

Tersedia online di www.journal.unipdu.ac.id
UnipduHalaman jurnal di www.journal.unipdu.ac.id/index.php/teknologi

Analisa Formasi Tim Sepakbola Menggunakan Triangulasi Delaunay & Algoritma Clustering

Luki Ardiantoro¹, Nisa Ayunda², Joko Ristono³, Moh. Muslimin⁴

^{1,3} Program Studi Informatika, Universitas Bina Sehat PPNI, Mojokerto, Indonesia

² Program Studi Matematika, Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum, Jombang, Indonesia

⁴ Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Majapahit, Mojokerto, Indonesia

email: ^aipan.ardianto@gmail.com

*Korespondensi

Dikirim 1 Oktober 2024; Direvisi 19 Nopember 2024; Diterima 20 Desember 2024; Diterbitkan 23 Desember 2024

Abstrak

Sepak bola merupakan permainan tim, sehingga keberadaan formasi pemain sangat mutlak dibutuhkan selama pertandingan. Hal ini sangat penting untuk menerapkan taktik dan strategi menyerang maupun bertahan secara efektif. Analisis permainan membutuhkan model kuantitatif untuk memperoleh karakter dan strategi dari sebuah tim sepak bola. Dalam penelitian ini, dikembangkan algoritma untuk analisa formasi permainan tim nasional Indonesia berdasarkan metode triangulasi Delaunay dan algoritma clustering. Triangulasi yang digunakan untuk mendefinisikan pembentukan tim sebagai matiks ketetanggaan triangulasi Delaunay. Formasi pemain bisa diketahui dari peta panas (hot map) pemain selama pertandingan berlangsung, dalam formasi yang umum digunakan, yakni: 4-4-2, 3-5-2, 3-4-3, dll. Selanjutnya, dengan menggunakan clustering hierarki, setiap formasi diklasifikasikan dan dibagi menjadi pola cluster yang lebih spesifik, dimana konfigurasi pemainnya berbeda. Tantangan dalam penelitian ini adalah melakukan visualisasi berupa perbandingan kuantitatif dan analisa deret waktu untuk formasi yang dinamis, serta focus pada transisi antar cluster pada setiap hierarki. Hal ini dibutuhkan untuk melakukan ekstraksi gaya tim dari beberapa pertandingan mengenai pertukaran posisi pemain di dalam formasi yang dinamis. Kemudian dilakukan profilisasi tiap cluster, untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing cluster pada situasi pertandingan. Kesimpulan yang diperoleh adalah algoritma clustering bisa digunakan untuk menganalisa strategi bertanding sebuah tim sepakbola, berdasarkan formasi yang digunakan.

Kata Kunci: Analisa, Sepak Bola, Triangulasi, Delaunay, Clustering.

Analysis of Football Team Formation Using Delaunay Triangulation & Clustering Algorithm

Abstract

Football is a team game, so the presence of player formations is absolutely essential during matches. This is very important for applying attacking and defensive tactics and strategies effectively. Game analysis requires a quantitative model to obtain the character and strategy of a football team. In this study, an algorithm was developed for analyzing the game formation of the Indonesian national football team based on the Delaunay triangulation method and clustering algorithm. The triangulation used to define team formation as a Delaunay triangulation adjacency matrix. Player formations can be determined from the players' hot map during the match, in commonly used formations, namely: 4-4-2, 3-5-2, 3-4-3, etc. Next, using hierarchical clustering, each formation is classified and divided into more specific cluster patterns, where the player configurations differ. The challenge in this research is to perform visualizations in the form of quantitative comparisons and time series analysis for dynamic formations, as well as to focus on the transitions between clusters at each hierarchy. This is needed to extract team styles from several matches regarding player position exchanges within a dynamic formation. Then, profiling of each cluster is carried out to determine the characteristics of each cluster in match situations. The conclusion drawn is that clustering algorithms can be used to analyze a football team's match strategy based on the formation used.

Keywords: : Analysis, Football, Triangulation, Delaunay, Clustering.

Untuk mengutip artikel ini dengan APA Style:

Ardiantoro, L., Ayunda, N., Ristono, J., Muslimin, M. (2024). Analisa Formasi Tim Sepakbola Menggunakan Triangulasi Delaunay & Algoritma Clustering. TEKNOLOGI: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, 14(2), 114-123: <https://doi.org/10.26594/teknologi.v14i2.5108>



© 2025 Penulis. Diterbitkan oleh Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum. Ini adalah artikel *open access* di bawah lisensi CC BY-NC-NA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

1. Pendahuluan

Sepakbola merupakan permainan beregu, setiap pemain yang terlibat memerlukan Kerjasama dan kekompakan dengan anggota tim lainnya. Agar memudahkan dalam penugasan dan berbagi peran selama pertandingan, maka digunakan formasi posisi pemain. Formasi ini juga memudahkan setiap pemain untuk berinteraksi secara dinamis dengan pemain lawan [1]. Cara tradisional yang sering digunakan untuk menggambarkan formasi adalah dengan menggunakan notasi umum, seperti contohnya 3-5-2, yang berarti

3 pemain belakang, 5 pemain tengah (gelandang), 2 pemain depan (penyerang). Meski menggunakan notasi sederhana, namun hal tersebut sudah cukup menggambarkan taktik dan strategi yang digunakan oleh sebuah tim, melalui pemilihan struktur formasi dalam bertahan maupun menyerang [2]. Meskipun demikian, pada kenyataannya untuk menganalisa permainan sebuah tim sepak bola yang lebih mendalam, penggunaan model formasi statis tersebut masih terlalu sederhana untuk digunakan sebagai gambaran karakter permainan secara lebih detail. Oleh karena itu, dengan mengembangkan model kuantitatif yang lebih lengkap, maka bisa diketahui taktik tertentu yang ingin dicapai oleh sebuah tim sepak bola [3]. Taktik yang dijabarkan dari strategi tersebut mengalami perubahan yang sangat dinamis, dalam setiap fase pertandingan melalui perubahan formasi yang digunakan [4]. Pada dasarnya, setiap formasi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Perubahan formasi juga tidak lepas dari peran setiap pemain dalam permainan keseluruhan. Dengan demikian formasi yang terbaik adalah yang sesuai dengan karakter pemain yang dimiliki, kebiasaan serta kelebihan yang dimiliki oleh sebuah tim dalam jangka panjang. Sebagai contoh, Belanda adalah tim dengan karakter menyerang secara total, Italia adalah tim dengan karakter bertahan yang kuat, Inggris digambarkan sebagai tim yang mengandalkan kecepatan dan kekuatan fisik, dll [5].

