setiap partikel memiliki beberapa sifat penting, seperti posisi dan kecepatannya saat ini dalam ruang pencarian, dan posisi individu terbaik yang pernah ditemukan partikel selama pencarian. Sedangkan, posisi individu terbaik dari semua posisi individu terbaik disebut posisi optimal global (Ding and Gu, 2020). PSO memiliki beberapa keunggulan seperti mengoptimasi metode strategi latihan atlet sepeda kayuh di Inggris yang lebih

efektif dibandingkan metode latihan standard (Kumyaito et al., 2018). Lalu dapat menghasilkan kluster yang rapat dan lebih baik dari metode *K-Means clustering* yang reguler (Chouhan and Purohit, 2018). Selain itu PSO dapat memperjernih segmentasi gambar dengan stabil (Chen et al., 2019). Serta memprediksi rotasi patologi tibia berdasarkan jenis rotasi dengan mmembagi menjadi 3 kluster yang menghasilkan kluster dengan akurasi tinggi pada setiap jenis rotasinya (Sari et al., 2018).

Berdasarkan penjelasan diatas, terdapat ketertarikan peneliti untuk melakukan analisis sistem rekrutmen pemain sepak bola menggunakan *K-Means clustering*. Hasil dari *clustering* tersebut berupa pengelompokkan pemain sepak bola dari performanya yang digunakan untuk merekrut pemain agar dapat membantu memenangkan pertandingan, menjuarai sebuah kompetisi, serta meningkatkan kesuksesan sebuah klub di beberapa musim kedepan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang diatas terdapat beberapa rumusan masalah, sebagai berikut:

1. Bagaimana *clustering* optimal untuk pemain sepak bola menggunakan *K-Means clustering* dengan *Particle Swarm Optimization*?
2. Bagaimana hasil *clustering* performa pemain sepak bola menggunakan *K-Means clustering* dengan *Particle Swarm Optimization*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari penjabaran rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui *clustering* optimal menggunakan *K-Means clustering* dengan *Particle Swarm Optimization*.
2. Dapat mengetahui hasil *clustering* performa pemain sepak bola menggunakan *K-Means clustering* dengan *Particle Swarm Optimization*.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun kandungan manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu referensi penelitian terkait dengan K-means clustering yang dioptimasi dengan Particle Swarm Optimization dan terapannya.

2. Manfaat Praktis

(a) Bagi Penulis

Menambah pengetahuan dan wawasan baru mengenai metode *K-Means Clustering* dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk rekrutmen pemain sepak bola.

(b) Bagi Tim Rekrutmen Klub Sepak Bola

Membantu tim rekrutmen klub sepak bola sebagai dasar dalam melakukan rekrutmen pemain agar tidak menimbulkan kerugian bagi klub.

(c) Bagi Masyarakat Umum

Membantu masyarakat untuk mendapatkan informasi pemain sepak bola dan pemain yang akan direkrut oleh klub sepak bola yang didukung.

1.5. Batasan Masalah

Adapun penjelasan untuk batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data spatio-temporal performa pemain sepak bola di 5 Liga Top Eropa pada Musim 2022/2023.
2. Metode yang digunakan adalah *K-Means clustering* dengan uji coba sebanyak $k=2$ sampai dengan $k=4$.
3. PSO pada penelitian ini menggunakan jenis *flocking bird* atau kawanan burung yang mencari makan (Zaman and Gharehchopogh, 2022).
4. Batasan taraf pada kriteria eliminasi yang digunakan yaitu 1×10^{-5} serta iterasi sebanyak 200 kali (Eltamaly, 2021).

1.6. Sistematika Penulisan

Bagian ini berisi mengenai paparan garis-garis besar isi tiap bab. Bab I yaitu pendahuluan, berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan masalah dengan sistematika penulisannya. Bab II merupakan tinjauan pustaka yang berisi mengenai penjelasan dari tinjauan pustaka yang dikaji dalam penelitian yang dilakukan pada topik ini, yaitu sepak bola serta variabel yang mempengaruhi, *spatio-temporal data*, *k-means clustering*, *particle swarm optimization* (PSO), dan *silhouette coefficient*. Bab III adalah bagian metode penelitian, berisi tentang jenis penelitian, serta sumber data dengan teknik analisis datanya. Bab IV berisi tentang hasil dan pembahasan dari *k-means* dan *pso* yang dilakukan terhadap data performa pemain sepak bola serta keterkaitannya dengan pembahasan mengenai

ayat pada al-quran. Bab V merupakan simpulan dari penelitian yang berisi jawaban dari rumusan masalah.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sepak Bola

Sepak bola merupakan olahraga yang secara umum menitikberatkan pada tubuh, kekuatan, dan fisik untuk mencetak goal. Pemain dapat mencetak goal dengan menendang bola hingga melewati garis gawang. Sebelum melakukan tendangan, pemain juga dapat melakukan teknik menggiring bola guna melindungi bola dan menyerang hingga pertahanan lawan. Selain itu tujuan mencetak gol adalah untuk memenangkan pertandingan dengan tim yang mencetak gol lebih banyak ialah yang menjadi pemenang (Kitching, 2015).

Dalam sepak bola, sebuah tim berisikan 11 orang pemain pada lapangan rumput yang berwarna hijau dengan panjang minimum 90cm dan maksimum 120cm serta lebar minimum 45cm sampai 90cm untuk pertandingan lokal, sedangkan untuk pertandingan internasional panjang minimum dari lapangan yaitu 100cm dan maksimum 110cm lalu untuk lebar minimum yaitu 64cm hingga maksimum 75cm (IFAB, 2022).

Mengukur kinerja pemain merupakan hal yang penting faktor dalam proses pengambilan keputusan dalam olahraga tim karena merupakan salah satu manfaat besar yang dapat diperoleh untuk klub sepak bola (Merhej et al., 2021). Untuk meningkatkan kesuksesan pemain, klub sepak bola mulai memantau pemain mereka menggunakan data yang dianalisis dengan teknik *machine learning*. Analisis data dapat membantu pelatih membuat keputusan yang lebih baik

sehingga dapat meningkatkan hasil tim dalam pertandingan (Roy and Sasmal, 2021).

Key Performance Indicators (KPI) dibutuhkan untuk menganalisis performa dan kinerja seorang pemain sepak bola. KPI memiliki peran krusial karena dapat memberikan informasi yang cepat dan terpercaya dengan membandingkan performa pemain dan target yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan dalam berbisnis (Peral et al., 2017). KPI dalam mengukur performa pemain sepak bola ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Contoh Variabel Performa Pemain Sepak Bola

Indikator	Deskripsi
Gol (X1)	Gol yang dicetak.
Assists (X2)	Umpan yang menjadi gol.
Ekspektasi Gol (X3)	Probabilitas bahwa tendangan akan menghasilkan gol berdasarkan karakteristik tendangan dan peristiwa yang mengarah sebelum terjadinya tendangan. Termasuk tendangan penalti proses sebelum terjadinya tendangan penalti.

Ekspektasi Gol Bukan Penalti (X4)	Probabilitas bahwa tendangan akan menghasilkan gol berdasarkan karakteristik tendangan dan peristiwa yang mengarah sebelum terjadinya tendangan tanpa tendangan penalti.
Ekspektasi Assists (X5)	Probabilitas bahwa umpan akan menghasilkan gol berdasarkan karakteristik umpan.
Total Tendangan (X6)	Total dari seluruh tendangan pemain tanpa penalti.
Tendangan Mengarah ke Gawang per 90 menit (X7)	Total dari seluruh tendangan yang mengarah tepat ke gawang tanpa penalti selama 90menit.
Tendangan Mengarah ke Gawang (X8)	Total dari seluruh tendangan yang mengarah tepat ke gawang tanpa penalti.
Gol per Tendangan (X9)	Tendangan yang menjadi gol.
Gol per Tendangan Mengarah ke Gawang (X10)	Tendangan mengarah tepat ke gawang yang menjadi gol.
Umpan Tepat (X11)	Umpan yang dibuat dan mengarah tepat pada kaki rekan satu tim.
Umpan (X12)	Umpan yang dibuat.

Jarak Umpan Progresif (X13)	Jarak dari umpan yang dibuat menuju daerah pertahanan tim lawan dalam <i>yards</i> .
Umpan Kunci (X14)	Umpan yang langsung mengarah pada tendangan.
Umpan ke Sepertiga Area Lawan (X15)	Umpan yang berhasil menuju area 1/3 pertahanan lawan yang mendekati gol dan tidak termasuk tendangan bebas.
Tekel (X16)	Angka pemain lawan yang ditekel.
Tekel Berhasil (X17)	Tekel yang berhasil dilakukan dan merebut penguasaan bola dari lawan.
Dribble Past (X18)	Angka seberapa banyak dilewati lawan.
Blokir (X19)	Angka seberapa banyak melakukan blok.
Blokir Tendangan (X20)	Angka seberapa banyak melakukan blok terhadap tendangan.
Blokir Umpan (X21)	Angka seberapa banyak melakukan blok terhadap umpan.
Intersep (X22)	Angka seberapa banyak seorang pemain melakukan intersep atau memotong umpan.

