

# Pendeteksian Posisi *Offside* pada Permainan Sepak Bola dengan Algoritma *K-Means Clustering*

Faris Aziz - 13519065

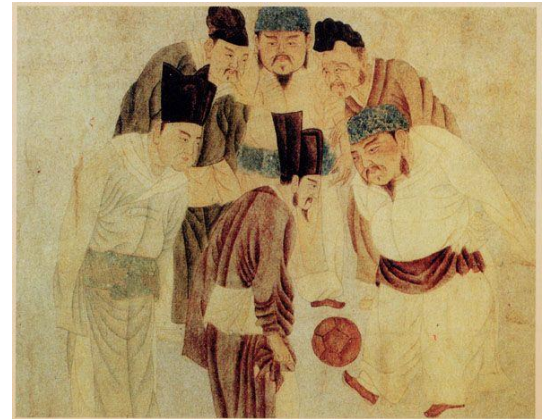
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
13519065@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Sepak bola merupakan permainan olahraga yang banyak diminati oleh masyarakat. Permainan sepak bola terdiri dari dua tim yang saling memperebutkan poin dengan cara memasukkan bola ke dalam gawang. Proses saat ingin menambah poin tentu tidak mudah, FIFA sebagai organisasi internasional yang mengatur keberjalanan sepak bola sudah membuat aturan supaya tidak terjadi kesalahan dalam memasukkan bola ke dalam gawang. Salah satu aturannya adalah posisi *offside*. Posisi *offside* adalah sebuah peraturan di dalam permainan sepak bola yang terjadi apabila pemain yang diberikan bola pada saat tepat bola ditendang berada di paling belakang dari pemain bola lawan kecuali penjaga gawang lawan. Dalam menemukan pelanggaran ini maka dibutuhkan bantuan untuk pemrosesan citra salah satunya dengan algoritma *k-means clustering*. Algoritma *k-means clustering* merupakan algoritma pengelompokan yang paling populer di kalangan masyarakat. Algoritma ini akan membagi citra menjadi  $k$  bagian. Algoritma ini dapat mempermudah pendeteksian *offside* pada permainan sepak bola dengan  $k$  bagian yang dihasilkan.

**Keywords**—*offside*; *algoritma*; *klasterisasi*; *warna*; *segmentasi*;

## I. PENDAHULUAN

Sepak Bola adalah salah satu cabang olahraga yang menggunakan bola besar. Sepak bola dimainkan dengan anggota gerak bagian bawah oleh pemainnya atau kaki. Pertandingan sepak bola terdiri atas 2 tim yang saling merebut poin satu sama lain. Tim dalam permainan sepak bola berjumlah 11 orang yang terdiri dari kiper, pemain bertahan, pemain tengah, dan pemain penyerang. Poin dalam permainan sepak bola didapatkan dengan memasukkan bola ke dalam gawang lawan. Sepak bola dimulai sejak abad ke-2 dan ke-3 sebelum masehi di Tiongkok yang dikenal dengan Tsu Chu. Pada masa Dinasti Han, masyarakat menggiring bola kulit dengan menendangnya ke jaring kecil. Permainan sepak bola juga terdapat di Jepang dengan sebutan Kemari. Mulai abad ke-16 sepak bola juga banyak digemari oleh masyarakat di Italia.



**Gambar I-I.** Permainan Tsu Chu pada Masa Dinasti Han (sumber : wikipedia.org)

Sepak bola modern mulai berkembang di Inggris dengan beberapa peraturan-peraturan dasar dan menjadi sangat digemari banyak kalangan masyarakat. Pada tahun 1904 dibentuk sebuah asosiasi sepak bola dunia (Fédération Internationale de Football Association atau FIFA). Pada tahun 1900-an berbagai kompetisi sepak bola dimainkan di berbagai negara dengan berbagai peraturan mulai dari aturan lapangan sepak bola, lama permainan, dan pelanggaran. Salah satu pelanggaran yang sering dilakukan adalah pelanggaran posisi yang sering disebut dengan *offside*.

