

## OPTIMASI DETEKSI BOLA PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA MENGUNAKAN METODE TRANSFORMASI MORFOLOGI UNTUK MENINGKATKAN JARAK DETEKSI BOLA

Yoga Octavian<sup>1\*</sup>, Hendro Agus Widodo<sup>2</sup>, Agus Khumaidi<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
E-mail: yogaoctavian@student.ppns.ac.id

### Abstrak

Robot sepak bola beroda harus mempunyai kemampuan utama seperti kemampuan menemukan bola, posisi gawang, dan menendang bola. Hal pertama yang harus bisa dilakukan oleh robot adalah mendeteksi adanya bola. Pendeteksian bola pada robot menggunakan *omnidirectional camera* yang mempunyai area pandang 360 derajat secara horizontal. *Omnidirectional camera* menggunakan cermin cembung, hal itu menyebabkan objek yang berada di dekat robot terlihat lebih besar dari bentuk aslinya, yang sedikit jauh objek akan terlihat lebih kecil, oleh karena itu ketika jarak bola lebih dari 8 Meter maka ukuran bola terlalu kecil untuk dapat diidentifikasi oleh robot, sedangkan ukuran lapangan untuk kontes Wilayah 7 x 9 Meter, sedangkan untuk kontes Nasional 10 Meter x 12 Meter. Dengan lapangan seluas itu tidak sebanding dengan kemampuan robot dalam mendeteksi bola dengan jarak yang tidak jauh. Dalam penelitian ini menerapkan metode Transformasi Morfologi pada proses mendeteksi bola, yaitu mengubah struktur bentuk bola dan menghilangkan *noise* yang terdeteksi. Dari pengujian yang telah dilakukan dengan target pendeteksian jarak diagonal lapangan yaitu 15,6 Meter, persentase perbandingan jarak yang bisa dideteksi dengan jarak target deteksi tanpa transformasi morfologi sebesar 51,22% pada kondisi cahaya normal maupun cerah, sedangkan dengan transformasi sebesar 96,03% pada kondisi cahaya normal maupun cerah.

**Kata Kunci:** Bola, Jarak Bola, *Omnidirectional Camera*, Robot, Transformasi Morfologi

### 1. PENDAHULUAN

Kontes Robot Sepakbola Indonesia (KRSBI) Beroda mempunyai dua tingkat yaitu kontes tingkat regional dan kontes tingkat nasional, yang menjadi pembeda dari kedua tingkatan tersebut ialah ukuran lapangan, pada kontes tingkat wilayah ukuran lapangannya adalah 7 x 9 Meter, sedangkan pada kontes tingkat nasional ukuran lapangannya adalah 10 x 12 Meter. Dengan lapangan seluas itu, sedangkan jarak deteksi bola oleh robot maksimal hanya 7 Meter maka robot tidak dapat menjangkau pendeteksian ke seluruh bagian lapangan. Ada dua faktor yang menyebabkan terbatasnya jarak pendeteksian bola oleh robot. Faktor pertama adalah robot menggunakan kamera *omnidirectional*, walaupun kamera tersebut dapat melihat ke segala arah, namun juga memiliki kekurangan yaitu ketika mendeteksi jarak yang sedikit jauh maka bola terlihat sangat kecil, yang menyebabkan *threshold* warna bola sangat kecil hingga tidak dapat terdeteksi. Faktor kedua adalah motif pada bola yang mempunyai warna berbeda dengan warna dasar bola, sehingga *threshold* warna bola yang dapat

terdeteksi terpotong oleh warna motif bola, hal tersebut menyebabkan ketika jarak sedikit jauh maka bola tidak dapat terdeteksi.