Clearances (X23)	Angka seberapa banyak seorang pemain memjauhkan bola dari pertahanan.
Error dalam Bertahan (X24)	Angka seorang pemain yang melakukan kesalahan yang membuat lawan dapat melakukan tendangan.
Gagal Kontrol Bola (X25)	Angka seorang pemain yang gagal melakukan kontrol bola.
Salah penempatan posisi (X26)	Angka seorang pemain yang salah melakukan penempatan posisi.
Duel Areal Berhasil (X27)	Angka seorang pemain yang berhasil memenangkan duel di udara.
Duel Areal Gagal (X28)	Angka seorang pemain yang gagal memenangkan duel di udara.

Sumber: (FBref.com, 2022c)

Indikator diatas merupakan indikator yang dapat digunakan untuk menganalisis performa seorang pemain sepak bola di lapangan baik saat posisi menyerang atau saat sedang bertahan. Data posisi dapat digunakan untuk mengembangkan sebagai indikator kolektivitas performa pemain guna menggambarkan dan memahami dinamika pertandingan. Seperti mengukur jarak ke posisi dasar dan memfasilitasi penilaian kecepatan koordinasi antar pemain serta menggambarkan perbedaan dalam kontribusi gerakan pemain pada organisasi tim secara keseluruhan. Selain

itu data posisi dapat digunakan untuk mengeksplorasi dinamika pola membuat peluang, proses mencetak gol, dan tujuan dari strategi pelatih. Variabilitas jarak antar lini tengah dan garis pertahanan dapat digunakan untuk menilai koordinasi antar-tim dan antar-lini dalam periode kritis serta beberapa waktu juga dapat membantu memahami proses mencetak gol atau untuk mencegah kebobolan (Memmert et al., 2017).

2.2. Normalisasi Data

Sebelum menjalankan proses data *training*, tahap pertama yang dilakukan adalah *pre-processing* data. Teknik *pre-processing* sendiri memiliki beberapa jenis yaitu diskritisasi, seleksi fitur, *noise detection*, *outlier detection*, *instance detection*, *missing data manipulation*, dan normalisasi (Alexandropoulos et al., 2019). Normalisasi adalah langkah awal yang penting dalam pengambilan keputusan sistem untuk memastikan bahwa nilainya numerik dan dapat dibandingkan untuk memungkinkan agregasinya.

Normalisasi data juga merupakan teknik *pre-processing* yang berperan penting untuk menghasilkan parameter yang sebanding dan tidak berdimensi agar dapat digunakan untuk mendapatkan hasil keputusan akhir. Berbagai teknik normalisasi telah dikembangkan, tetapi terdapat satu kesulitan yang berulang terjadi adalah untuk menganalisis kinerja dari teknik yang akan digunakan, karena mungkin tergantung pada karakteristik khusus pengambilan keputusan dari setiap masalah (Vafaei et al., 2020).

Ada beberapa metode untuk melakukan normalisasi, beberapa yang populer dan sering digunakan yakni *Simple Feature Scalling*, *Min-Max*, dan *Z-score* (Jo, 2019). Pada penelitian ini normalisasi dilakukan dengan *z-score normalization*,

dimana nilai normalisasi pada atribut normalisasi z-score dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$z = \frac{X - \mu_X}{\sigma_X} \quad (2.1)$$

dimana μ_X adalah nilai rata-rata dan σ_X merupakan standard deviasi, lalu X merupakan nilai inputnya (Jain et al., 2018).

2.3. Clustering

Clustering merupakan metode yang digunakan untuk mempartisi atau mengelompokkan data objek (atau pengamatan) menjadi himpunan bagian yang disebut kelompok atau *cluster*. Objek yang saling berdekatan diposisikan dalam kelompok yang sama. *Clustering* juga mengklasifikasikan objek data yang serupa namun tidak seperti klasifikasi, pada *clustering* label dari kelas tidak atau belum diketahui. *Clustering* adalah salah satu teknik yang paling populer yang tidak hanya digunakan dalam *data mining* tetapi juga digunakan pada statistika, segmentasi gambar, *pattern recognition*, *object recognition*, *information retrieval*, bioinformatika, dll (Gupta and Chandra, 2020). Berikut merupakan contoh jenis-jenis metode clustering.

2.4. Particle Swarm Optimization (PSO)

Algoritma PSO terinspirasi dari perilaku burung yang berkelompok di alam. Dalam algoritma ini, setiap partikel dianggap sebagai solusi untuk suatu permasalahan optimasi dan terdiri dari dua vektor yakni vektor posisi dan vektor kecepatan. Vektor posisi mencakup nilai untuk setiap variabel yang jika memiliki dua parameter, maka partikel akan memiliki vektor posisi dengan dua dimensi.

Setiap partikel kemudian akan dapat bergerak dalam ruang n -dimensi dimana n adalah jumlah variabel. Vektor kecepatan digunakan untuk memperbarui posisi partikel serta dapat menentukan besar dan arah ukuran langkah untuk setiap dimensi dan setiap partikelnya secara independen (Mirjalili et al., 2020).

Algoritma *particle swarm* dapat memperbarui posisi relatifnya dari iterasi satu ke iterasi yang lain, untuk meningkatkan performa proses pencarian partikel dari PSO. Untuk memperoleh solusi optimal, setiap partikel bergerak menuju posisi lokal terbaik p_{best} dan posisi global terbaik g_{best} dari *swarm*.

Diasumsikan terdapat sebuah masalah minimalisasi, dimana

$$p_{best_i}^t = x_i^* | f(x_x^*) = \min_{k=1,2,\dots,t} (\{f(x_i^k)\}), \quad (2.2)$$

dan pada

$$g_{best}^t = x_*^t | f(x_*^t) = \min_{i=1,2,\dots,N \text{ dan } k=1,2,\dots,t} (\{f(x_i^k)\}), \quad (2.3)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, N$ $k = 1, 2, \dots, t$ serta $f(x)$ merupakan

$$f(x) = \left(1 + \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^N x_i^2 - \prod_{i=1}^N \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) \right) \quad (2.4)$$

Pada persamaan diatas dimana i merupakan index dari partikel, lalu t merupakan nilai iterasi, f merupakan fungsi objektif yang akan dioptimasi, selanjutnya x merupakan posisi dari vektor, dan N merupakan jumlah partikel pada kawanan (Gad, 2022).

Fungsi yang digunakan untuk optimasi pada p_{best} dan g_{best} merupakan fungsi Griewank, dimana pada fungsi tersebut dapat digunakan untuk melakukan optimasi

pada PSO dan berbagai macam algoritma optimasi lainnya (Huang et al., 2019). Pada fungsi tersebut dimana p_{best} akan mencari nilai p yang terkecil dari 200 iterasi dan g_{best} selain iterasi terkecil juga mencari nilai yang terkecil dari partikelnya. Persamaan diatas dapat diperbarui dengan iterasi $t + 1$, lalu v merupakan kecepatan dan x merupakan posisi untuk setiap particle i seperti persamaan berikut.

$$v_i^{t+1} = w * V_i^t + C_1 r_1 (p_{best_i}^t - x_i^t) + c_2 r_2 (g_{best}^t - x_i^t) \quad (2.5)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (2.6)$$

Dimana untuk v merepresentasikan kecepatan vektor, w merupakan *inertia weight* sebagai penyeimbang dari eksploitasi lokal dan eksploitasi global, untuk r_1 dan r_2 merupakan random vektor yang secara seragam mendistribusi dalam jangkauan $[0, 1]$, lalu c_1 dan c_2 merupakan koefisien akselerasi dari pergerakan partikel yang bernilai konstan positif (Gad, 2022). *Inertia weight* $w = 1.66$ serta koefisien akselerasi $c_1 r_1 = c_2 r_2 = 5.3$ pada penelitian ini menggunakan ketentuan berdasarkan penelitian dari Bendtsen (2022).

Terdapat kriteria eliminasi yang digunakan pada proses peningkatan konvergensi PSO dan mendapatkan nilai optimum global. Beberapa teknik dapat digunakan untuk memperoleh kriteria eliminasi yang baik. Kriteria eliminasi dapat menggunakan jumlah maksimum dari iterasi atau menggunakan perbandingan nilai dari jarak maksimum setiap partikel terbaik dan dipilih jika nilai tersebut berada dibawah batas taraf yang diberikan (Vincent et al., 2020) dimana pada penelitian ini batas taraf yang digunakan adalah 1×10^{-5} dan menggunakan sebanyak 200 kali iterasi (Eltamaly, 2021).