Peraturan *offside* adalah salah satu aturan sepak bola yang dituliskan di dalam Hukum ke-11 dari *Laws of The Game* atau Undang-undang FIFA. Peraturan tersebut menyatakan bahwa seorang pemain di luar area permainan atau *offside*, apabila tersentuh bola atau menerima umpan bola dari anggota satu tim dengan keadaan tepat saat bola diberikan pemain tersebut berada mendahului pemain paling belakang dari tim lawan dan apabila pemain tersebut berada lebih dekat dengan garis gawang setelah kiper. Posisi *offside* bukan merupakan sebuah pelanggaran, melainkan apabila diikuti dengan kasus tertentu seperti mencetak gol maka gol yang dicetak dapat dianulir oleh seorang wasit. Selain dari penglihatan wasit di lapangan, *offside* juga dapat dianalisis melalui pemrosesan citra, yaitu segmentasi citra.



**Gambar I-II.** Asisten Wasit yang melihat terjadinya *offside* (sumber : gettyimages.com)

Segmentasi citra adalah operasi mempartisi citra menjadi sebuah koleksi yang terdiri dari sekumpulan bagian. Segmentasi citra ini merupakan tahapan yang paling penting dalam melakukan pengenalan pola. Setelah objek berhasil disegmentasi, maka dapat dilakukan proses ekstraksi ciri citra. Ekstraksi ciri citra ini akan digunakan untuk membedakan antara objek satu dengan yang lainnya. Salah satu teknik untuk melakukan segmentasi citra adalah dengan k-means clustering. Oleh karena itu, segmentasi citra berguna untuk menganalisis terjadinya *offside* pada permainan sepak bola dengan membagi bagian gambar menjadi k bagian sehingga dapat ditentukan garis batas terjadinya *offside*.

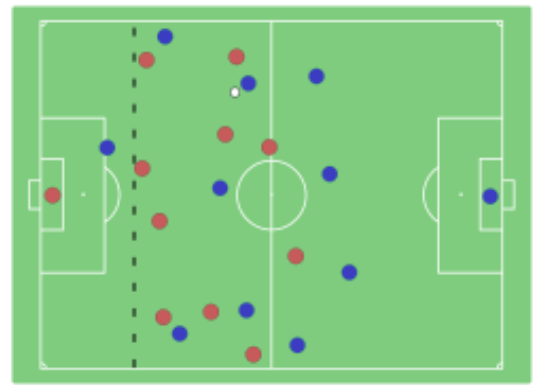
## II. DASAR TEORI

### A. Posisi *Offside*

Permainan sepak bola memiliki beberapa aturan salah satunya adalah *offside*. *Offside* bukan merupakan sebuah pelanggaran melainkan sebuah situasi di mana posisi penyerang berada di belakang pemain bertahan lawan saat umpan diberikan oleh salah satu anggota tim. Hal ini sering terjadi ketika penyerang terlalu fokus dengan posisi bola sedangkan untuk posisi diri sendiri dilupakan. Hukum 11 *Laws of The Game* berkata bahwa apabila terjadi *offside* dalam permainan sepak bola, hakim garis memiliki kewajiban mengangkat bendera sebagai tanda ada pemain dalam posisi *offside*.

Pada tahun 1863, aturan *offside* telah disetujui secara umum oleh Asosiasi Sepak Bola Inggris (FA). Peraturan ini menyebutkan bahwa pemain penyerang dilarang berada lebih dahulu di belakang pemain belakang lawan sebelum bola diberikan. Saat ini, peraturan *offside* terus diperbaharui sesuai dengan teknologi yang ada pada zaman tersebut. Peraturan tersebut dituliskan di dalam *Laws of The Game* oleh *International Football Association Board* (IFAB).