Berdasarkan permasalahan di atas maka dilakukan penelitian pada robot sepakbola beroda dalam pendeteksian bola menerapkan operasi morfologi guna untuk meningkatkan jarak deteksi bola. Pendeteksian bola harus melalui beberapa tahapan, yaitu citra RGB akan diubah ke dalam bentuk citra HSV, kemudian dilakukan *thresholding* warna untuk pemisahan warna bola di atas lapangan. proses selanjutnya adalah menerapkan transformasi morfologi pada *threshold* warna yaitu dengan operasi *closing* kemudian dilanjutkan dengan operasi *opening*. Operasi *closing* bertujuan untuk mengisi ruang kosong yang ada di tengah-tengah *threshold* warna bola agar *threshold* bola tidak terpotong dan akan berbentuk bulat utuh. Setelah itu, dilakukan operasi *opening* untuk menghilangkan *noise* warna yang ada di sekitar, sehingga hanya *threshold* warna bola saja yang terdeteksi. Setelah dilakukan operasi *closing* dan *opening*, kemudian memberikan logika pada operasi dilasi yang ada di operasi *opening* yaitu ukuran

elemen penstruktur pada operasi dilasi disesuaikan dengan jarak bola terhadap robot, jika jarak bola terhadap robot dekat, maka ukuran elemen penstrukturnya kecil, sedangkan ketika jarak bola terhadap robot semakin jauh, maka ukuran elemen penstrukturnya juga akan semakin besar. Dengan demikian setelah dilakukannya transformasi morfologi pada *threshold* warna bola, *threshold* bola akan terlihat bulat utuh, *noise* di sekitar robot akan menghilang, ukuran *threshold* bola akan disesuaikan berdasarkan jarak bola terhadap robot, sehingga ukuran *threshold* bola akan konsisten sama walaupun jarak bola berubah-ubah. Dengan begitu robot dapat mendeteksi bola dengan jarak yang jauh dibandingkan sebelum dilakukan transformasi morfologi terhadap *threshold* bola.

## 2. METODE

### 2.1 Studi Literatur

Dilakukan studi literatur untuk mencari cara pemecahan masalah yang didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini, bahan-bahan yang mendukung penelitian dikumpulkan dan dipelajari dari berbagai sumber yang relevan dan terpercaya. Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah *digital image processing* [10], *color thresholding* [11], and *morphological transformation* [12].

### 2.2 Teori Transformasi Morfologi

Transformasi morfologi merupakan operasi yang dikenakan pada citra biner (hitam-putih) untuk mengubah struktur bentuk objek yang terkandung dalam citra. Inti transformasi morfologi melibatkan dua larik piksel. Larik pertama berupa citra yang akan dikenai transformasi morfologi, sedangkan larik kedua dinamakan sebagai kernel atau *structuring element* (elemen penstruktur) [12]. Piksel pusat (yang biasanya bernama *hotspot*) ditandai dengan warna abu-abu. Dalam melakukan operasi terhadap citra piksel pusat ini yang akan menjadi pusat operasinya. Dilasi dan erosi merupakan dua operasi yang mendasari transformasi morfologi. Dua operasi lain yang sangat berguna dalam pemrosesan citra adalah *opening* dan *closing* yang dibentuk melalui dua operasi dasar itu.

### 2.3 Operasi Opening

Operasi *opening* ialah operasi erosi yang dilanjutkan dengan operasi dilasi dengan menggunakan kernel (elemen penstruktur) yang sama. Operasi ini digunakan untuk menghaluskan kontur objek dan menghilangkan seluruh piksel di area yang

terlalu kecil untuk ditempati oleh elemen penstruktur. Dengan kata lain, semua struktur *foreground* (latar depan) yang berukuran lebih kecil dibandingkan elemen penstruktur akan tereliminasi oleh erosi dan kemudian dilanjutkan penghalusan melalui operasi dilasi. Definisi operasi *opening* seperti berikut.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (1)$$

Operasi erosi dapat membuat objek mengecil dan bahkan ada yang hilang. Adapun operasi *opening* membuat ukuran objek relatif tetap sama, walaupun juga dapat menghilangkan objek yang berukuran kecil (kurus). Namun, operasi *opening* juga dapat membuat penghalusan di bagian tepi. Perhatikan, ujung segitiga tidak tajam lagi setelah dikenai operasi *opening*.

### 2.4 Operasi Closing

Operasi *closing* adalah operasi dilasi yang dilanjutkan dengan operasi erosi dengan menggunakan kernel (elemen penstruktur) yang sama. Operasi *closing* digunakan untuk menghaluskan kontur dan menghilangkan lubang-lubang kecil. Definisinya seperti berikut.