2.5. K-Means Clustering

K-means adalah teknik atau metode *clustering* yang dapat mengelompokkan data dengan waktu pemrosesan yang relatif cepat dan efektif. Namun, algoritma k-means memiliki kelemahan yang bergantung pada nilai awal *cluster* untuk menentukan titik pusat dengan tujuan menghasilkan solusi yang optimal. Hasil kesamaan atau kedekatan antara data dari proses pengujian k-means merupakan nilai ekspektasi. Dengan demikian, metode ini dapat dibagi menjadi beberapa *cluster*, dimana tingkat kesamaan yang tinggi dapat diperoleh di seluruh *cluster* (Hassan et al., 2021).

K-means membuat partisi dari sekumpulan titik data, $X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, menjadi sebuah bilangan dari *cluster* j lalu X_j merupakan rata-rata dari *cluster* ke k . Pemartisian tersebut berdasarkan kriteria dari kesamaan jarak *euclidean* yang didefinisikan dalam persamaan (2.7) dibawah ini.

$$d = \sqrt{\sum_{j=1}^k \sum_{x_j \in X} (x_j - m_i)^2} \quad (2.7)$$

dimana, m_i adalah titik pusat dari *cluster* i . Pada metode ini fungsi kriteria dari d diminimalisasi secara iteratif (Mittal et al., 2022).

2.6. Silhouette Coefficient

Metode evaluasi *Silhouette Coefficient* (SC) dapat mengevaluasi *cluster* berdasarkan kohesi yang merupakan rata-rata jarak antara satu titik dengan titik lainnya dalam *cluster* yang sama dan memisahkan rata-rata jarak antara *cluster* yang berbeda (Tambunan et al., 2020). Perbandingan tersebut diperoleh menggunakan nilai *Silhouette* yang berada pada kisaran -1 sampai 1. Jika nilai

rata-rata *Silhouette Coefficient* mendekati 1 berarti menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara objek dan *cluster*. Lalu jika *cluster* dalam suatu model diperoleh nilai rata-rata *Silhouette Coefficient* yang relatif tinggi maka model tersebut dapat diterima (Yuan and Yang, 2019). Nilai rata-rata pada silhouette coefficient memiliki 4 level yang ditunjukkan pada Tabel 2.6. berikut.

Tabel 2.2 Tingkat Nilai Akurasi Silhouette Coefficient

Peringkat	Level	Nilai SW
1	Kuat	0.71-1.00
2	Cukup	0.51-0.70
3	Lemah	0.26-0.5
4	Buruk	0-0.25

Sumber: (Hasanzadeh-Mofrad and Rezvanian, 2018)

Pada perhitungan *Silhouette Coefficient*, untuk setiap objek ke j yang merupakan elemen dari cluster X_j , terdapat nilai lebar dari persegi panjang pada plot *silhouette* yang ditunjukkan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$SW_{m_i} = \frac{b(m_i) - a(m_i)}{\max\{a(m_i), b(m_i)\}} \quad (2.8)$$

Dimana x_i merupakan elemen dari cluster x_j , lalu $a(m_i)$ merupakan rata-rata jarak dari m_i ke semua elemen lainnya pada cluster x_j dan $b(m_i) = \min\{d_l(m_i)\}$ diantara semua *cluster* $l \neq k$, di mana $d_l(m_i)$ adalah jarak rata-rata dari m_i ke semua titik dalam himpunan x_j untuk $l \neq k$ (Shutaywi and Kachouie, 2021).

2.7. Integrasi Keilmuan

Dalam islam pekerjaan menekankan pada etos dan kreatifitas kerja dapat menjadi sumber dari kebahagiaan serta kesempurnaan dalam kehidupan. Setiap manusia bekerja agar mencapai kesuksesan, kemenangan, dan kemuliaan. Selain hal tersebut, dalam islam juga mengenal etos kerja yang berpedoman pada kejujuran, kebaikan, kesederhanaan (*qana'ah* dan *zuhud*), dll. Dalam islam pekerjaan dipandang sebagai kewajiban bagi setiap manusia diseluruh dunia. Seperti yang dijelaskan surah At-Taubah ayat 105 yaitu:

وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى
 عِلْمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ ﴿١٠٥﴾

Artinya: “Dan katakanlah, “Bekerjalah kamu, maka Allah akan melihat pekerjaanmu, begitu juga Rasul-Nya dan orang-orang mukmin, dan kamu akan dikembalikan kepada (Allah) Yang Mengetahui yang gaib dan yang nyata, lalu diberitakan-Nya kepada kamu apa yang telah kamu kerjakan.” (QS. At-Taubah: 105).

Islam juga mengajarkan untuk memiliki etos kerja yang baik dengan senantiasa menjadikan produktifitas dan progresifitas sebagai acuan di berbagai aspek kehidupan. Kata ‘amal mengandung definisi dari segala sesuatu yang dilakukan atau dikerjakan oleh seseorang, baik *khairon* hingga *syarron*. Kata shalih merupakan predikat dari amal atau kualitas atau kemampuan dalam bekerja (kerja, usaha yang bagus dan berkualitas). Oleh karena itu kerja merupakan amal dan dalam Islam mengajarkan untuk selalu mengarahkan setiap umat manusia agar melakukan amal (kerja) yang baik, bagus, serta berkualitas (shalih) (Fuaddi, 2018).

Pekerjaan sendiri dapat berbentuk berbagai macam jasa, salah satunya menjadi pemain sepak bola. Pemain sepak bola juga memiliki suatu ketentuan yaitu apabila ingin bermain pada klub atau liga yang terbaik maka dirinya harus sangat menginginkan pekerjaan tersebut dengan bermain dengan baik pada setiap pertandingan, jika tidak maka mau tidak mau harus bertahan pada lingkungan liga atau klub yang tidak mapan. Diriwayatkan dari Abu Hurairah:

حَدَّثَنَا مُسَدَّدٌ حَدَّثَنَا يَحْيَى عَنْ قُرَّةَ بْنِ خَالِدٍ قَالَ حَدَّثَنِي حُمَيْدُ بْنُ هِلَالٍ حَدَّثَنَا أَبُو بَرْدَةَ عَنْ أَبِي مُوسَى رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ أَقْبَلْتُ إِلَى النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ وَمَعِيَ رَجُلَانِ مِنَ الْأَشْعَرِيِّينَ فَقُلْتُ مَا عَمِلْتُ أَنَّهُمَا يَطْلُبَانِ الْعَمَلَ فَقَالَ لَنْ أَوْ لَا نَسْتَعْمِلُ عَلَى عَمَلِنَا مَنْ أَرَادَهُ

Artinya: "Telah menceritakan kepada kami Musaddad, telah menceritakan kepada kami Yahya dari Qurrah bin Khalid berkata, telah menceritakan kepada saya Humaid bin Hilal, telah menceritakan kepada kami Abu Burdah dari Abu Musa radhiallahu'anhu berkata, Aku menghadap menemui Nabi bersama dua orang suku Al Asyariyyin, aku bertanya, "Apa yang harus aku lakukan bila keduanya mengharapkan pekerjaan?" Beliau bersabda, "Sekali-kali jangan atau janganlah engkau memperkerjakan dalam urusan kita ini orang yang berambisi menginginkannya". (HR. Bukhari: 2101).

Seperti halnya pemain sepak bola jika tidak menginginkan untuk bekerja di klub yang tidak dia inginkan dan niatkan untuk bermain dengan kemampuannya

secara profesional, maka dalam hal tersebut dilarang untuk memberikannya kesempatan rekrutmen dan dipilih untuk mendapatkan pekerjaan (Jabani, 2019).

Sebagai pemain sepak bola tentu dalam pekerjaannya dituntut untuk bermain dengan baik, karena akan mendapatkan imbalan berupa kesempatan direkrut klub besar dan mendapatkan pundi-pundi dari hasil bekerjanya sebagai imbalan karena telah bekerja dengan baik.

Imbalan dapat berbentuk pahala dari Allah SWT dan juga dapat berupa upah uang atau gaji dari sesama manusia, atas kesesuaian dengan pekerjaan yang telah diselesaikan. Berdasarkan hal tersebut, kompensasi atau imbalan dibayarkan kepada setiap pemain sepak bola dapat berbeda menurut performa dalam pertandingan, *track record* performa pada klub sebelumnya, dan tanggung jawab pada performa permainannya (Polindi and Farida, 2019).

Sejalan dengan penjelasan diatas, melalui hadits yang diriwayatkan Imam Al-Baihaqi, Nabi Muhammad SAW bersabda:

أَعْطُوا الْأَجِيرَ أَجْرَهُ، قَبْلَ أَنْ يَجِفَّ عَرَقُهُ

Artinya: "Berikanlah gaji kepada pekerja sebelum kering keringatnya, dan beritahukan ketentuan gajinya, terhadap apa yang dikerjakan." (HR. Imam Albaihaqi: 11434). Dan juga sebagaimana melalui sabda Nabi pada hadits yang diriwayatkan oleh Imam Bukhari, Muslim, dan Ahmad yang berbunyi:

... النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ وَأَعْطَى الْحَجَّامَ

Artinya: "Rasulullah SAW berbekam, lalu beliau membayar upahnya kepada orang yang berbekamnya".