Peraturan *offside* menjelaskan posisi pemain dikatakan *offside* dan tidak dikatakan *offside*. Pemain dikatakan *offside* ketika setiap bagian dari tubuh kecuali lengan berada di area lawan. Posisi terhadap penjaga gawang tidak diperhitungkan sebagai *offside*. Sedangkan pemain dikatakan tidak *offside* apabila sejajar dengan pemain kedua terakhir tim lawan, berada di daerah sendiri, dan pemain yang dikatakan *offside* tidak bergerak sama sekali.



**Gambar II-I.** Ilustrasi saat terjadi *offside* (sumber : wikipedia.org)

### B. Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah operasi mempartisi citra menjadi sebuah koleksi yang terdiri dari sekumpulan pixel yang terhubung satu sama lain. Segmentasi citra merupakan tahapan yang paling utama dalam melakukan pengenalan pola. Proses segmentasi citra pada umumnya bersifat eksperimental, subjektif, dan bergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Segmentasi citra bisa digolongkan kedalam 3 kelompok, yaitu segmentasi citra berdasarkan region, berdasarkan struktur linier, dan berdasarkan bentuk-bentuk 2D.

Segmentasi citra akan menghasilkan beberapa segmen yang bertujuan untuk membagi citra menjadi segmen-segmen atau objek-objek yang berbeda dan memisahkan objek dengan latar belakang. Citra dapat disegmentasi berdasarkan properti yang diinginkan seperti kecerahan, warna, tekstur, dan yang lainnya. Setiap segmen yang terpilih akan menjadi sebuah region terhubung yang bersifat homogen berdasarkan properti yang dipilih.

Segmentasi citra sangat berguna dalam hal pendeteksian medis, kendaraan otonom, deteksi objek, pemahaman tampilan, dan yang lainnya. Metode segmentasi citra dapat dikelompokkan menjadi dua pendekatan, yaitu diskontinuitas, dan *similarity*. Diskontinuitas mempartisi citra berdasarkan perubahan nilai intensitas pixel yang cepat seperti tepi. *Similarity* mempartisi citra berdasarkan kemiripan area menurut properti yang ditentukan. Metode yang tergolong kedalam *similarity* adalah pengambangan, *region growing*, *split* dan *merge*, dan *clustering*.

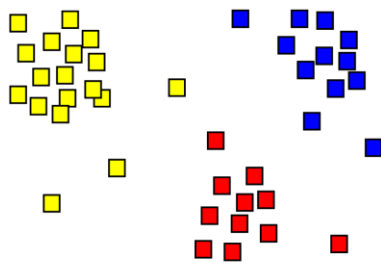


**Gambar II-II.** Segmentasi Citra mobil berdasarkan region (sumber : mathworks.com)

### C. Clustering

Clustering merupakan sebuah teknik yang berguna untuk melakukan pengelompokan pada suatu kumpulan data sehingga untuk setiap kelompok, memiliki kemiripan yang maksimum dan antar kelompok memiliki kemiripan yang minimum. Clustering dapat dibagi menjadi 2 grup yaitu *hard clustering* dan *soft clustering*. *Hard clustering* adalah analisis pengelompokan yang menjelaskan untuk tiap data merupakan suatu kelompok tertentu atau tidak. Sedangkan untuk *soft clustering*, setiap data dapat termasuk ke dalam beberapa objek yang sesuai dengan kriteria.