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (2)$$

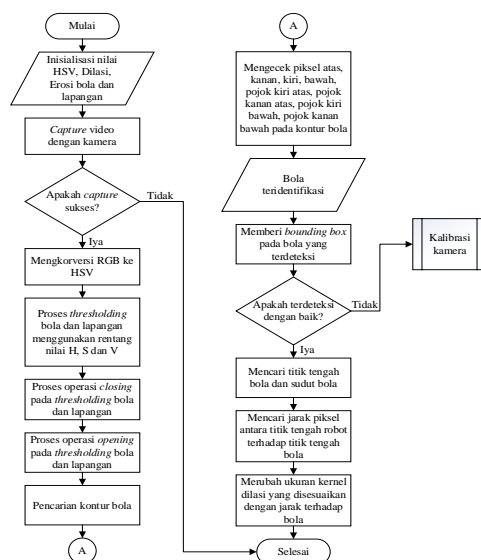
Operasi *closing* dapat membuat lubang-lubang pada *threshold* objek tertutup tanpa adanya perubahan ukuran pada objek, hal itu dapat terjadi karena dilakukannya operasi dilasi terlebih dahulu untuk menutup lubang-lubang pada objek kemudian dilakukan operasi erosi dengan ukuran kernel yang sama untuk mengembalikan bentuk objek sama seperti semula.

### 2.5 Sistem Deteksi Bola

Proses pendeteksian bola dilakukan dengan melakukan transformasi morfologi pada *threshold* warna bola dan lapangan, kemudian hasil dari transformasi morfologi akan diproses menggunakan metode *Region-Based Segmentation*. Diawali dengan proses memasukkan rentang nilai H, S, V, Dilasi, Erosi, Erosi, Dilasi yang diambil dari *file* berekstensi .txt yang berasal dari hasil proses kalibrasi sebelumnya. Nilai Dilasi dan Erosi yang pertama ialah besaran ukuran dari kernel Dilasi dan Erosi yang digunakan untuk proses operasi *closing*, sedangkan nilai Erosi dan Dilasi yang kedua merupakan besaran ukuran dari kernel Erosi dan Dilasi yang digunakan untuk proses operasi *opening*. Setelah mendapatkan semua nilai maka akan dilakukan *capture* video menggunakan kamera

*omnidirectional*. Video hasil *capture* tersebut adalah berupa ruang warna RGB yang kemudian dikonversi menjadi HSV untuk mempermudah dalam segmentasi warna bola dan lapangan. Setelah dikonversi menjadi HSV, maka dilakukan *thresholding* yaitu pemberian ambang batas untuk setiap nilai H, S dan V yang nilainya sudah ditentukan saat inialisasi awal. *Output* dari proses *thresholding* ini merupakan citra biner yang mengelompokkan objek bola pada nilai 255.

Proses selanjutnya adalah proses transformasi morfologi yaitu dengan operasi *closing* terlebih dahulu untuk mengisi lubang pada *threshold* warna bola yang cukup besar, lubang tersebut berasal dari warna motif bola yang berbeda dengan warna dasar bola sehingga warna motif tersebut dianggap bukan bagian dari warna bola atau dianggap sebagai *background*. Kemudian dilanjutkan dengan operasi *opening* yang bertujuan untuk menghilangkan *noise* di sekitar bola sehingga tidak ada gangguan dalam mendeteksi bola. Setelah transformasi morfologi dilakukan kemudian dilakukan pencarian kontur bola dan lapangan, selanjutnya penggabungan hasil *thresholding* bola dan hasil *thresholding* lapangan. Selanjutnya penentuan titik tengah bola, kemudian mencari jarak piksel antara titik tengah robot terhadap titik tengah bola, dan mencari sudut bola untuk dikirimkan ke mikrokontroler. Setelah jarak robot terhadap bola diketahui kemudian mengubah ukuran kernel dilasi pada operasi *opening* yang disesuaikan ukurannya dengan jarak robot terhadap bola, dengan demikian bola dapat terdeteksi oleh robot dengan jarak yang jauh.