Pada hadits tersebut disebutkan bahwa Rasulullah SAW sangat

mementingkan masalah imbalan bagi pekerja dan bahwa Islam telah menunjukkan pedoman terhadap piha-pihak yang memberikan pekerjaan orang lain secara adil dan cukup (Hakim and Havez, 2020).

Pentingnya melakukan pengelompokan rekrutmen pekerjaan dengan memandang pada beberapa kelebihan. Selaras dengan firman Allah SWT yang berbunyi:

قَالَ اجْعَلْنِي عَلَى خَزَائِنِ الْأَرْضِ إِنِّي حَفِيظٌ عَلِيمٌ

Artinya: "Dia (Yusuf) berkata, "Jadikanlah aku pengelola perbendaharaan negeri (Mesir). Sesungguhnya aku adalah orang yang pandai menjaga (amanah) lagi sangat berpengetahuan." Jabatan dan pekerjaan yang akan lakukan Yusuf adalah bendahara keuangan negara. Pada ayat tersebut juga memberikan informasi bahwa calon tenaga kerja atau pemain sepak bola yang akan bekerja harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan baik itu syarat kelebihan dan kekurangan sang pemain.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian sistem rekrutmen pemain sepak bola menggunakan *K-means PSO* pada 5 liga sepak bola top Eropa ini termasuk pada penelitian kuantitatif berdasarkan data yang digunakan. Data pada penelitian ini juga mencakup nilai probabilitas, ekspektasi, dan persentase pemain sepak bola yang merupakan data numerik. Penelitian ini menghasilkan pengelompokkan pemain sepak bola pada 5 liga top Eropa menggunakan algoritma PSO sebagai optimasi dari *K-means Clustering* yang diharapkan dapat membantu staff rekrutmen klub sepak bola dalam merekrut pemain yang tepat agar tidak menimbulkan kerugian dan mendapatkan keuntungan serta kesuksesan bagi klub.

3.2. Data Penelitian

Data pada penelitian ini menggunakan data dan variabel-variabel performa pemain sepak bola sebagai data input yang terdiri dari $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{28}$, yang tersedia dan dapat diperoleh pada laman situs *FBref.com* sebanyak 2330 data pemain sepak bola berdasarkan rangking performa selama musim 2022-2023 yang diperoleh saat istirahat piala dunia yakni tengah musim (FBref.com, 2022a) yang ditunjukkan pada Tabel 3.2. berikut.

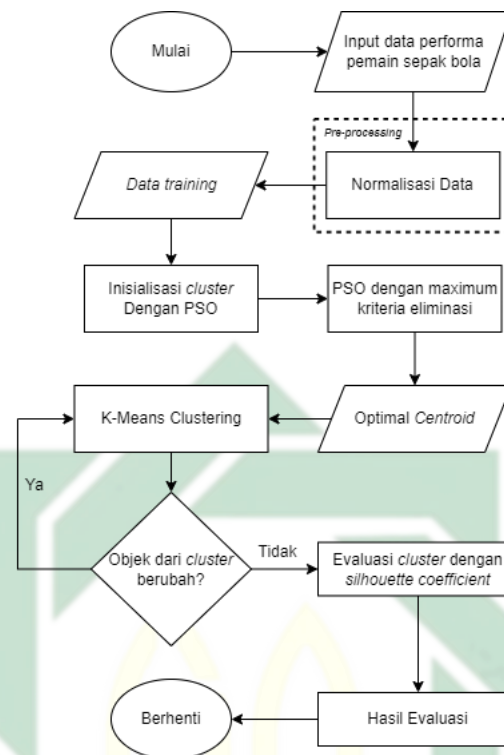
Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
X1	Gol
X2	Assists
X3	Ekspektasi Gol
...	...
X26	Salah Penempatan Posisi
X27	Duel Areal Berhasil
X28	Duel Areal Gagal

Sumber: (FBref.com, 2022c)

3.3. Teknik Analisis Data

Data performa tersebut kemudian dilakukan pengelompokan untuk mengetahui performa pemain termasuk dalam jenis *cluster* yang baik atau buruk, sebelum dilakukan optimasi untuk menginisiasi *cluster centroid* agar mengetahui tingkat optimal metode *K-Means Clustering* dalam mengelompokkan dan memperoleh *cluster* performa pemain yang terbaik dengan tahapannya dijelaskan pada diagram alir berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Secara keseluruhan diagram alir diatas menunjukkan proses pengelompokkan menggunakan *K-Means* dengan $k=2$ sampai dengan $k=4$ yang dioptimasi dengan PSO berdasarkan data performa pemain sepak bola.

1. *Input data* dari data pemain sepak bola yang diperoleh dari *FBref.com*. Berisi data performa pemain sepak bola dari 5 liga top Eropa.
2. *Pre-processing* merupakan permulaan dari pengolahan data yang dilakukan dengan tujuan memperoleh data yang optimal. Pada proses ini dilakukan dengan menggunakan normalisasi *z-score*.
3. Memasukkan data yang telah dinormalisasi, lalu hasil data dari proses tersebut digunakan untuk proses inisialisasi *cluster* dengan menggunakan PSO hingga memenuhi *centroid* optimum.

4. Setelah mendapatkan *centroid* optimum, *K-Means clustering* dilakukan dengan langkah-langkah yang dijelaskan sebagai berikut:

(a) Menentukan nilai *k cluster*.

Dalam proses ini pengujian dilakukan dengan menggunakan $k=2$ hingga $k=4$.

(b) Inisialisai *centroid* secara acak.

Yaitu menginisialisasi cluster dengan memilih 2 hingga 4 titik acak sebagai *centroid*.

(c) Menempatkan semua data atau objek dalam *cluster terdekat*.

Proses ini dilakukan dengan menghitung jarak euclidean dari titik 2 hingga ke 4. Lalu mencari *centroid* baru dari klaster 2 hingga 2 yang telah terbentuk.

(d) Menghitung rata-rata *centroid* dengan anggota dari cluster yang sama.

Pada proses ini *centroid* akan diupdate dengan menghitung rata-rata *centroid* dari setiap cluster.

(e) Memastikan ulang apakah *centroid* mengalami perubahan atau tidak menggunakan *centroid* baru.

Jika *centroid* masih mengalami perubahan maka kembali ke tahap ke 3 hingga mendapatkan *centroid* yang tetap (Aldino et al., 2021).

5. Mengevaluasi *cluster* dari hasil menggunakan *silhouette coefficient*.

6. Evaluasi dari proses *silhouette coefficient* sebelumnya menghasilkan tingkat keakuratan dari *cluster* $k=2$ sampai dengan $k=4$.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

Deskripsi data merupakan penjabaran data yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu data yang berbentuk spatio-temporal dari performa pemain sepak bola yang diperoleh dan telah diolah melalui situs [FBref.com](https://fbref.com) (2022c). Data dijabarkan menggunakan deskripsi statistik seperti pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Data Performa Pemain Sepak Bola

Rank	Nama Pemain	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
1	Brenden Aaronson	1	2	1.9	...	41	6	17
2	Yunis Abdelhamid	0	0	1.3	...	12	29	16
3	Himad Abdelli	0	0	0.4	...	4	2	4
...
2328	Martin Odegaard	6	2	4.1	...	19	5	9
2329	Milan Duric	0	0	0.1	...	0	47	16
2330	Filip Duricic	2	0	0.6	...	26	7	11

Selanjutnya hasil dari deskripsi data pada tabel 4.2 diatas ditunjukkan melalui tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.2 Deskripsi Data Performa Pemain Sepak Bola

Variabel	Mean	Min	Max
----------	------	-----	-----

X1	0.842	0.594	18
X2	0.594	0	10
X3	0.829	0	11.1
...
X26	5.535	0	52
X27	8.189	0	75
X28	8.185	0	79

Tabel 4.2 menjelaskan tentang deskripsi data dengan masing-masing variabel yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam variabel X1 memiliki mean 0.842, min 0, max 18, dst hingga X_{28} yang bernilai 79 yakni variabel kesalahan dalam bertahan. Yang dapat diartikan bahwa pada setiap variabel rata-rata satu pemain mencetak 1 gol pada paruh musim 2022/2023 adalah 0.842, minimal setiap pemain dapat mencetak gol pada paruh musim 2022/2023 adalah 0 karena tidak satu pemain mendapatkan kesempatan mencetak gol selain tergantung dari posisinya, lalu maksimal satu pemain dapat mencetak gol pada paruh musim 2022/2023 adalah 18, dan tiap satu pemain dapat melakukan kesalahan bertahan sebanyak 79 kali dalam satu pertandingan dst. Hingga diperoleh nilai tiap variabel dalam data yang dideskripsikan.