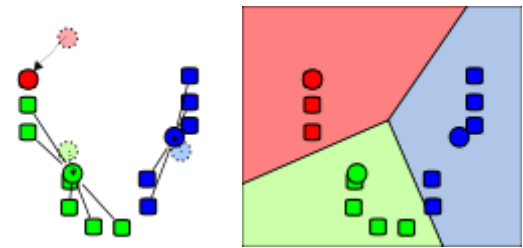
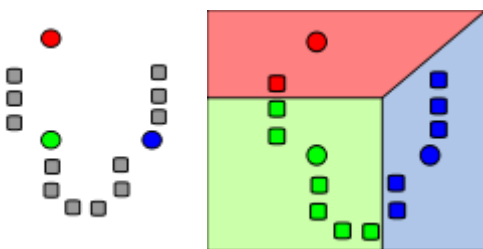
Clustering mempunyai berbagai manfaat yaitu sebagai metode segmentasi data yang sangat berguna dalam prediksi dan analisis masalah bisnis tertentu, seperti segmentasi pasar, marketing dan zona wilayah. Selain itu, *clustering* dapat bermanfaat untuk mengidentifikasi objek di dalam bidang seperti pada *computer vision* dan *image processing*.



**Gambar II-III.** Clustering sekumpulan data menjadi 3 kelompok (sumber : wikipedia.org)

### D. Algoritma K-Means Clustering

Algoritma *K-Means Clustering* adalah sebuah algoritma *clustering* yang membagi sekumpulan data menjadi k buah kelompok yang memiliki kemiripan dengan rata-rata terdekat (titik tengah suatu kelompok). Algoritma ini dilakukan pertama kali dengan mendefinisikan k buah titik tengah secara acak. Selanjutnya, kelompokkan sekumpulan data sehingga terbentuk k buah kelompok dengan titik tengah kelompok merupakan titik tengah yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian, nilai titik tengah diperbaharui untuk setiap kelompok yang sudah ditentukan. Pembaharuan titik tengah ini dilakukan hingga anggota kelompok tidak berubah selama 2 atau 3 kali perubahan titik. Proses pengelompokan data ke dalam suatu kelompok dilakukan dengan cara menghitung jarak terdekat dari suatu data ke sebuah titik tengah. Penjelasan mengenai langkah dalam melakukan algoritma *k-means clustering* dapat dilihat pada gambar II-IV.

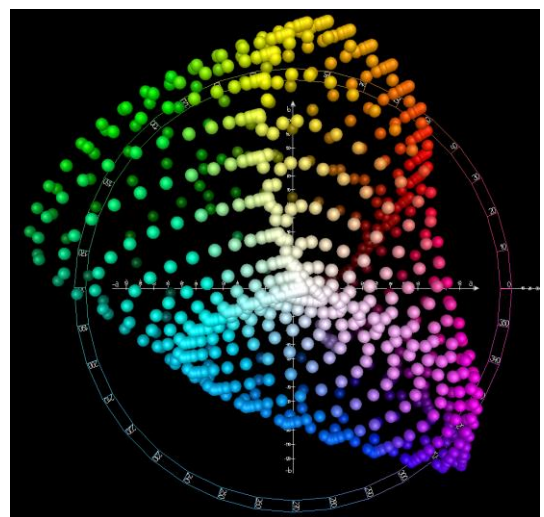


**Gambar II-IV.** (Kiri-atas) Langkah pertama k-means; (Kanan-atas) Langkah kedua k-means; (Kiri-bawah) Langkah ketiga k-means; (Kanan-bawah) Langkah keempat k-means. (sumber : wikipedia.org)

### E. Ruang Warna L\*a\*b\*

Ruang warna  $L^*a^*b^*$  atau yang dikenal dengan CIELAB adalah salah satu ruang warna paling digemari untuk mengukur warna suatu objek. Ruang warna ini didefinisikan oleh CIE pada tahun 1976 untuk komunikasi warna. Saat ini CIELAB banyak digunakan pada industri untuk kontrol warna dan manajemen. Ruang warna  $L^*a^*b^*$  hadir untuk menyelesaikan permasalahan bahwa dua buah benda tidak bisa merah dan hijau pada waktu yang sama atau kuning dan biru pada waktu yang sama. Perbedaan warna ini dapat didefinisikan sebagai perbandingan numerik antara warna sampel dengan standar. Pada ruang warna  $L^*a^*b^*$  perbedaan dapat disimbolkan sebagai delta E ( $\Delta E^*$ ) yang nilainya selalu positif. Delta E didapatkan dari akar kuadrat dari jumlah delta dari setiap komponen L,  $a^*$ , dan  $b^*$  yang dikuadratkan.