Okabe, (2000) telah memberikan contoh penelitian berdasarkan pada wilayah Voronoi untuk mengidentifikasi pemain yang memiliki jarak tempuh paling rendah (minimal) dibandingkan dengan pemain lain, berdasarkan formasi dari sebuah tim, dalam suatu pertandingan sepak bola [6]. Secara intuitif hal ini sesuai dengan jumlah diagram Voronoi yang dibentuk oleh setiap pemain selama pertandingan berlangsung. (Kim, 2004) dan (Fonseca et al., 2012) telah melakukan serangkaian penelitian properti dasar dari wilayah Voronoi, untuk pertandingan sepak bola dan hoki [7] [1]. Beberapa penelitian tentang pemanfaatan data untuk pengenalan pola bertanding dalam permainan sepak bola telah dilakukan oleh Taki et.al (1996), Taki et.al (2000) serta (Fujii, 2021) [8] [9], sedangkan Fujimura et.al (2005), Gudmundsson & Horton (2017), pola citra tentang sepak bola selama pertandingan berlangsung [10] [11]. Ardiantoro (2019) tentang bulu tangkis dengan menggunakan metode kuantitatif data mining [12]. Hal tersebut menunjukkan bahwa pertandingan olah raga pada dasarnya membutuhkan analisa keilmuan yang memadai, sehingga membuka kesempatan untuk perkembangan sport science, untuk mendongkrak performa team serta memperbaiki segala kekurangan yang terjadi (fisik, taktik, strategi, dll).

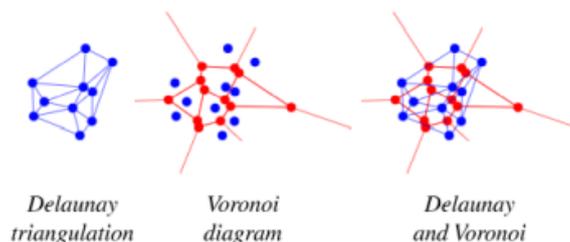
Gudmundsson et.al (2017), telah melakukan serangkaian versi modifikasi dengan mempertimbangkan berbagai atribut pemain seperti kecepatan, akselerasi pemain, daya jelajah selama pertandingan, dalam berbagai cabang olah raga yang dimainkan secara beregu [10]. Bialkowski et.al (2014) mengembangkan pendekatan lain terhadap formasi yang disebut dengan representasi peran. Dimana peran tersebut mewakili posisi relative setiap pemain dalam formasi secara lebih detail dalam formasi permainan, seperti penyerang tengah, gelandang bertahan, sayap kiri, dll. Titik berat penelitian ini adalah pola bertanding saat kendang dan tandang [13]. Ide kuncinya adalah dibalik representasi perang tersebut setiap pemain tidak dibedakan berdasarkan identitas seperti nomor seragam yang spesifik, misalnya pemain no 10, dll. Setiap pemain dilakukan analisa berdasarkan peran yang diinstruksikan oleh pelatih kepada setiap fase pertandingan [5]. Dengan analisa tersebut bisa dilakukan komposisi pembentukan team yang bersifat sebagai himpunan peran dari setiap individu, sehingga pembentukan team merupakan identitas dari pemain sepanjang permainan. Meskipun bahwa peran tersebut dapat berubah dari posisi relative yang ada, selama permainan berlangsung. Sebagai contoh, sebuah team yang mengawali pertandingan dengan pola dasar 4-4-2, sepanjang pertandingan dilakukan rotasi dinamis menjadi 3-5-2 saat menyerang, 4-4-2 saat transisi bertahan dan bola direbut oleh lawan, kemudian menjadi 5-4-1 saat bertahan dan lawan agresif menyerang. Perubahan formasi ini sedikit banyak mempengaruhi dinamika formasi, serta pertukaran peran pemain selama permainan tersebut [14].

Pada penelitian ini digunakan model analisa triangulasi Delaunay, untuk mengidentifikasi hubungan geometri terhadap area berdekatan (adjacent) dari area Voronoi setiap pemain. Data diekstraksi dari tipikal pola transisi formasi pada tim nasional Indonesia senior di bawah pelatih Shin-Tae Yong periode (2023-2024). Metode penelitian ini merupakan pengembangan dari yang dilakukan oleh Narizuka (2019), dimana pada penelitian tersebut dilakukan pembentukan jaringan Delaunay berdasarkan pola formasi dinamis dari beberapa team sepakbola J-League (Liga Jepang) dalam 5 pertandingan, namun tidak melakukan analisa lanjutan dengan analisa clustering [15].

2. Kajian Teori

Pada bagian ini mencangkup kajian teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Triangulasi adalah proses membagi suatu area atau objek menjadi bentuk-bentuk dasar segitiga. Dalam konteks geometris dan komputasi, triangulasi digunakan untuk memecah suatu domain menjadi segitiga-segitiga yang lebih kecil sehingga memudahkan untuk digunakan sebagai pemodelan, analisis dan rendering citra [8]. Triangulasi memainkan peran penting dalam berbagai bidang keilmuan, komputasi, grafis computer dan rekayasa. Triangulasi Delaunay merupakan salah satu jenis triangulasi geometri, yang digunakan untuk menghasilkan segitiga-segitiga memiliki bentuk yang proporsional, atau lebih dekat ke segitiga sama sisi, atau memaksimalkan sudut terkecil yang bisa terbentuk dalam 1 lingkaran. Triangulasi Delaunay ini memastikan bahwa tidak ada titik yang berada dalam lingkaran keliling segitiga manapun. Triangulasi ini biasa digunakan untuk Analisa komputasi dan pemodelan. Triangulasi Delaunay membagi ruang menjadi segitiga-segitiga yang saling berhubungan, diantara titik pusat dari setiap segitiga yang saling berdekatan tersebut dapat dihubungkan sehingga membentuk polygon Voronoi [1]. Diagram Voronoi sendiri digunakan untuk banyak aplikasi seperti analisis teritori, komunikasi nirkabel, navigasi robotic.