4.2. Normalisasi Data

Seperti yang telah dijabarkan pada bab 3 bahwa data yang digunakan adalah data spatio-temporal performa pemain sepak bola yang telah diolah. Bentuk data tersebut masih terdapat jarak yang cukup jauh dari variabel satu dan lainnya oleh karena itu preprocessing yang berupa normalisasi data dilakukan untuk menjadikan

rentang dari jarak data menjadi tidak terlalu jauh seperti yang ditunjukkan pada contoh hitung berikut ini berikut.

$$z_{1,1} = \frac{X_{1,1} - \mu_{X_{1,1}}}{\sigma_{X_{1,1}}} = \frac{1 - 0.842}{1961} = 0.0975 \quad (4.1)$$

$$z_{2,1} = \frac{X_{2,1} - \mu_{X_{2,1}}}{\sigma_{X_{2,1}}} = \frac{2 - 0.594}{1383} = 1.3023 \quad (4.2)$$

$$z_{3,1} = \frac{X_{3,1} - \mu_{X_{3,1}}}{\sigma_{X_{3,1}}} = \frac{1.9 - 0.829}{09.01} = 0.8201 \quad (4.3)$$

Dengan cara yang sama dapat dilakukan terhadap semua variabel. Teknik preprocessing yang digunakan dalam penelitian ini yakni normalisasi z-score yang ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Data Performa Pemain Sepak Bola Yang Telah Dinormalisasi

X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
0.0975	1.3023	0.8201	...	5.4321	-0.2247	1.0061
0.5181	-0.5496	0.3605	...	0.9902	2.1365	0.8919
-0.9042	-0.5181	-0.5496	...	-0.2350	-0.6353	-0.4775
...
3.1757	1.3023	2.5051	...	2.0624	-0.3273	0.0930
-0.5181	-0.5496	-0.5585	...	-0.8477	3.9845	0.8919
0.7131	-0.5496	-0.1755	...	3.1346	-0.1220	0.3213

Berdasarkan hasil pada tabel 4.3 tersebut, data performa pemain sepak bola telah memiliki rentang yang pendek atau normal karena telah dilakukan proses normalisasi menggunakan *z-score*.

4.3. Inisialisasi *Centroid* Dengan PSO

Pada PSO diperlukan inisialisasi awal secara acak yang ditunjukkan melalui tabel 4.4 hingga tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.4 Inisialisasi Awal Secara Acak Untuk *Centroid* k=2

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	-0.3493	-0.3363	-0.3807	...	-0.4509	-0.4353	-0.4694
C2	0.4779	0.4601	0.5208	...	0.6168	0.5954	0.6421

Tabel 4.5 Inisialisasi Awal Secara Acak Untuk *Centroid* k=3

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	-0.3651	-0.3428	-0.4048	...	-0.4589	-0.4597	-0.4966
C2	1.5087	1.0744	1.6404	...	1.4776	0.3738	0.9581
C3	-0.1740	0.0490	-0.1730	...	0.0412	0.7283	0.4425

Tabel 4.6 Inisialisasi Awal Secara Acak Untuk *Centroid* k=3

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	2.2240	1.6289	2.3637	...	1.9004	0.5767	1.2536
C2	-0.5106	-0.4205	-0.5435	...	-0.6147	-0.5316	-0.6227
C3	-0.1773	0.0367	-0.1705	...	0.0325	0.8067	0.4826
C4	0.2661	0.1044	0.2654	...	0.3538	-0.1068	0.1405

Pada tabel diatas merupakan hasil dari inisialisasi awal yang dilakukan secara acak menggunakan k=2 hingga k=4, dari tabel tersebut berarti bahwa setiap hasil inisialisasi acak dapat diperoleh nilai centroid dari k=2 hingga k=4 hingga mencapai

semua variabel dihitung dan hasil inialisai dengan PSO dilakukan dengan uji coba dari k=2 hingga k=4 yang ditunjukkan dalam tabel 4.7 hingga tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.7 Inisialisasi Centroid k=2

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	0.0020	-0.0078	0.0108	...	0.0060	-0.0010	-0.0018
C2	0.0076	0.00022	-0.0020	...	0.0118	-0.0023	-0.0084

Tabel 4.8 Inisialisasi Centroid k=3

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	0.00018	-0.0023	-0.0046	...	-0.0072	0.0148	0.0043
C2	0.0014	0.0039	-0.0079	...	0.0021	-0.0069	-0.0035
C3	0.0019	-0.0064	-0.0036	...	0.0016	-0.0061	0.0060

Tabel 4.9 Inisialisasi Centroid k=4

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	0.00274	-0.00279	-0.0061	...	0.0016	0.0078	1.1476
C2	0.00055	-0.00911	0.0068	...	-0.0045	0.0026	1.7992
C3	-0.0033	0.0017	0.0019	...	-0.00039	-0.0117	-1.7485
C4	0.0045	-0.0100	-0.0119	...	-0.0014	0.0034	-3.0953

Proses tersebut dilakukan sampai k=4 dengan hasil lengkapnya dapat ditunjukkan pada lampiran. Hasil pada tabel diatas diperoleh melalui proses iterasi sebanyak 200 kali dan batas taraf 1×10^{-5} serta uji coba dengan inisialisasi centroid. Pada proses selanjutnya *K-Means clustering* dilakukan dengan hasil yang telah diperoleh pada tahap inisialisasi centroid tersebut.

4.4. K-Means Clustering

Sebelum melakukan proses *k-means clustering* k-means clustering dihitung terlebih dahulu jarak euclidean antar centroid yang telah diperoleh dari inisialisasi centroid menggunakan PSO pada tabel 4.7 hingga tabel 4.9. Lalu ditunjukkan contoh hitung jarak euclidean dari data ke-n terhadap cluster ke 1 untuk *cluster* k=2 yang terdapat pada tabel 4.7.

$$\begin{aligned}
 d(1, 1) &= \sqrt{\sum_{i=1}^k (X_j - m_i)^2} \\
 &= \sqrt{(0.0048 - 0.0048)^2 + \dots + ((-0.0012) - (-0.0012))^2} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d(2, 1) &= \sqrt{\sum_{i=1}^k (X_j - m_i)^2} \\
 &= \sqrt{(0.0130 - 0.0048)^2 + \dots + ((-0.0058) - (-0.0012))^2} \\
 &= 0.4284
 \end{aligned}$$

dan seterusnya.

Lalu ditunjukkan contoh hitung jarak euclidean dari data ke-n terhadap *cluster* ke 2 untuk *cluster* k=2 yang terletak pada tabel 4.7.

$$\begin{aligned}
 d(1, 2) &= \sqrt{\sum_{i=1}^k (X_j - m_i)^2} \\
 &= \sqrt{(0.0048 - 0.0130)^2 + \dots + ((-0.0012) - (-0.0058))^2} \\
 &= 0.4284
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d(2, 2) &= \sqrt{\sum_{i=1}^k (X_j - m_i)^2} \\
 &= \sqrt{(0.0130 - 0.0130)^2 + \dots + ((-0.0058) - (-0.0058))^2} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Contoh hitung diatas dilakukan pada setiap *cluster* mulai dari k=2 hingga k=4. Selanjutnya, berdasarkan hasil inisialisasi *centroid* awal menggunakan PSO pada tabel 4.7 hingga tabel 4.9 dilakukan proses *k-means clustering*, hasil *centroid* berdasarkan *k-means clustering* yang telah diperbaharui hingga tidak terdapat perubahan posisi *centroid*, yang ditunjukkan pada tabel 4.10 hingga tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.10 Centroid Dari K-means Clustering k=2

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	-0.0340	-0.0323	-0.3244	...	-0.4336	-0.4403	-0.4598
C2	0.0471	0.0448	0.4496	...	0.6009	0.6102	0.6372

Tabel 4.11 Centroid Dari K-means Clustering k=3

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	-0.0277	-0.0182	-0.2528	...	0.0365	0.7357	0.4400
C2	-0.0352	-0.0332	-0.3653	...	-0.4645	-0.4674	-0.4983
C3	0.1589	0.1372	1.5922	...	1.4618	0.3727	0.9383

Tabel 4.12 Centroid Dari K-means Clustering k=4

Centroid	X1	X2	X3	...	X26	X27	X28
C1	-0.0364	-0.0359	-0.3653	...	-0.5483	-0.5754	-0.5813
C2	-0.0258	-0.0157	-0.1995	...	0.1644	0.9681	0.6169
C3	-0.0311	-0.0235	-0.3318	...	-0.1785	-0.0811	-0.1760
C4	0.1779	0.1510	1.7437	...	1.4888	0.3941	1.0080

Pada tabel 4.10 hingga tabel 4.12 diatas dapat diperoleh bahwa hasil centroid tetap *k-means clustering* dari uji coba k=2 hingga k=4 yang dapat diketahui bahwa pada tabel 4.10 hingga 4.12 centroid dari k=2 hingga k=4 dapat digunakan sebagai evaluasi *cluster*. Selanjutnya proses evaluasi *cluster* dilakukan menggunakan *silhouette coefficient* untuk menentukan *cluster* optimal.