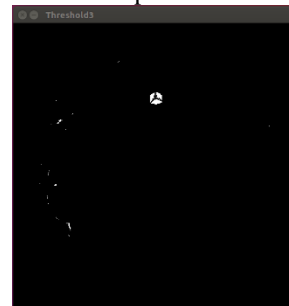


Gambar 2.1 Flowchart Sistem Pendeteksian Bola

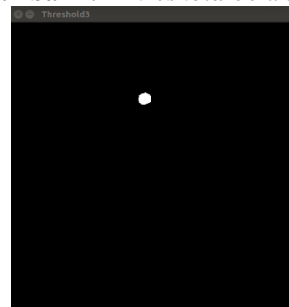
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Thresholding dengan Transformasi Morfologi

Pada *threshold* bola digunakan operasi *closing* kemudian dilanjutkan dengan operasi *opening*. Untuk menutup lubang *threshold* bola maka digunakan operasi dilasi dengan kernel elips diameter 9 piksel. Kemudian dilanjutkan dengan operasi erosi dengan ukuran kernel yang sama. Hasil dari operasi *closing* ini adalah lubang yang terdapat pada *threshold* bola tertutup tanpa mengubah ukurannya. Proses selanjutnya ialah melakukan operasi erosi dengan kernel elips diameter 5 piksel dan melakukan operasi dilasi dengan bentuk dan ukuran kernel yang sama. Hasil dari operasi *opening* ini ialah *noise* yang ada di sekitar bola menghilang tanpa mengubah ukuran bola. Pada Gambar dibawah ini terlihat perbandingan kondisi awal *Threshold* bola (a) dan (b) kondisi *Threshold* bola setelah dilakukan transformasi morfologi bersih dari *noise* dan lubang pada *threshold* bola tertutup.



Gambar 2.2 Threshold bola awal



Gambar 2.3 Threshold bola setelah dilakukan transformasi morfologi

#### 3.2 Pengujian Jarak Deteksi Bola

Pengujian ini akan membandingkan hasil dari pengujian yang tidak menggunakan metode transformasi morfologi dengan hasil dari pengujian yang menggunakan metode transformasi morfologi. Hasil pengujian jarak deteksi bola terdapat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

**Tabel 3.1** Pengujian Jarak Deteksi Bola tanpa Metode Transformasi Morfologi

No.	Kondisi Cahaya	Jarak Bola (M)	Luas (px <sup>2</sup> )	Keterangan
1	Normal	1	200	Terdeteksi
2	Normal	2	60	Terdeteksi
3	Normal	3	90	Terdeteksi
4	Normal	4	40	Terdeteksi
5	Normal	5	16	Terdeteksi
6	Normal	6	12	Terdeteksi
7	Normal	7	8	Terdeteksi
8	Normal	8	6	Terdeteksi tidak konsisten
9	Cerah	1	200	Terdeteksi
10	Cerah	2	144	Terdeteksi
11	Cerah	3	80	Terdeteksi
12	Cerah	4	56	Terdeteksi
13	Cerah	5	30	Terdeteksi
14	Cerah	6	16	Terdeteksi
15	Cerah	7	16	Terdeteksi
16	Cerah	8	8	Terdeteksi tidak konsisten

**Tabel 3.1** merupakan hasil dari pengujian jarak deteksi bola tanpa menggunakan transformasi morfologi. Pada kondisi cahaya normal terdapat ketidaklinearan luas bolanya bertambah dari luas bola 60 piksel<sup>2</sup> pada jarak 2 Meter menjadi 90 piksel<sup>2</sup> pada jarak ke 3 meter, seharusnya semakin bertambah jarak pendeteksian bola maka luas bola akan mengecil, akan tetapi itu berkebalikan. Hal tersebut dikarenakan pada saat itu motif bola terlihat jelas pada jarak 2 Meter sehingga motif bola masih memotong warna dasar bola, sedangkan pada jarak ke 3 Meter motif bola sudah mulai terlihat samar oleh karena itu luasan bola yang dapat dideteksi juga membesar, hal itulah yang menyebabkan kondisi tersebut bisa terjadi. Berdasarkan hasil pengujiannya tanpa metode hanya mampu mendeteksi bola dengan baik pada jarak 7 Meter pada kondisi cahaya normal maupun terang. Pada jarak 8 Meter dapat mendeteksi bola akan tetapi tidak konsisten pada kondisi cahaya normal maupun terang.