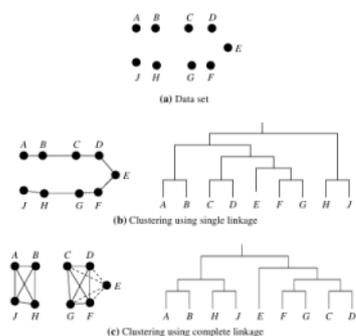
Delaunay untuk perhitungan wilayah Voronoi dan triangulasi Delaunay, Voronoi dan Delaunay dalam modul `scipy.spasial` digunakan; untuk pengelompokan hierarki, keterkaitan kelas dalam modul `cluster hierarchy` yang digunakan [6]. Diagram Voronoi merupakan titik berat dari matriks berdekatan yang terbentuk dari Jaringan Delaunay, yang dihasilkan dari frame tertentu (berbentuk segitiga) dan membentuk matriks ketetanggaannya [7].



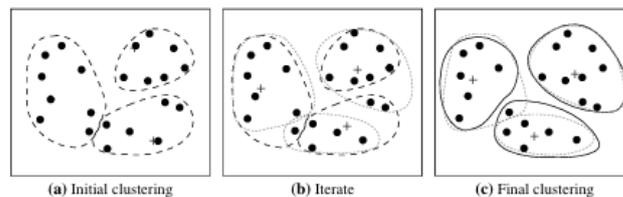
Gambar 1. Triangulasi Delaunay & Diagram Voronoi [7]

Hierarchy clustering merupakan metode pengelompokan data dengan menggunakan pendekatan secara berjenjang. Hierarki tersebut dirancang untuk mengelompokkan sejumlah besar data numerik dengan mengintegrasikan pengelompokan hierarki (di tahap mikrokluster awal) dan metode pengelompokan lainnya seperti partisi berulang (pada tahap makrokluster selanjutnya). Ini mengatasi dua kesulitan dalam metode pengelompokan yang aglomeratif yang bersifat: (1) skalabilitas (tumbuh dan berkembang dari tahap awal pengelompokan) dan (2) bersifat tidak membatalkan atas pengelompokan yang telah dilakukan di tahap sebelumnya [16]. Gambar 2 menampilkan tahapan dalam pembentukan pengelompokan secara bertingkat tersebut dilakukan.

Clustering k-means adalah metode pengelompokan dalam bentuk k kelompok. Pada kebanyakan metode pemilahan yang berbasis jarak, diketahui k, jumlah partisi yang terjadi untuk membangun, metode partisi membuat partisi awal. Kemudian menggunakan teknik relokasi dilakukan secara berulang yang berupaya memperbaiki partisi dengan memindahkan objek dari satu kelompok ke kelompok lain (iterative). Kriteria umum dari partisi yang baik adalah bahwa objek-objek dalam cluster yang sama adalah "dekat" atau berhubungan satu sama lain, sedangkan objek dalam cluster yang berbeda dikelompokkan secara "berjauhan" atau sangat berbeda seperti yang disajikan pada Gambar 2 [16]. Algoritma k-means mendefinisikan pusat massa dari cluster sebagai nilai rata-rata dari poin-poin dalam cluster. Ini berlangsung sebagai berikut. Pertama, itu secara acak memilih k objek di D, yang masing-masing awalnya mewakili rata-rata cluster atau pusat. Untuk setiap objek yang tersisa, sebuah objek ditugaskan ke cluster yang mana ini yang paling mirip, berdasarkan jarak Euclidean antara objek dan cluster berarti. Algoritme k-means kemudian secara iteratif meningkatkan variasi dalam cluster. Untuk setiap cluster, ia menghitung mean baru menggunakan objek yang ditugaskan ke cluster tersebut iterasi sebelumnya. Semua objek kemudian ditugaskan kembali menggunakan cara yang diperbarui sebagai pusat cluster baru. Iterasi berlanjut hingga penugasan stabil, yaitu, cluster yang terbentuk pada putaran kali ini sama dengan cluster yang terbentuk pada putaran sebelumnya bulat. Prosedur k-means dirangkum dalam Gambar 3.



Gambar 2. Clustering Hierarki [16]



Gambar 3. Clustering k-means [16]

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan model analisa triangulasi Delaunay, untuk mengidentifikasi hubungan geometri terhadap area berdekatan (adjacent) dari area Voronoi setiap pemain. Data diekstraksi dari tipikal pola transisi formasi untuk pembentukan jaringan Delaunay. Kemudian berdasarkan pola formasi dinamis dari sebuah team sepakbola dalam 2 pertandingan, dilakukan analisa lanjutan dengan analisa clustering. Pada proses ini, data triangulasi Delaunay tersebut, dianalisa dengan dibagi menjadi pola (cluster) yang lebih spesifik. Berdasarkan pola cluster dari setiap formasi dinamis, dengan konfigurasi pemainnya yang berbeda. Dalam analisa ini, digunakan metode visualisasi dengan perbandingan kuantitatif dan analisa deret waktu. Analisa tersebut didasarkan pada formasi dalam skala waktu yang berbeda dengan focus pada transisi antar cluster pada setiap hierarki. Dengan pertimbangan jumlah data yang sangat besar, maka penerapan analisa untuk menguji model tersebut menggunakan semesta data dari 2 pertandingan timnas senior Indonesia terutama dalam hal tipikal pola transisi formasi pada babak penyisihan Piala Dunia 2026, yang berlangsung di Jakarta dan Hanoi yang berlangsung medio Februari - Maret 2024.