4.5. Silhouette Coefficient

Dalam proses *silhouette coefficient* dilakukan perbandingan antar *cluster*, guna mendapatkan hasil *cluster* terbaik dan mendapatkan nilai akurasi dari *silhouette coefficient* seperti pada persamaan 2.13. Hasil *silhouette coefficient* ditunjukkan pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.13 Nilai *Silhouette Coefficient* k=2 Hingga k=4

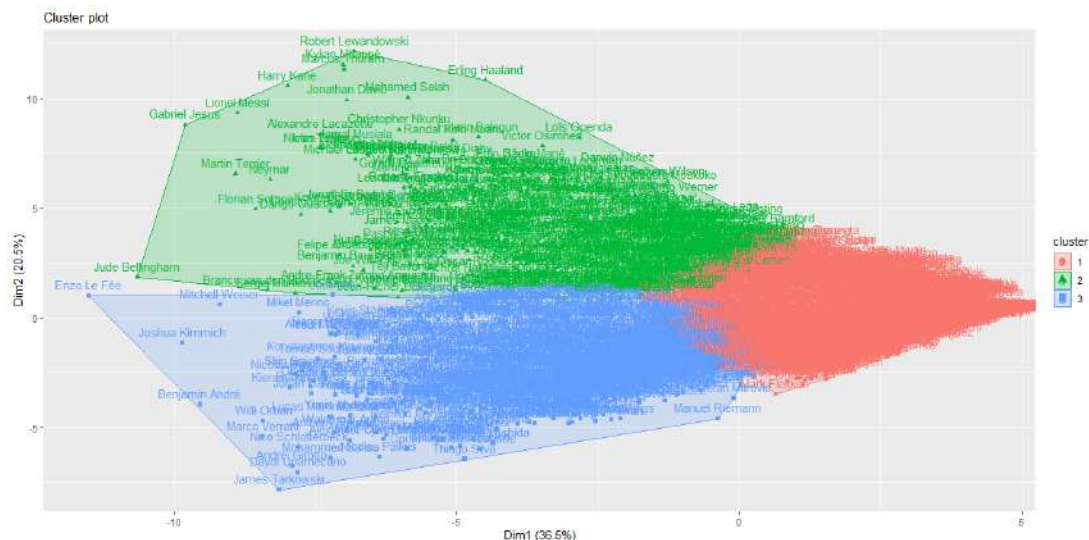
Cluster	<i>Silhouette Coefficient</i>
k=2	0.42
k=3	0.76
k=4	0.29

Pada tabel 4.14 diatas menunjukkan hasil rata rata *silhouette coefficient* dari *k-means* dengan akurasi tertinggi yaitu pada k=3 sebagai *cluster* terbaik dengan nilai *silhouette* 0.76 dari sebanyak 2330 data pemain. Setelah diperoleh centroid optimal, tabel 4.14 menunjukkan nama-nama pemain dari masing-masing *cluster*, maka dapat dilanjutkan proses clustering terhadap para pemain.

Tabel 4.14 Pemain Anggota dari k=3

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Himad Abdelli	Brenden Aaronson	Yunis Abdelhamid
Matthis Abline	Zakaria Aboukhlal	Salis Abdul Samed
Francesco Acerbi	Tammy Abraham	Laurent Abergel
...
Nadir Zortea	Simon Zoller	Kurt Zouma
Szymon Żurkowski	Martin Ødegaard	Igor Zubeldia
Milan Đurić	Filip Đuričić	Martín Zubimendi

Pada tabel 4.31 diatas ditunjukkan pemain yang terdapat ditiap *cluster* pada k=3. Hasil tabel 4.14 diatas juga disajikan dalam gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Diagram hasil clustering dari k=3

Cluster 1 yang berwarna merah merupakan yang direkomendasikan untuk direkrut karena anggota cluster berisi pemain yang dapat bermain pada banyak posisi pada gelandang tengah, gelandang bertahan, dan gelandang menyerang. Seperti contoh salah satu pemain yaitu Jack Grealish yang memiliki performa dan bermain baik diposisi gelandang penyerang yakni gelandang tengah dan gelandang sayap kanan atau kiri saat di Aston Villa serta dapat menghasilkan 3 gol, 4 asis, ekspektasi asis 1.02, dan jarak umpan progresif sebanyak 679 kali selama bermain sebagai gelandang serang dan gelandang sayap pada paruh musim 2022/2023 bersama Manchester City.

Pada *Cluster 2* yang berwarna hijau tim rekrutmen hanya dapat memilih opsi pemain dari anggota *cluster* yang hanya dapat bermain hanya pada satu posisi saja. Dapat diambil salah satu contoh pemain dari anggota *cluster 2* yakni Martin Odegaard sepanjang paruh musim 2022/2023 yang hanya dapat bermain baik pada satu posisi yakni gelandang tengah kanan dengan mencetak 6 gol, 2 asis, ekspektasi asis sebanyak 2.06, dan jarak umpan progresif sebanyak 2044 kali saat bermain

bersama Arsenal.

Cluster 3 yang berwarna biru merupakan *cluster* yang memiliki anggota pemain yang dapat bermain baik pada satu atau dua posisi area pertahanan untuk direkrut. Dapat diambil salah satu contoh pemain yakni Lisandro Martinez yang bermain pada posisi bek tengah dan bek kiri pertahanan dari Manchester United yang mampu menampilkan performa bertahan impresif pada dua posisi tersebut dengan mencetak tekel sukses sebesar 2.36 per pertandingan, blokir tendangan sebesar 1.89 per pertandingan, dan mencetak umpan sukses sebanyak 697 umpan sukses untuk seorang pemain bertahan.

4.6. Pembahasan

Dalam hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan menggunakan *k-means clustering* dengan optimalisasi PSO dapat memunjukkan pemain yang memenuhi kriteria untuk direkrut sebuah klub sepak bola. Dengan hasil dari *silhouette coefficient* terbaik yang diperoleh pada penelitian ini yaitu pada cluster $k=3$ dengan nilai *silhouette* sebesar 0.76, lalu dilakukan perbandingan hasil evaluasi dengan penelitian terdahulu.

Ketika dilakukan perbandingan dengan beberapa penelitian lain seperti (Pappalardo et al., 2019) menggunakan $k=4$ dengan metode *k-means clustering* tanpa optimasi pada data performa pemain yang memperoleh hasil *silhouette* sebesar 0.43, serta penelitian lain yang dilakukan oleh (Li et al., 2022) menggunakan $k=8$ dengan menggunakan *k-means clustering* tanpa optimasi pada data posisi pemain yang memperoleh hasil nilai *silhouette* sebesar 0.41. Diketahui bahwa pada penelitian ini dapat menghasilkan performa *k-means clustering* dengan menggunakan optimasi PSO dengan nilai *silhouette* yakni sebesar 0.76,

dan lebih baik dari dua penelitian terdahulu yang telah dilakukan.

Pada penelitian ini juga didapatkan suatu pesan bahwa merekrut pemain harus dengan pertimbangan yang sangat matang, amanah, dan memenuhi kualifikasi yang diinginkan klub. Tidak hanya dari aspek subjektifitas dalam menentukan dan memilih pemain, akan tetapi perlu juga dilakukan kajian secara kuantitatif melalui metode metode matematika. Salah satunya dengan menggunakan metode *k-means clustering* yang dioptimasi dengan PSO yang berhasil mengelompokkan pemain dan dapat digunakan untuk memilih pemain terbaik untuk direkrut pada klub sepak bola.

Allah SWT memberi petunjuk agar setiap manusia yang memberi pekerjaan kepada manusia lain (rekrutmen) memilih yang terbaik diantara yang terbaik dan amanah serta melaksanakan rekrutmen secara adil. Seperti dalam surah An-Nisa' ayat 58, Allah berfirman:

﴿ إِنَّ اللَّهَ يَأْمُرُكُمْ أَنْ تُؤَدُّوا الْأَمَانَاتِ إِلَىٰ أَهْلِهَا وَإِذَا حَكَمْتُمْ بَيْنَ النَّاسِ أَنْ تَحْكُمُوا بِالْعَدْلِ إِنَّ اللَّهَ نِعِمَّا يَعِظُكُمْ بِهِ إِنَّ اللَّهَ كَانَ سَمِيعًا بَصِيرًا ﴾

Artinya: “Sesungguhnya Allah menyuruh kamu menyampaikan amanah kepada pemiliknya. Apabila kamu menetapkan hukum di antara manusia, hendaklah kamu tetapkan secara adil. Sesungguhnya Allah memberi pengajaran yang paling baik kepadamu. Sesungguhnya Allah Maha mendengar lagi Maha Melihat” (QS: An-Nisa' 58).