**Tabel 3.2** Pengujian Jarak Deteksi Bola dengan Metode Transformasi Morfologi

No.	Kondisi Cahaya	Jarak Bola (M)	Luas (px <sup>2</sup> )	Keterangan
1	Normal	1	484	Terdeteksi
2	Normal	2	196	Terdeteksi
3	Normal	3	144	Terdeteksi
4	Normal	4	90	Terdeteksi

5	Normal	5	36	Terdeteksi
6	Normal	6	30	Terdeteksi
7	Normal	7	25	Terdeteksi
8	Normal	8	20	Terdeteksi
9	Normal	9	30	Terdeteksi
10	Normal	10	20	Terdeteksi
11	Normal	11	42	Terdeteksi
12	Normal	12	42	Terdeteksi
13	Normal	13	24	Terdeteksi
14	Normal	14	12	Terdeteksi
15	Normal	15	9	Terdeteksi tidak konsisten
16	Cerah	1 Meter	462	Terdeteksi
17	Cerah	2 Meter	210	Terdeteksi
18	Cerah	3 Meter	110	Terdeteksi
19	Cerah	4 Meter	64	Terdeteksi
20	Cerah	5 Meter	36	Terdeteksi
21	Cerah	6 Meter	25	Terdeteksi
22	Cerah	7 Meter	25	Terdeteksi
23	Cerah	8 Meter	20	Terdeteksi
24	Cerah	9 Meter	16	Terdeteksi
25	Cerah	10	20	Terdeteksi
26	Cerah	11	9	Terdeteksi
27	Cerah	12	20	Terdeteksi
28	Cerah	13	12	Terdeteksi
29	Cerah	14	9	Terdeteksi
30	Cerah	15	9	Terdeteksi

**Tabel 3.2** merupakan hasil dari pengujian jarak deteksi bola dengan menggunakan transformasi morfologi. Normalnya bila jarak pendeteksian bola semakin jauh maka luasan bola yang dapat dideteksi semakin kecil, akan tetapi pada jarak 9 meter keatas terdapat perubahan luasan bola yang naik turun berdasarkan jarak pendeteksian bola, hal tersebut bisa terjadi karena pada jarak pendeteksian yang jauh pada kamera omnidirectional citra tampak samar(blur) sehingga dapat memperluas luasan bola yang dapat terdeteksi dan juga dapat dipengaruhi kondisi cahaya yang kurang rata dalam pengujian. Hasil pengujiannya dapat mendeteksi bola dengan baik sampai jarak 14 Meter pada kondisi cahaya normal dan sampai jarak 15 Meter pada cahaya terang. Pada kondisi cahaya normal dapat mendeteksi pada jarak 15 Meter akan tetapi bola terdeteksi tidak konsisten.

**Tabel 3.3** Perbandingan Luas Bola

No	Kondisi Cahaya	Jarak Bola (M)	Selisih Luas Pikel Bola (px <sup>2</sup> )	Persentase Selisih Luas Pikel Bola
1	Normal	1	284	58.68%
2	Normal	2	136	69.39%
3	Normal	3	54	37.50%
4	Normal	4	50	55.56%
5	Normal	5	20	55.56%
6	Normal	6	18	60.00%
7	Normal	7	17	68.00%
8	Normal	8	14	70.00%
9	Terang	1	262	56.71%
10	Terang	2	66	31.43%
11	Terang	3	30	27.27%
12	Terang	4	8	12.50%
13	Terang	5	6	16.67%
14	Terang	6	9	36.00%
15	Terang	7	9	36.00%
16	Terang	8	12	60.00%
<b>Rata-rata Persentase Selisih Luas Pikel Bola</b>				<b>49.95%</b>

Pada **Tabel 3.3** merupakan hasil perbandingan luas bola yang dideteksi tanpa metode dan dengan metode transformasi morfologi, hasilnya rata-rata persentase selisih luas piksel bola ialah sebesar 49,95%, hasil itu berarti rata-rata hampir setengahnya selisih luas piksel bola yang dideteksi tanpa metode dengan luas piksel bola yang dapat dideteksi dengan metode transformasi morfologi.