3.1. Tahapan Review

Pembentukan pada domain waktu t , dalam metode Delaunay dikuantifikasi oleh matriks ketetanggaan (adjacent) $A(t)$, kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan pengukuran dissimilarity antara 2 formasi yang berbeda tersebut [6]. Berdasarkan metode Delaunay tersebut, selanjutnya dilakukan analisa clustering (pengelompokan) dari beberapa formasi yang digunakan secara domain waktu, dalam sebuah pertandingan yang dinamis. Algoritma clustering yang digunakan adalah clustering hirarki, dengan pertimbangan bahwa metode ini dapat melakukan perbedaan karakteristik dalam formasi sepak bola yang sangat dinamis. Bagaimanapun juga, pembatasan dari waktu permainan selama 2x45 menit sangat dibutuhkan untuk mengontrol jumlah cluster dan komputasi data yang terlibat dalam proses analisa selama penelitian ini.

Triangulasi dengan metode Delaunay ini digunakan untuk perbandingan kuantitatif dan analisis formasi deret dalam domain waktu dari setiap pertandingan [17]. Namun perbandingan formasi dari masing-masing pemain dari antar pertandingan tidak dilakukan, oleh karena hal ini akan melibatkan jumlah data yang sangat kompleks. Selain itu, cluster dari algoritma hirarki tidak dapat secara langsung digunakan ke kasus beberapa pertandingan sekaligus. Masalah yang terjadi adalah, untuk mengkuantisasi suatu formasi menggunakan matriks ketetanggaan $A(t)$, dengan bilangan seragam (uniform number) $U^{\rightarrow} = [a, b, c, \dots, j]$ dari setiap pemain, yang masing-masing memiliki identitas $I^{\rightarrow} = [1, 2, 3, \dots, 10]$ dari $A(t)$.

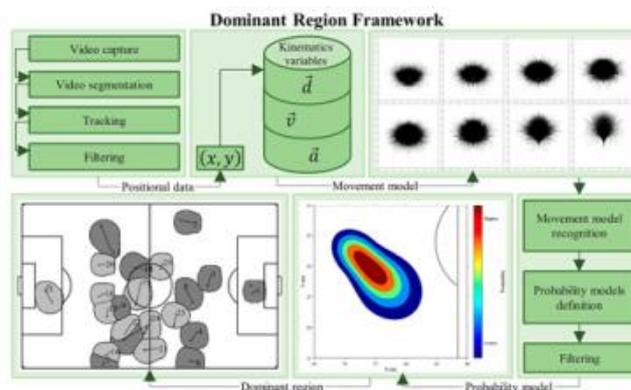
Apabila data jaringan triangulasi Delaunay dari pertandingan tersebut kemudian dianalisa dengan algoritma clustering, dengan asumsi tidak ada pergantian pemain selama pertandingan berlangsung, maka perhitungan vector (U^{\rightarrow}) dengan setiap anggota dari I^{\rightarrow} (yang bersesuaian) dapat diterapkan secara langsung. Pada pertandingan sesungguhnya, hal tersebut sangat jarang terjadi. Selain daripada itu, clustering pada beberapa pertandingan (multiple games) membutuhkan juga multiple uniform number dari U^{\rightarrow} , yakni menjadi $\bar{U}^{\rightarrow 1}, \bar{U}^{\rightarrow 2}, \dots$ dst untuk setiap pertandingan yang berbeda kepada satu himpunan indeks I^{\rightarrow} . Selain itu dengan mempertimbangkan bahwa setiap penugasan dari indeks I^{\rightarrow} tidak ditentukan secara unik sebelumnya, maka komputasi menjadi sulit untuk dilakukan. Hal ini dengan pertimbangan bahwa formasi yang digunakan bisa saja berbeda, begitu juga dengan komposisi pemain yang diturunkan [14] [5]. Selain itu juga dimungkinkan terjadinya perubahan posisi pemain, serta peran yang berbeda dari setiap pemain belum tentu sama dari satu pertandingan dengan pertandingan lainnya. Oleh karena itu, dalam menerapkan metode Delaunay untuk analisis permainan pada kondisi actual, peneliti harus mengatasi masalah tersebut. Sehingga informasi tentang perubahan formasi yang digunakan dari satu pertandingan ke pertandingan lainnya, termasuk pembagian peran pemain, menjadi informasi yang sangat krusial untuk menilai gaya permainan dan strategi sebuah tim sepak bola.

3.2. Pengambilan Data set

Metode penelitian diawali dengan mengelompokkan hot-map dari beberapa formasi utama dalam permainan sepak bola, seperti: 4-4-2, 4-1-4-1, 4-3-3, 5-4-1 dan 3-4-3. Pada tahap selanjutnya, peneliti menggunakan triangulasi Delaunay, hasilnya dikelompokkan (clustering) dengan algoritma hirarki clustering, kemudian setiap pola dasar sebagai representasi awal tadi dibagi lagi menjadi pola yang lebih spesifik seiring dengan transisi formasi yang dilakukan selama periode permainan yang sangat dinamis. Hasil akhir yang ingin diperoleh adalah mengekstrak pola transisi formasi yang khas dari timnas sepakbola senior di bawah kepemimpinan pelatih STY.

Sumber data dan kerangka Analisa yang digunakan adalah 2 pertandingan yang dijalani oleh dari timnas sepakbola senior pada tahun 2023. Data diambil secara pengamatan visual, oleh karena belum ada sumber data dari Lembaga resmi yang bisa digunakan untuk analisa secara statistic saat ini di Indonesia. Selain itu, data juga tidak tersedia secara terbuka sehingga ijin pemakaian untuk penelitian juga tidak memungkinkan untuk di akses. Sebagai contoh, di Jepang terdapat penyedia data seluruh tim yang bertanding di J-League yang diselenggarakan oleh DataStadium. Lembaga ini telah menjadi penyedia data yang bertujuan untuk mengumpulkan dan menjual seluruh data tersebut berdasarkan kontrak dan lisensi dari J-League. Kontrak profesional tersebut memastikan bahwa penggunaan dan pengumpulan data tersebut relevan, tidak melanggar hak pemain dan klub yang tergabung dalam liga. Seluruh data tersebut meskipun tidak terbuka untuk umum, namun memungkinkan untuk diakses oleh peneliti guna kajian ilmiah. Hal ini semata-mata, demi pengembangan kualitas kompetisi dan sepak bola nasional secara keseluruhan.