Rekrutmen dalam berbagai pekerjaan selayaknya wajib dilakukan secara adil dan tidak boleh terdapat kolusi, korupsi, dan nepotisme serta mementingkan aspek bahwa pemain yang terbaik direkrut untuk memenuhi pekerjaan dengan sangat layak. Jika hal ini tidak dilakukan, maka peluang didapatkannya pemain

yang tidak sesuai ekspektasi atau harapan akan mengalami kegagalan sebagaimana kasus berikut. Transfer yang dilakukan Chelsea dengan merekrut kembali Romelu Lukaku dari Internazionale Milan dengan bandrol sebesar 97 juta poundsterling, Lukaku tidak memenuhi pekerjaan dan kebutuhan dalam tim dengan hanya bermain 16 kali dan 10 dari menit bermain tersebut ia peroleh dari bangku cadangan pada Liga Primer Inggris (Unwin, 2022). Lalu ada rekrutan terbaru Borussia Dortmund di Liga Jerman pada musim 2021/2022 dengan 16 penampilan hanya mampu mencetak 3 gol (Smith, 2021). Dan pada musim 2021/2022, Leicester City merekrut Jannik Vestergaard sebesar 15 juta poundsterling dari Southampton, namun tampil cukup lemah dalam bertahan dengan 14 penampilan di Liga Primer Inggris dengan kebobolan 25 gol dan hanya berhasil mendapatkan 1 nirbobol (Roy, 2022).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode *K-Means clustering* dengan optimasi menggunakan PSO mendapatkan 2 pengetahuan

1. Clustering optimal hasil k-means dengan optimasi pso menghasilkan k=3 sebagai nilai k terbaik dari hasil uji coba k=2 hingga k=4 dengan menghasilkan silhouette coefficient sebesar 0.76, selain itu juga anggota dari clustering optimal memiliki jumlah sebanyak 2330 anggota.
2. Hasil k-means yang dioptimasi menggunakan PSO mendapatkan hasil yang optimal pada pemilihan pemain dengan *cluster* 1 pemain yang memiliki kemampuan dapat bermain pada tiga posisi atau lebih dengan sebanyak 1318 anggota, *cluster* 2 pemain yang hanya dapat bermain cukup baik pada satu posisi saja dengan sebanyak 382 anggota, dan *cluster* 3 dengan anggota pemain yang dapat bermain dalam dua posisi yang memiliki jumlah sebanyak 630 pemain.

5.2. Saran

Pada penelitian mengenai optimasi *K-Means Clustering* dengan PSO dapat dikembangkan lagi menggunakan metode clustering yang lain seperti Hierarchical Clustering, K-Means++, GMM Clustering, dsb. Lalu pada optimasi PSO dapat dikembangkan juga menggunakan metode lainnya seperti Genetic Algorithm, Ant

Colony, Bee Colony, dsb. Serta dapat dikembangkan sebagai lanjutan penelitian menggunakan klasifikasi pemain atau posisi pemain yang dapat diterapkan tim rekrutmen klub sepakbola.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Aldino, A. A., Darwis, D., Prastowo, A. T., and Sujana, C. (2021). Implementation of K-Means Algorithm for Clustering Corn Planting Feasibility Area in South Lampung Regency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751(1).
- Alexandropoulos, S. A. N., Kotsiantis, S. B., and Vrahatis, M. N. (2019). *Data preprocessing in predictive data mining*, volume 34.
- Ariyanto, F. and Pramono, A. T. (2022). Implementasi Manajemen Sumber Daya Insani Di Pondok Pesantren Hidayatullah Balikpapan. *Jesm : Jurnal Ekonomi Syariah Mulawarman*, 1(1):105–114.
- Behravan, I., Zahiri, S. H., Razavi, S. M., and Trasarti, R. (2019). Finding Roles of Players in Football Using Automatic Particle Swarm Optimization-Clustering Algorithm. *Big Data*, 7(1):35–56.
- Bendtsen, C. (2022). Particle Swarm Optimization.
- Chen, X., Miao, P., and Bu, Q. (2019). Image Segmentation Algorithm Based on Particle Swarm Optimization with K-means Optimization. *2019 IEEE International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems, ICPICS 2019*, pages 156–159.
- Chouhan, R. and Purohit, A. (2018). An approach for document clustering using PSO and K-means algorithm. *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2018*, (Icisc):1380–1384.

- Collins, T. (2018). *How football began: A global history of how the world's football codes were born*. Routledge.
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Laakso, T., and Travassos, B. (2022). Clustering ball possession duration according to players' role in football small-sided games. *PLoS ONE*, 17(8 August):1–15.
- Cui, Y., Gómez, M. Á., Gonçalves, B., and Sampaio, J. (2019). Clustering tennis players' anthropometric and individual features helps to reveal performance fingerprints. *European Journal of Sport Science*, 19(8):1032–1044.
- D'Amado, L. J. (2020). Montevideo 1930: reassessing the selection of the first World Cup host. *Soccer and Society*, 00(00):848–860.
- Das, P., Das, D. K., and Dey, S. (2018). A modified Bee Colony Optimization (MBCO) and its hybridization with k-means for an application to data clustering. *Applied Soft Computing Journal*, 70:590–603.
- Depken, C. A. and Globan, T. (2021). Football transfer fee premiums and Europe's big five. *Southern Economic Journal*, 87(3):889–908.
- Ding, H. and Gu, X. (2020). Hybrid of human learning optimization algorithm and particle swarm optimization algorithm with scheduling strategies for the flexible job-shop scheduling problem. *Neurocomputing*, 414:313–332.
- D'Urso, P., De Giovanni, L., and Vitale, V. (2022). A robust method for clustering football players with mixed attributes. *Annals of Operations Research*.
- Eltamaly, A. M. (2021). A novel strategy for optimal pso control parameters determination for pv energy systems. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2):1–28.

FBref.com (2022a). 2022-2023 Big 5 European Leagues Stats — FBref.com.
<https://fbref.com/en/comps/Big5/Big-5-European-Leagues-Stats>.

FBref.com (2022b). Harry Maguire Scouting Report for 2021-2022 Premier League
 — FBref.com. <https://fbref.com/en/players/d8931174/scout/11160/Harry-Maguire-Scouting-Report>.

FBref.com (2022c). Robert Lewandowski Scouting Report for Last 365
 Days Men's Big 5 Leagues and European Competition — FBref.com.
https://fbref.com/en/players/8d78e732/scout/365_euro/Robert-Lewandowski-Scouting-Report.

Feng, Y., Zhao, S., and Liu, H. (2020). Analysis of Network Coverage Optimization
 Based on Feedback K-Means Clustering and Artificial Fish Swarm Algorithm.
IEEE Access, 8:42864–42876.

Fortuna, F., Maturo, F., and Di Battista, T. (2018). Clustering functional data
 streams: Unsupervised classification of soccer top players based on Google
 trends. *Quality and Reliability Engineering International*, 34(7):1448–1460.

Fuaddi, H. (2018). Etos kerja dalam perspektif islam. *Al-Amwal*, 7(1):20–31.

Gad, A. G. (2022). *Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications :
 A Systematic Review*, volume 29. Springer Netherlands.

Garcia-del Barrio, P. and Pujol, F. (2020). Recruiting talent in a global sports
 market: appraisals of soccer players' transfer fees. *Managerial Finance*,
 47(6):789–811.

Gupta, M. K. and Chandra, P. (2020). A comprehensive survey of data mining.
International Journal of Information Technology (Singapore), 12(4):1243–1257.

- Hakim, D. A. and Havez, M. (2020). Politik Hukum Perlindungan Pekerja Migran Indonesia Dalam Perspektif Fikih Siyash Dusturiyah. *Tanjungpura Law Journal*, 4(2):95.
- Hasanzadeh-Mofrad, M. and Rezvanian, A. (2018). Learning Automata Clustering. *Journal of Computational Science*, 24:379–388.
- Hassan, N. S., Abdulazeez, A. M., Zeebaree, D. Q., and Hasan, D. A. (2021). Medical Images Breast Cancer Segmentation Based on K-Means Clustering Algorithm: A Review. *Asian Journal of Research in Computer Science*, (May):23–38.
- Hong, B. and Yao, X. (2017). Sports competition stressors modelling based on K-means algorithm. *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, 55(16):318–325.
- Huang, Y., ping Li, J., and Wang, P. (2019). Unusual phenomenon of optimizing the Griewank function with the increase of dimension. *Frontiers of Information Technology and Electronic Engineering*, 20(10):1344–1360.
- IFAB (2022). Laws of the Game 22/23. page 230.
- Jabani, M. (2019). Analisis Pelaksanaan Rekrutmen Karyawan Berbasis Nilai-Nilai Islam (Studi Pada PT Hadji Kalla Kota Palopo). *Journal Of Institution And Sharia Finance*, 2(2):91–115.
- Jadecivius, A. (2019). FA Cup, UK GDP, FTSE Growth and National House Prices. *SSRN Electronic Journal*.
- Jain, S., Shukla, S., and Wadhvani, R. (2018). Dynamic selection of normalization techniques using data complexity measures. *Expert Systems with Applications*, 106:252–262.