Ruang warna  $L^*a^*b^*$  menyediakan komunikasi warna yang tepat antara perusahaan dan rantai pasokan tiap perusahaan untuk memastikan produk dibuat dengan spesifikasi warna yang tepat.  $L^*$  menunjukkan kecerahan dan  $a^*$  dan  $b^*$  merupakan koordinat kromatisitas. Apabila nilai dari  $a^*$  positif maka menunjukkan sumbu merah sedangkan apabila negatif menunjukkan sumbu hijau. Apabila nilai  $b^*$  positif maka menunjukkan sumbu kuning sedangkan apabila negatif menunjukkan sumbu biru.



**Gambar II-V.** Ruang Warna CIELAB sudut pandang atas (sumber : wikipedia.org)

### III. RANCANGAN EKSPERIMEN

#### A. Tujuan Eksperimen

Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk melakukan klusterisasi pada citra permainan sepak bola menggunakan algoritma *k-means clustering*. Klusterisasi ini berfungsi untuk mendeteksi pemain terakhir yang berada sebelum penjaga gawang lawan. Sehingga untuk setiap kelompok dapat terlihat setidaknya pemain tim pertama dan pemain tim kedua. Harapan dari eksperimen ini adalah dengan penerapan pengolahan citra menggunakan algoritma *k-means clustering* dapat menghasilkan analisis terjadinya *offside* pada permainan sepak bola.

#### B. Alur Eksperimen

Eksperimen ini akan dilakukan dengan urutan mulai dari membaca citra permainan sepak bola hingga pembuatan sebuah garis untuk mendeteksi *offside*. Sebagai gambaran, berikut adalah rincian langkah yang akan dilakukan :

1. Mengumpulkan citra permainan sepak bola
2. Melakukan eksplorasi singkat dari citra permainan sepak bola
3. Melakukan penentuan masalah yang ingin diselesaikan dalam citra permainan sepak bola
4. Menentukan metode pengolahan citra yang tepat untuk mendeteksi permasalahan pada citra permainan sepak bola
5. Melakukan proses klusterisasi dari citra permainan sepak bola sehingga terbentuk kelompok untuk tiap pemain tim pertama dan pemain tim kedua.
6. Melakukan segmentasi dari hasil klusterisasi dengan berdasarkan ruang warna
7. Melakukan analisis mengenai objek hasil segmentasi yang merupakan posisi pemain tim lawan
8. Memilih dua titik dari garis lurus yang berada di dalam citra permainan sepak bola
9. Memilih titik terluar dari tim lawan menggunakan *pointer mouse* pada citra permainan sepak bola
10. Menganalisis hasil garis yang telah dipilih

Langkah-langkah yang telah disebutkan merupakan langkah detail saat melakukan pendeteksian *offside*. Secara detail berikut merupakan poin penting yang akan dilakukan :

1. Citra yang digunakan merupakan citra permainan sepak bola yang hanya terlihat kurang dari setengah bagian lapangan
2. Citra yang digunakan terdapat beberapa yang terindikasi *offside* pada permainan sepak bola

Pada eksperimen ini terdapat beberapa variabel yang menjadi acuan dalam eksperimen. Berikut ini adalah penjelasan singkat dari variabel untuk masing-masing jenisnya :

1. Variabel kontrol dalam eksperimen ini adalah regions yang bernilai 3 dengan rincian diharapkan didapati

region pertama pemain tim pertama dan region kedua adalah pemain tim kedua, dan region ketiga objek selain kedua region sebelumnya.

2. Variabel bebas dalam eksperimen ini adalah data citra permainan sepak bola yang telah dikumpulkan
3. Variabel terikat dalam eksperimen ini adalah hasil prediksi *offside* dari objek yang telah dikelompokkan.