Analisis didasarkan pada file video pertandingan timnas, kemudian dilakukan labeling serta pemilihan frame per periode waktu tertentu (25 ms), kemudian dilakukan seleksi terhadap frame yang relevan. Pemilihan frame dan pembentukan data set menggunakan perangkat lunak open source, roboflow yang berbasis python, yang memiliki berbagai sarana preprocessing image, collaborative dalam pengerjaan projects berbasis vision, memahami struktur data image, dll. Kemudian dilakukan perhitungan wilayah Voronoi dan triangulasi Delaunay dari setiap citra yang menggambarkan formasi dan posisi pemain timnas dalam setiap fase yang diamati secara regular. Selanjutnya dari data set yang diperoleh, dilakukan pengelompokan (clustering) secara hierarki, dengan menggambarkan keterkaitan antar kelas yang terjadi. Semua perhitungan dijalankan dengan Laptop Prosesor Intel Core i5 - seri 8250U, 8 thread / Generasi 8, kecepatan frekuensi 3,4 GHz, RAM 16 GB, dengan durasi proses rata-rata 0,72 menit per 250 frame. Gambar 4 menampilkan model pembentukan data set dengan menggunakan file video, kemudian posisi selama permainan, yang secara dinamis diidentifikasi dengan menggunakan tracking dan filtering. Mengingat keterbatasan dalam perangkat keras, serta menyederhanakan komputasi, file video dipisahkan dalam beberapa file gambar yang direpresentasikan dalam urutan per menit, selama 90 menit pertandingan. Sehingga untuk 1 pertandingan, diperoleh 90 gambar dengan fokus observasi data pada posisi (x,y) dan formasi setiap pemain yang diamati. Jika dilaksanakan penelitian lebih lanjut, dengan kemampuan perangkat komputasi yang lebih baik, pengamatan bisa dilaksanakan dengan berdasarkan hotmap setiap pemain yang diambil langsung dari ekstraksi file video.



Gambar 4 Kerangka Kerja Dalam Pembentukan Data Set [8]

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Deskripsi Data

data hasil pengamatan memberikan 63 data tentang perubahan formasi timnas selama pertandingan leg 1, di Jakarta. Data kedua serta perubahan 51 formasi yang terdeteksi saat leg ke-2 di Hanoi, Vietnam.

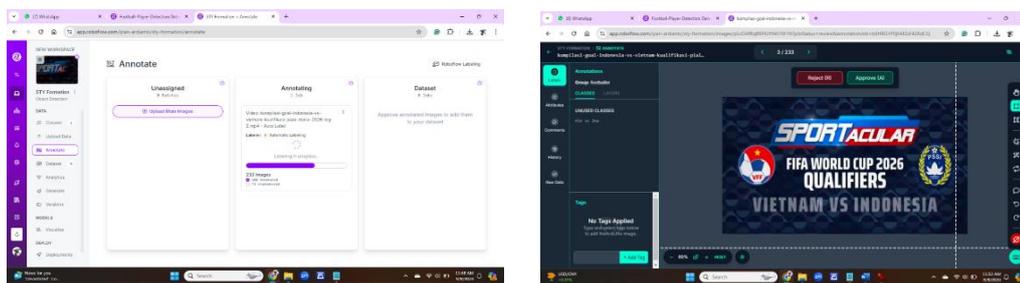
Tabel 1. Data Hasil Pengamatan Leg 2

| ID | Back | Mid | Forw | | | |
|----|------|-----|------|----|---|---|
| 1 | 3 | 4 | 3 | 27 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 3 | 3 | 28 | 4 | 3 |
| 3 | 4 | 5 | 1 | 29 | 4 | 5 |
| 4 | 3 | 3 | 4 | 30 | 3 | 4 |
| 5 | 3 | 4 | 3 | 31 | 4 | 3 |
| 6 | 5 | 4 | 1 | 32 | 4 | 5 |
| 7 | 3 | 4 | 3 | 33 | 3 | 3 |
| 8 | 3 | 2 | 5 | 34 | 3 | 4 |
| 9 | 5 | 4 | 1 | 35 | 5 | 4 |
| 10 | 4 | 5 | 1 | 36 | 3 | 2 |
| 11 | 3 | 2 | 5 | 37 | 5 | 4 |
| 12 | 5 | 4 | 1 | 38 | 5 | 4 |
| 13 | 3 | 4 | 3 | 39 | 3 | 2 |
| 14 | 5 | 4 | 1 | 40 | 5 | 4 |
| 15 | 3 | 2 | 5 | 41 | 3 | 4 |
| 16 | 5 | 4 | 1 | 42 | 4 | 3 |
| 17 | 5 | 4 | 1 | 43 | 4 | 5 |
| 18 | 3 | 2 | 5 | 44 | 3 | 3 |
| 19 | 5 | 4 | 1 | 45 | 3 | 4 |
| 20 | 3 | 4 | 3 | 46 | 5 | 4 |
| 21 | 5 | 4 | 1 | 47 | 3 | 4 |
| 22 | 3 | 2 | 5 | 48 | 4 | 3 |
| 23 | 5 | 4 | 1 | 49 | 4 | 5 |
| 24 | 5 | 4 | 1 | 50 | 3 | 4 |
| 25 | 3 | 2 | 5 | 51 | 4 | 3 |
| 26 | 5 | 4 | 1 | | | |

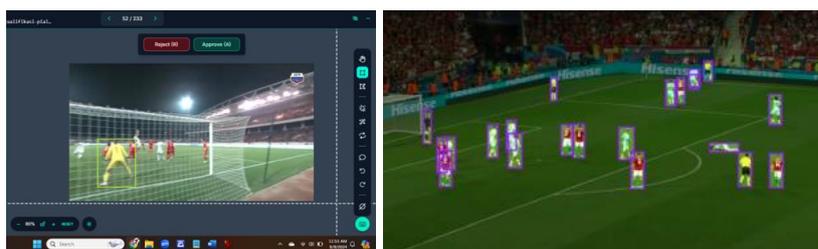
Formasi permainan dilakukan dengan membagi 3 bagian pertandingan, pemain belakang, pemain Tengah dan pemain depan. Jika dikehendaki perhitungan yang lebih teliti, bisa dikembangkan untuk 4 bagian pertandingan, yakni, pemain belakang (back), pemain Tengah bertahan (defensive midfielder), pemain Tengah penyerang (attacking midfielder), dan pemain depan (forward). Hal ini menimbulkan konsekuensi jumlah komputasi dan pengamatan dan proses data yang lebih lama, serta Analisa komputasi yang lebih kompleks.