Ukuran lapangan pada kontes nasional sebesar 10 Meter x 12 Meter, jika dari ukuran lapangan itu diambil jarak terjauh yaitu jarak pada diagonal lapangan maka jaraknya adalah 15,62 Meter. Jarak diagonal lapangan ini digunakan sebagai target jarak yang harus bisa dideteksi oleh robot. Tanpa metode hanya mampu mendeteksi bola sampai dengan jarak 8 Meter dalam kondisi cahaya normal dan 8 Meter dalam kondisi cahaya terang, persentase perbandingan jarak yang bisa dideteksi dengan target jarak yang harus dideteksi adalah 51,22% pada kondisi cahaya normal dan 51,22% pada kondisi cahaya terang. Sedangkan menggunakan metode transformasi morfologi dalam kondisi cahaya normal dapat mendeteksi bola sampai dengan jarak 15 Meter dan dalam kondisi cahaya terang dapat mendeteksi bola sampai dengan jarak 15 Meter, persentase perbandingan jarak yang bisa dideteksi dengan target jarak yang harus dideteksi adalah 96,03% pada kondisi cahaya

normal dan 96,03% pada kondisi cahaya terang.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan Analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Metode *color threshold* dapat digunakan robot untuk pendeteksian bola. Hasilnya masih terdapat *noise* yang mempunyai warna dalam rentang nilai HSV yang sama dengan warna bola. Hasil *threshold* warna bola terpotong menjadi tiga bagian oleh motif bola yang mempunyai warna berbeda dengan warna dasar bola, sehingga menyebabkan pendeteksian bola dalam jarak dekat hanya terdeteksi sepertiganya saja. Hasil pengujian jarak deteksi bola hanya dengan metode *color thresholding* saja hanya mampu sampai jarak 8 Meter dalam kondisi cahaya normal maupun cerah. Dengan target deteksi jarak diagonal lapangan yaitu 15,62 Meter, maka persentase perbandingan jarak yang bisa dideteksi dengan jarak target deteksi adalah 51,22% pada kondisi cahaya normal maupun cerah.
2. Dengan menambahkan metode transformasi morfologi pada *color threshold* dapat menghilangkan *noise* dan dapat menutup *threshold* warna bola yang awalnya terpotong oleh warna motif bola menjadi bulat tanpa adanya lubang. Dengan tidak adanya *noise* dan *threshold* bola yang utuh maka robot dapat mendeteksi bola dengan baik. Hasil pengujian jarak deteksi bola dengan ditambahkannya metode transformasi morfologi adalah dapat mendeteksi bola sampai jarak 15 Meter pada kondisi cahaya normal maupun cerah. Dengan target deteksi jarak diagonal lapangan yaitu 15,62 Meter, maka persentase perbandingan jarak yang bisa dideteksi dengan jarak target deteksi adalah 96,03% pada kondisi cahaya normal maupun cerah.
3. Hasil perbandingan luas bola yang dideteksi tanpa metode dan dengan metode transformasi morfologi, hasilnya rata-rata persentase selisih luas piksel bola adalah sebesar 49,95%, hasil itu berarti rata-rata hampir setengahnya selisih luas piksel bola yang dideteksi tanpa metode dengan luas piksel bola yang dapat dideteksi dengan metode transformasi morfologi.

##### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan penulis

agar dapat ditingkatkan dalam penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Menggunakan kamera *Omnidirectional* yang mempunyai cermin yang tidak terlalu cembung. Karena jika cermin semakin cembung maka objek semakin lebih terlihat kecil jika jarak objek jauh.
2. Pencahayaan pada ruangan sebaiknya merata pada setiap sudutnya, karena berbeda intensitas cahaya maka warna yang terlihat juga berbeda, hal tersebut berpengaruh dalam pendeteksian bola.
3. Menambahkan Algoritma robot bergerak ke arah posisi bola yang terakhir terdeteksi untuk mengatasi bola tidak terdeteksi di atas jarak 15 Meter.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2018," 1 Januari 2019. [Online]. Available: [www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133](http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133). [Accessed 9 Februari 2021].
- [2] G. M. Nayazri, "Indonesia Masih Jadi Pasar Sepeda Motor Ketiga di Dunia," 2 Desember 2017. [Online]. Available: [www.otomotif.kompas.com/read/2017/12/02/082200615/indonesia-masih-jadi-pasar-sepeda-motor-ketiga-di-dunia](http://www.otomotif.kompas.com/read/2017/12/02/082200615/indonesia-masih-jadi-pasar-sepeda-motor-ketiga-di-dunia). [Accessed 9 Februari 2021].
- [3] A. Arianto, "Kendaraan Bermotor di Indonesia Terbanyak di ASEAN," 19 Agustus 2011. [Online]. Available: [www.gooto.com/read/352572/kendaraan-bermotor-di-indonesia-terbanyak-di-asean](http://www.gooto.com/read/352572/kendaraan-bermotor-di-indonesia-terbanyak-di-asean). [Accessed 9 Februari 2021].
- [4] U. E. N. Rochmah and A. Rakhmadi, "PENGUNAAN AUGMENTED REALITY UNTUK MENSIMULASIKAN DEKORASI RUANGAN SECARA REALTIME," *Techno.COM*, vol. 15, no. 4, pp. 312-319, November 2016.
- [5] P. Baltusis, "On board vehicle diagnostics," *SAE Technical Paper*, no. 2004-21-0009, 2004.
- [6] M. Hirzer, "Marker Detection for Augmented," *Seminar/Project Image Analysis Graz*, vol. 25, Oktober 2008.
- [7] A. Okita, *Learning C# Programming with Unity 3D*, 2nd ed., Boca Raton: A K Peters/CRC Press, 2019.
- [8] Vuforia, "Getting Started with Vuforia Engine in Unity," [Online]. Available: <https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html>. [Accessed 27 Agustus 2021].
- [9] J. Enterprise, *BLENDER UNTUK PEMULA*, Jakarta: Elex Media Komputindo, 2016.
- [10] P. Hidayatullah, *Pengolahan Citra Digital (Teori dan Aplikasinya)*, Bandung: Informatika, 2017.
- [11] A. Khumaidi, *Implementasi Pengolahan Video dengan Metode Color Threshold pada Prototype Kapal Pendeteksi Korban Kecelakaan Laut Berbasis Android*, Surabaya: Agus Khumaidi, 2015.
- [12] F. Y. Shih, *Image Processing and Mathematical Morphology*, New York: CRC Press, 2009.
- [13] M. dan P. Haryanti, "Evaluasi Mutu Gula Kelapa Kristal Beriodium Yang Dibuat Dengan Teknik Fortifikasi Dan Jenis Bahan Baku Yang Berbeda," Jawa Tengah, 2006.
- [14] Transport Information Sevice, "White Sugar," 1 January 2017. [Online]. Available: [https://www.tis-gdv.de/tis\\_e/ware/zucker/weiszuck/weiszuck.htm/](https://www.tis-gdv.de/tis_e/ware/zucker/weiszuck/weiszuck.htm/). [Accessed 28 1 2021].
- [15] L. G. Zhang, "Research on Face Detection Technology Based on MTCNN," *International Conference on Computer Network, Electronic and Automation (ICCNEA)*, 2020.
- [16] H. H. Harahap, "DETEKSI POTENSI KECURANGAN UJIAN BERDASARKAN GERAKAN PESERTA DIDIK," 2016.
- [17] M. Z. d. B. Setiyono, "Convolutional Neural Networks untuk Pengenalan Wajah Secara Real-Time," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 2016.
- [18] M. I. E. R. Yovi Pratama, "Pengujian Algoritma MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional)," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 2019.
- [19] BASARNAS, "BADAN NASIONAL PENCARIAN DAN PERTOLONGAN (BASARNAS)," 2020. [Online].

Available: <https://basarnas.go.id/>.  
[Accessed 2020 Januari 2021].

- [20] K. d. G. Badan Meteorologi, "Pusat Meteorologi Maritim," 2018. [Online]. Available: <https://maritim.bmkg.go.id/info/1/Peringatan-Dini-Gelombang-Tinggi#:~:text=Tinggi%20gelombang%20yang%20dicantumkan%20dalam,Sangat%20Tinggi%20%3A%204.0%20%E2%80%93%206.0%20m>. [Accessed 14 Januari 2021].
- [21] M. A. Raharja and I. M. T. G. Astra, "PREDIKSI KETINGGIAN GELOMBANG LAUT MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION PADA PANTAI LEBIH GIANYAR," *Jurnal Ilmiah ILMU KOMPUTER Universitas Udayana*, vol. XI, no. 1, 2018.