### IV. HASIL DAN ANALISIS EKSPERIMEN

Eksperimen ini menghasilkan beberapa informasi penting yang akan bermanfaat untuk pendeteksian *offside* pada permainan sepak bola.

1. Percobaan pada file *example\_1.png*



**Gambar IV-I.** Hasil klusterisasi file *example\_1.png*

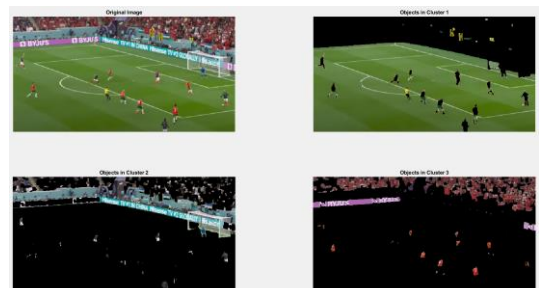
Pada gambar *example\_1.png* dapat diketahui bahwa tim yang sedang melakukan pengumpanan bola berada pada objek kluster ketiga sedangkan tim lawan berada pada objek kluster pertama.



**Gambar IV-II.** Hasil pendeteksian *offside* file *example\_1.png*

Dapat dilihat bahwa tim berbaju merah berada sebelum pemain belakang lawan sehingga tidak terjadi *offside*.

2. Percobaan pada file *example\_2.png*



**Gambar IV-III.** Hasil klusterisasi file *example\_2.png*

Pada gambar *example\_2.png* dapat diketahui bahwa tim yang sedang melakukan pengumpanan bola berada

pada objek kluster kedua sedangkan tim lawan berada pada objek kluster ketiga.



**Gambar IV-IV.** Hasil pendeteksian *offside* file example\_2.png

Dapat dilihat bahwa tim berbaju biru berada sebelum pemain belakang lawan sehingga tidak terjadi *offside*.

3. Percobaan pada Gambar example\_3.png



**Gambar IV-V.** Hasil klasterisasi file example\_3.png

Pada gambar example\_1.png dapat diketahui bahwa tim yang sedang melakukan pengumpanan bola berada pada objek kluster ketiga sedangkan tim lawan berada pada objek kluster kedua.



**Gambar IV-VI.** Hasil pendeteksian *offside* file example\_3.png

Dapat dilihat bahwa tim berbaju orange berada di belakang pemain belakang lawan sehingga terjadi *offside*.

4. Percobaan pada Gambar example\_4.png



**Gambar IV-VII.** Hasil klasterisasi file example\_4.png

Pada gambar example\_1.png dapat diketahui bahwa tim yang sedang melakukan pengumpanan bola berada pada objek kluster kedua sedangkan tim lawan berada pada objek kluster ketiga.



**Gambar IV-VIII.** Hasil pendeteksian *offside* file example\_4.png

Dapat dilihat bahwa tim berbaju biru berada sebelum pemain belakang lawan sehingga tidak terjadi *offside*.



**Gambar IV-IX.** Algoritma *K-Means Clustering* dengan menggunakan ruang warna  $L^*a^*b$



```
input_user.jl

f = figure;
f.WindowState = 'maximized';
imshow(cluster2);
title("Input point where the ball end");
[x1, y1] = getpts(f);
close(f);

f = figure;
f.WindowState = 'maximized';
imshow(cluster3);
title("Input point where the last player from another team");
[x2, y2] = getpts(f);
close(f);

@codebeautify
```