4.2. Pembahasan

Gambar 5 menampilkan proses labeling dan seleksi frame dari pertandingan GRUP F, ronde kedua pada Kualifikasi Piala Dunia 2026, zone Asia. Pertandingan yang berlangsung di Hanoi tanggal 26 Maret 2024, antara Vietnam vs Indonesia. Oleh karena tidak setiap frame dapat digunakan sebagai bahan untuk pengamatan dan pembentukan data set. Formasi tim dibaca per 1 menit, dengan catatan jika terdapat frame citra yang tidak bisa digunakan maka akan diganti dengan menggunakan frame terdekat yang bisa menampilkan formasi data set yang relevan. Gambar 6 menampilkan proses hasil deteksi pergerakan dan posisi pemain, sehingga memungkinkan mendapatkan data set berdasarkan triangulasi Delaunay dan Voronoi. Gambar 7 dan 8 menampilkan proses deteksi gambar dengan objek pemain dalam posisi statis dan dinamis.

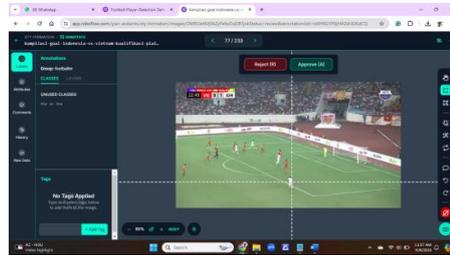


Gambar 5 Proses Labeling Citra

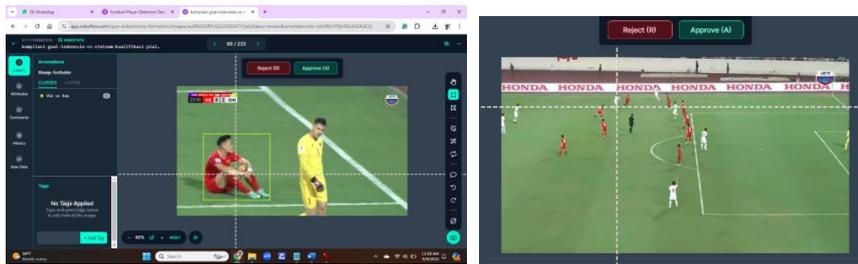


Gambar 6 Deteksi Posisi Pemain

Gambar 6 menampilkan deteksi pergerakan posisi pemain, untuk kemudian dimasukkan kedalam pengamatan formasi dan posisi selama fase pertandingan yang terjadi. Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bagaimana proses pemiihan untuk mengamati pergerakan pemain maupun bola, pada saat dinamis maupun pada saat statis dengan memberikan instruksi melalui cursor (garis putih silang putus-putus)

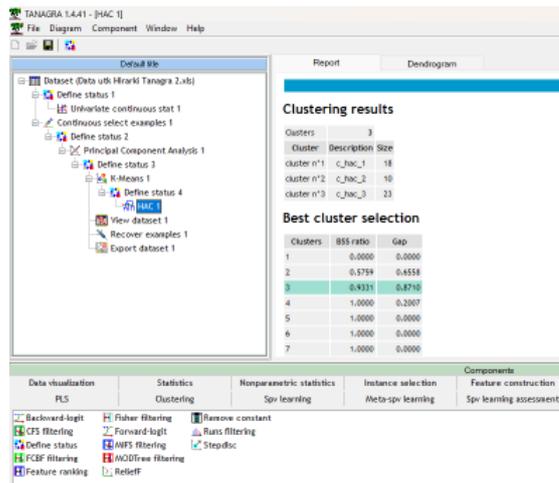


Gambar 7 : Contoh Posisi Pemain

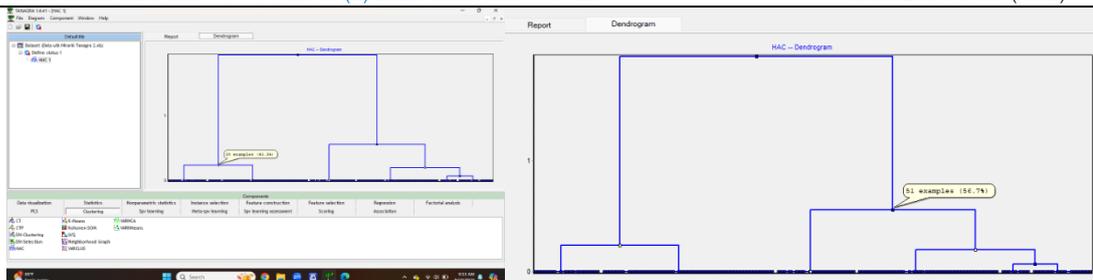


Gambar 8 : Deteksi Posisi Pemain saat Statis dan Dinamis

Analisis clustering hirarki merupakan metode clustering yang terstruktur dan bertahap, berdasarkan pada kemiripan sifat antar objek. Sebelum dilakukan analisis cluster, terlebih dahulu dihitung jarak antar objek berdasarkan factor yang diteliti, dalam hal ini adalah formasi dan komposisi pemain. Setelah diketahui jarak antar objek, dihitung dengan menggunakan nilai korelasi, pada penelitian ini dilakukan analisis dengan model perhitungan average linkage (jarak rata-rata). Hal ini dengan pertimbangan bahwa jarak antar pemain dalam setiap formasi adalah sangat dinamis, sehingga perhitungan dapat dilakukan dengan lebih sederhana (jumlah jarak komputasi melalui proses yang lebih singkat), namun memiliki nilai korelasi yang paling optimal. Dalam penelitian ini, berdasarkan data set yang berhasil dibentuk, diperoleh nilai korelasi sebesar 0,73999434 atau mendekati 74%. Gambar 9 menampilkan proses simulasi dengan perangkat lunak Tanagra, untuk menghitung serangkaian parameter statistic, serta model clustering hirarki, hasilnya disajikan pada dendrogram pada Gambar 10.