- Jo, J.-M. (2019). Effectiveness of Normalization Pre-Processing of Big Data to the Machine Learning Performance. *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 14(3):547–552.
- Kawasaki, T., Sakaue, K., Matsubara, R., and Ishizaki, S. (2019). Football pass network based on the measurement of player position by using network theory and clustering. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(3):381–392.
- Kharrat, T., McHale, I. G., and Peña, J. L. (2020). Plus–minus player ratings for soccer. *European Journal of Operational Research*, 283(2):726–736.
- Kim, Y., Bui, K. H. N., and Jung, J. J. (2021). Data-driven exploratory approach on player valuation in football transfer market. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 33(3):1–9.
- Kitching, G. (2015). Feature: Modern sport: Society and competition: The origins of football: History, ideology and the making of 'the people's game'. *History Workshop Journal*, 79(1):127–153.
- Kumar, S., Kumar-Solanki, V., Choudhary, S. K., Selamat, A., and Gonzalez-Crespo, R. (2020). Comparative Study on Ant Colony Optimization (ACO) and K-Means Clustering Approaches for Jobs Scheduling and Energy Optimization Model in Internet of Things (IoT). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(1):107.
- Kumyaito, N., Yupapin, P., and Tamee, K. (2018). Planning a sports training program using Adaptive Particle Swarm Optimization with emphasis on physiological constraints. *BMC Research Notes*, 11(1):1–6.

- Li, Y., Zong, S., Shen, Y., Pu, Z., Gómez, M. Á., and Cui, Y. (2022). Characterizing player's playing styles based on player vectors for each playing position in the Chinese Football Super League. *Journal of Sports Sciences*, 40(14):1629–1640.
- Mchale, I. G. and Holmes, B. (2022). performance metrics and machine learning. *European Journal of Operational Research*, (xxxx).
- Memmert, D., Lemmink, K. A., and Sampaio, J. (2017). Current Approaches to Tactical Performance Analyses in Soccer Using Position Data. *Sports Medicine*, 47(1):1–10.
- Merhej, C., Beal, R. J., Matthews, T., and Ramchurn, S. (2021). *What Happened Next? Using Deep Learning to Value Defensive Actions in Football Event-Data*, volume 1. Association for Computing Machinery.
- Michael, C. (2021). Player scouting and recruitment in English men's professional football: opportunities for research. *Journal of Qualitative Research in Sports Studies*, 15(1):57–76.
- Mirjalili, S., Song Dong, J., Lewis, A., and Sadiq, A. S. (2020). *Particle swarm optimization: Theory, literature review, and application in airfoil design*, volume 811. Springer International Publishing.
- Mittal, H., Pandey, A. C., Saraswat, M., Kumar, S., Pal, R., and Modwel, G. (2022). A comprehensive survey of image segmentation: clustering methods, performance parameters, and benchmark datasets. *Multimedia Tools and Applications*, 81(24):35001–35026.
- Mohammadrezapour, O., Kisi, O., and Pourahmad, F. (2020). Fuzzy c-means and K-means clustering with genetic algorithm for identification

- of homogeneous regions of groundwater quality. *Neural Computing and Applications*, 32(8):3763–3775.
- Moubayed, A., Injadat, M., Shami, A., and Lutfiyya, H. (2020). Student Engagement Level in an e-Learning Environment: Clustering Using K-means. *American Journal of Distance Education*, 34(2):137–156.
- Müller, O., Simons, A., and Weinmann, M. (2017). Beyond crowd judgments: Data-driven estimation of market value in association football. *European Journal of Operational Research*, 263(2):611–624.
- Pappalardo, L., Cintia, P., Ferragina, P., Massucco, E., Pedreschi, D., and Giannotti, F. (2019). PlayeRank: Data-driven performance evaluation and player ranking in soccer via a machine learning approach. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 10(5).
- Patel, G. K., Dabhi, V. K., and Prajapati, H. B. (2017). Clustering Using a Combination of Particle Swarm Optimization and K-means. *Journal of Intelligent Systems*, 26(3):457–469.
- Peral, J., Maté, A., and Marco, M. (2017). Application of Data Mining techniques to identify relevant Key Performance Indicators. *Computer Standards and Interfaces*, 50:55–64.
- Polindi, M. and Farida, I. (2019). Model Rekrutmen, Seleksi, Pelatihan Dan Pengembangan, Penialian Kinerja Dan Kompensasi Karyawan Dala Perspektif Manajemen Syari'ah. *Jurnal Aghinya Stiesnu Bengkulu*, 2(1):90–105.
- Quartirolu, A., Parsons-Smith, R. L., Fogarty, G. J., Kuan, G., and Terry, P. C.

- (2018). Cross-cultural validation of mood profile clusters in a sport and exercise context. *Frontiers in Psychology*, 9(October):1–10.
- Roy, A. (2022). The three worst Leicester City signings of the King Power era - Page 3.
- Roy, S. and Sasmal, B. (2021). Integration of Hierarchical Clustering method and Dendrogram method with Expectation Maximization for identification of the best player cluster. *2021 International Conference on Optimization and Applications, ICOA 2021*.
- Salih, S. Q., Alsewari, A. R. A., and Yaseen, Z. M. (2019). Pressure vessel design simulation: Implementing of multi-swarm particle swarm optimization. *ACM International Conference Proceeding Series, Part F1479*(February):120–124.
- Sari, M., Tuna, C., and Akogul, S. (2018). Prediction of tibial rotation pathologies using particle swarm optimization and K-means algorithms. *Journal of Clinical Medicine*, 7(4):5–11.
- Shelly, Z., Burch, R. F., Tian, W., Strawderman, L., Piroli, A., and Bichey, C. (2020). Using K-means clustering to create training groups for elite american football student-athletes based on game demands. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 8(2):47–63.
- Shutaywi, M. and Kachouie, N. N. (2021). Silhouette analysis for performance evaluation in machine learning with applications to clustering. *Entropy*, 23(6):1–17.
- Smith, C. (2021). What are the worst transfers of 2021-22? — FootballTransfers.com.

- Tambunan, H. B., Barus, D. H., Hartono, J., Alam, A. S., Nugraha, D. A., and Usman, H. H. H. (2020). Electrical peak load clustering analysis using K-means algorithm and silhouette coefficient. *Proceeding - 2nd International Conference on Technology and Policy in Electric Power and Energy, ICT-PEP 2020*, pages 258–262.
- The FA (2015). Law 1 - The Field of Play. <https://www.thefa.com/football-rules-governance/lawsandrules/laws/football-11-11/law-1—the-field-of-play>.
- Unwin, W. (2022). Premier League 2021-22 review: flops of the season — Premier League — The Guardian.
- Vafaei, N., Ribeiro, R. A., Camarinha-Matos, L. M., and Valera, L. R. (2020). Normalization techniques for collaborative networks. *Kybernetes*, 49(4):1285–1304.
- Velema, T. A. (2021). Globalization and player recruitment: How teams from European top leagues broker migration flows of footballers in the global transfer network. *International Review for the Sociology of Sport*, 56(4):493–513.
- Vincent, R., Houari, A., Ait-ahmed, M., and Fouad, M. (2020). Influence of different time horizon-based battery energy management strategies on residential microgrid profitability. *Journal of Energy Storage*, 29(November 2019):101340.
- Yi, Q., Groom, R., Dai, C., Liu, H., and Gómez Ruano, M. Á. (2019). Differences in Technical Performance of Players From ‘The Big Five’ European Football Leagues in the UEFA Champions League. *Frontiers in Psychology*, 10(December):1–8.

Yuan, C. and Yang, H. (2019). Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm. *J*, 2(2):226–235.

Zaman, H. R. R. and Gharehchopogh, F. S. (2022). *An improved particle swarm optimization with backtracking search optimization algorithm for solving continuous optimization problems*, volume 38. Springer London.

Zhang, H. and Peng, Q. (2022). PSO and K-means-based semantic segmentation toward agricultural products. *Future Generation Computer Systems*, 126:82–87.

Zhang, S., Lorenzo, A., Gómez, M. A., Mateus, N., Gonçalves, B., and Sampaio, J. (2018). Clustering performances in the NBA according to players' anthropometric attributes and playing experience. *Journal of Sports Sciences*, 36(22):2511–2520.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A