**Gambar IV-X** Pendeteksian *offside* dengan melihat tiap citra hasil pengolahan data

Kode program yang telah dibuat sudah disesuaikan sehingga dapat melakukan pendeteksian *offside* dengan hasil klasterisasi yang telah dilakukan oleh algoritma *k-means clustering*. Penentuan *offside* ini dilakukan dengan memilih titik dari anggota tim yang akan diberikan bola serta anggota tim lawan yang paling belakang. Dalam hasil eksperimen, ditemukan bahwa terdapat 1 citra yang terlihat dalam keadaan *offside*.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Klasterisasi yang dilakukan pada citra permainan sepak bola dengan menggunakan algoritma *k-means clustering* dapat membagi daerah menjadi 3 bagian yang terdiri dari tim pertama, tim kedua, dan sisanya. Selain itu, dapat menentukan posisi *offside* dapat dengan memilih salah satu titik terluar dari tim pertama dan tim kedua sehingga dapat diperkirakan apakah posisinya terkena *offside* atau *play on*. Hasil dari eksperimen ini adalah 3 citra permainan sepak bola dinyatakan tidak *offside* sedangkan 1 citra permainan sepak bola dinyatakan *offside*.

### B. Saran

Eksperimen ini dapat dilaksanakan dengan maksimal dengan menggunakan beberapa cara yang telah dipelajari dalam topik *image processing* seperti pendeteksian tepi. Pengerjaan eksperimen harus direncanakan sebaik mungkin sehingga tidak terjadi ketidaktepatwaktuan.

### KODE PROGRAM

Kode program dapat dilihat pada pranala berikut ini : [https://github.com/DTalone/Makalah\\_IF4073](https://github.com/DTalone/Makalah_IF4073)

### PRANALA VIDEO PENJELASAN DI YOUTUBE

Penjelasan singkat dengan visualisasi dapat dilihat pada pranala berikut ini : <https://youtu.be/JtwPhCtyp2I>

### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta taufik hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah yang berjudul "*Pendeteksian Posisi Offside pada Permainan Sepak Bola dengan Algoritma*

*K-Means Clustering*". Adapun penulisan makalah ini merupakan bentuk dari pemenuhan tugas akhir semester I Tahun 2022/2023 pada mata kuliah Interpretasi dan Pengolahan Citra IF4073.

Dalam penyusunan makalah ini, penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak sehingga dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Rinaldi Munir, S.T., M.T. selaku dosen mata kuliah Interpretasi dan Pengolahan Citra IF4073 yang telah memberi bimbingan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan makalah ini.
2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya baik secara moril ataupun material kepada penulis, sehingga bisa mengenyam pendidikan yang terbaik.
3. Seluruh teman serta semua pihak lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang juga ikut mendukung dan memberi motivasi kepada penulis.

Penulis berharap dengan adanya makalah ini maka dapat memberikan gambaran mengenai pendeteksian posisi *offside* dengan menggunakan algoritma *k-means clustering*.

### REFERENSI

- [1] Gonzales, R., Woods, R.E., Eddins, S.L. Digital Image Processing Using Matlab 3<sup>rd</sup> Edition (2020)
- [2] Han, J., Kamber, M., Pei, J.: Data Mining Concept and Techniques, 3<sup>rd</sup> ed. Morgan Kaufmann-Elsevier, Amsterdam (2012)
- [3] Jain. A.K (2009). Data Clustering: 50 Years Beyond K-Means. Pattern Recognition Letters, 2009.
- [4] Munir, Rinaldi 2021. Slide presentasi materi Segmentasi Citra (Bagian 1). <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/22-Segmentasi-Citra-Bagian1-2022.pdf> (diakses pada tanggal 18 Desember 2022)
- [5] Munir, Rinaldi 2021. Slide presentasi materi Segmentasi Citra (Bagian 2). <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/22-Segmentasi-Citra-Bagian2-2022.pdf> (diakses pada tanggal 18 Desember 2022)
- [6] The International Football Association Board. Laws of The Game. (2022)
- [7] The Mathwork, Inc. Digital Image Processing, <https://www.mathworks.com/discovery/digital-image-processing.html> (diakses pada tanggal 18 Desember 2022)

### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 12 Desember 2022



Faris Aziz  
13519065