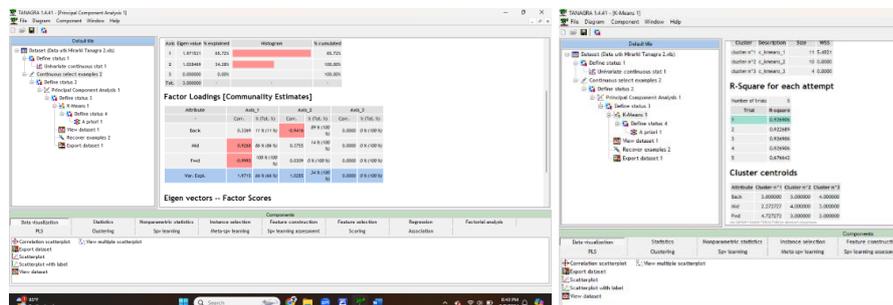


Gambar 9 : Simulasi Hirarki Clustering



Gambar 10 : Dendrogram Hirarki Clustering Posisi Pemain Statis dan Dinamis

Pada tahap selanjutnya dilakukan profilisasi antar cluster, hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing cluster. Profilisasi dilakukan dengan menghitung rata-rata dari 3 faktor, yakni posisi pemain di area belakang, tengah (gelandang) dan depan (penyerang) dari masing-masing cluster. Dari table dan dendrogram di atas (Gambar 9 dan Gambar 10), diketahui bahwa terjadi 18 formasi pada cluster 1, 10 pada cluster 2, dan 23 pada cluster 3 (total data set sebanyak 51 formasi). Cluster 1 berada pada formasi 3-3-4, yang berarti tim pada posisi menyerang (35% kesempatan). Sedangkan pada Cluster 2 terjadi 10 kejadian (19,6 %), dengan formasi 3-4-3, dimana pada saat ini posisi awal (utama) adalah untuk control permainan, atau transisi berimbang antara menyerang dan bertahan, begitu juga sebaliknya. Sedangkan pada cluster 3, merupakan posisi dominan 45%, dengan formasi 4-3-3, serta cenderung 5-3-2 yang memiliki karakter lebih bertahan. Hal ini menggambarkan kondisi yang terjadi selama fase pertandingan antara Vietnam dan Indonesia. Jadi bisa disimpulkan, bahwa dalam pertandingan tersebut Vietnam sangat berupaya keras untuk menyerang, namun Indonesia mampu bertahan dengan baik serta mampu mengontrol permainan, dengan 35% kesempatan mampu menyerang dengan mencetak hasil akhir menang 3-0. Jadi dari sini terbukti bahwa Indonesia memiliki kemampuan menyelesaikan peluang secara lebih akurat.



Gambar 11 : Proses Validasi dengan Clustering k-means

Gambar 11 merupakan proses cross validasi dengan menggunakan clustering k-means. Dari data laporan dan tampilan memberikan kesimpulan yang sama dengan clustering hierarki. Perbedaan utama adalah dari clustering hierarki dapat dilihat pola dominan perubahan pola dari 1 formasi ke formasi lainnya. Sedangkan pada clustering k-means hanya bisa diamati jumlah posisi hasil akhirnya. Gambar 12 merupakan hasil analisa yang sama, saat pertandingan di stadion GBK, dimana tim Indonesia bertindak sebagai tuan rumah. Berdasarkan hasil Analisa tersebut dapat diketahui bahwa formasi bertahan (5-4-1) sebanyak 25x kejadian (43%), 10x kejadian formasi 3-2-5 (menyerang total) sebanyak 15%, serta 3-4-3 terjadi selama 26x kejadian (42%). Sehingga pada pertandingan ini, berlangsung sangat dinamis, transisi cepat terjadi antara menyerang dan bertahan, serta 13x kejadian Indonesia memforsir serangan. Hasil akhir pertandingan adalah 1-0, intensitas juga sangat tinggi karena jumlah formasi yang data set 63.

| ID | Back | Mid | Fwd | PCA_1_Axis_1 | PCA_1_Axis_2 | PCA_1_Axis_3 |
|----|------|-----|-----|-------------------|--------------|--------------|
| 1 | 3 | 4 | 3 | 1.21075 0.782946 | 1.16924E-8 | |
| 3 | 4 | 3 | 3 | 1.08377 -2.18786 | 1.16924E-8 | |
| 5 | 4 | 5 | 1 | 4.21648 -1.37834 | 1.10912E-8 | |
| 7 | 3 | 3 | 4 | -0.35561 0.378187 | -2.90808E-9 | |
| 9 | 3 | 4 | 3 | 1.21075 0.782946 | 1.16924E-8 | |
| 11 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |
| 13 | 3 | 4 | 3 | 1.21075 0.782946 | 1.16924E-8 | |
| 15 | 3 | 2 | 5 | -1.92196 | -0.0265716 | 1.22937E-8 |
| 17 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |
| 19 | 4 | 5 | 1 | 4.21648 -1.37834 | 1.10912E-8 | |
| 21 | 3 | 2 | 5 | -1.92196 | -0.0265716 | 1.22937E-8 |
| 23 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |
| 25 | 3 | 4 | 3 | 1.21075 0.782946 | 1.16924E-8 | |
| 27 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |
| 29 | 3 | 2 | 5 | -1.92196 | -0.0265716 | 1.22937E-8 |
| 31 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |
| 33 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |
| 35 | 3 | 2 | 5 | -1.92196 | -0.0265716 | 1.22937E-8 |
| 37 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |
| 39 | 3 | 4 | 3 | 1.21075 0.782946 | 1.16924E-8 | |
| 41 | 5 | 4 | 1 | 4.08951 -4.34915 | 1.10912E-8 | |

| Attribute | Cluster n*1 | Cluster n*2 | Cluster n*3 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Back | 4.717949 | 3.000000 | 3.263158 |
| Mid | 4.282051 | 2.000000 | 3.605263 |
| Fwd | 1.000000 | 5.000000 | 3.131579 |

Computation time : 110 ms.
Created at 9/10/2024 9:14:42 AM

Gambar 12 : Hasil Clustering k-means Indonesia vs Vietnam

5. Kesimpulan

Analisis clustering dapat digunakan untuk memahami tipikal pola transisi formasi timnas senior di bawah asuhan pelatih Shin-Tae Yong. Dalam penelitian ini digunakan metode triangulasi Delaunay dan data set yang diperoleh dianalisis dengan algoritma clustering hirarki dan clustering k-means untuk menggambarkan profilisasi masing-masing cluster. Clustering hirarki memberikan gambaran transisi yang lebih spesifik serta terserukur pembentukan masing-masing formasi (dalam 1 cluster), sedangkan clustering k-means memberikan akurasi pada data parameter statistic dan nilai total dari tiap formasi. Karakteristik permainan timnas adalah bermain dengan formasi dasar 3-4-3, namun menggunakan pendekatan yang berbeda dari 1 pertandingan ke pertandingan lainnya, meskipun lawannya sama dengan situasi berbeda. Lebih menyerang dengan tempo tinggi saat bermain di kandang, lebih seimbang dalam bertahan saat bermain tandang dengan menurunkan tempo, kemudian menyerang secara total saat memiliki kesempatan.

6. Kontribusi Penulis

L. Ardiantoro: Data curation, Formal Analysis, Investigation, Methodology, Software, Visualization, dan Writing – original draft. **N. Ayunda:** Investigation, Methodology, Validation, Writing – original draft, dan Writing – review & editing.. **J. Ristono:** Data curation, Methodology, Visualization, dan Writing – original draft. **M. Muslimin:** Software, Supervision, dan Visualization.

7. Declaration of Competing Interest

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

8. Referensi

- A. Bialkowski, P. Lucey, P. Carr, Y. Yue, and I. Matthews, “‘Win at Home and Draw Away’: Automatic Formation Analysis Highlighting the Differences in Home and Away Team Behaviors”, Sport. Analytics Conf., pp. 1–7, 2014.
- A. Okabe, Spatial tessellations : concepts and applications of Voronoi diagrams, 2nd ed. in Wiley series in probability and statistics. Chichester ; Wiley, 2000.
- Gunawan and Abd Rahman, ‘Effect of 5 VS 5 Small Sided Games (SSGs) Training on Passing Accuracy of U-16 Football Athletes’, J. Phys. Outdoor Educ., vol. 5, no. 2, pp. 50–59, 2023, doi: 10.37742/jpoe.v5i2.204.
- J. Gudmundsson and M. Horton, ‘Spatio-temporal analysis of team sports’, ACM Comput. Surv., vol. 50, no. 2, 2017, doi: 10.1145/3054132.
- J. Gudmundsson and T. Wolle, ‘Football analysis using spatio-temporal tools’, Comput. Environ. Urban Syst., vol. 47, pp. 16–27, 2014, doi: 10.1016/j.compenurbysys.2013.09.004.
- J. Han, M. Kamber, and J. Pei, ‘Data Mining. Concepts and Techniques, 3rd Edition (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems)’, 2011.
- K. Fujii, ‘Data-driven analysis for understanding team sports behaviors’, J. Robot. Mechatronics, vol. 33, no. 3, pp. 505–514, 2021, doi: 10.20965/jrm.2021.p0505.
- K. Tamura and N. Masuda, ‘Win-stay lose-shift strategy in formation changes in football’, EPJ Data Sci., vol. 4, no. 1, pp. 1–19, 2015, doi: 10.1140/epjds/s13688-015-0045-1.
- L. Ardiantoro, R. M. Akbar, and Y. Nur S., ‘Tactical Analysis of Indonesian National Football Team Using Fp-Tree Algorithm’, Proceeding Int. Conf. Sci. Heal. Technol., pp. 124–130, 2023, doi: 10.47701/icohetech.v4i1.3381.
- L. Ardiantoro, S. Zahara, and N. Sunarmi, ‘PEMANFAATAN KNOWLEDGE DATA DISCOVERY(KDD) PADA POLA PERMAINAN ATLET BULUTANGKIS’, Online. [Online]. Available: <http://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/EXPLORE-IT/>

- M. R. Berthold et al., 'KNIME - the Konstanz information miner. In: Preisach CBerhardt HSchmidt-Theime Let al. ., eds. Data Analysis', Mach. Learn. Appl. Ger. Springer, vol. 11, no. 1, p. 26, 2009, [Online]. Available: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1656274.1656280>
- M. Yoo and K. Park, 'Visual analysis of soccer match using player motion data', Commun. Comput. Inf. Sci., vol. 617, pp. 308–312, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-40548-3_52.
- N. Hirotsu and M. B. Wright, 'Modeling Tactical Changes of Formation in Association Football as a Zero-Sum Game', J. Quant. Anal. Sport., vol. 2, no. 2, 2006, doi: 10.2202/1559-0410.1017.
- S. Fonseca, J. Milho, B. Travassos, and D. Araújo, 'Spatial dynamics of team sports exposed by Voronoi diagrams', Hum. Mov. Sci., vol. 31, no. 6, pp. 1652–1659, 2012, doi: 10.1016/j.humov.2012.04.006.
- S. Kim, 'Voronoi Analysis of a Soccer Game', Nonlinear Anal. Model. Control, vol. 9, no. 3, pp. 233–240, 2004, doi: 10.15388/na.2004.9.3.15154.
- T. Narizuka and Y. Yamazaki, 'Clustering algorithm for formations in football games', Sci. Rep., vol. 9, no. 1, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-48623-1.
- T. Taki and J. Hasegawa, 'Quantitative measurement of teamwork in ball games using dominant region', ISPRS J Photogramm, vol. XXXIII, no. 1992, pp. 125–131, 2000, [Online]. Available: http://www.isprs.org/proceedings/xxxiii/congress/part5/125_XXXIII-part5s.pdf