

Prediksi Jarak Bola pada Citra Kamera Katadioptrik menggunakan metode *Artificial Neural Network*

ZENDI ZAKARIA RAGA PERMANA, SUSIJANTO TRI RASMANA,
IRA PUSPASARI

Universitas Dinamika, Indonesia
Email: zendiraga@gmail.com

Received 23 Agustus 2020 | *Revised* 18 September 2020 | *Accepted* 26 Oktober 2020

ABSTRAK

Saat ini, kecerdasan buatan memungkinkan untuk dikembangkan dalam dunia robotika, khususnya untuk pengaturan gerakan robot berdasarkan pengolahan citra. Penelitian ini mengembangkan sebuah mobile robot yang dilengkapi dengan kamera katadioptrik dengan sudut pandang 360°. Citra yang didapatkan, dikonversi dari RGB menjadi HSV. Selanjutnya disesuaikan dengan proses morfologi. Nilai jarak yang terbaca oleh kamera (piksel) dengan jarak sebenarnya (cm) dihitung menggunakan Euclidean Distance. Nilai ini sebagai ekstraksi ciri data jarak yang dilatihkan pada sistem. Sistem yang dibuat pada penelitian ini memiliki iterasi sebanyak 1.000.000, dengan tingkat kelinieran $R^2=0.9982$ dan keakuratan prediksi sebesar 99,03%.

Kata kunci: Robot, HSV, Euclidean Distance, Kamera katadioptrik, Artificial Neural Network

ABSTRACT

Recently, artificial intelligence is possible to be developed in robotic, specifically for robot movements control based on image processing. This research develops a mobile robot with a 360° perspective catadioptric camera is equipped. The camera captured images were converting from RGB to HSV. Furthermore, it adapted to the morphological process. The distance value read by the camera (pixels) to the actual distance (cm) is measured using Euclidean Distance. This value is a feature extraction of distance data that has training on the system. The system built in this study has 1,000,000 iterations, with a linearity level of $R^2 = 0.9982$ and prediction accuracy of 99.03%.

Keywords: Robot, HSV, Euclidean Distance, Catadioptric Camera, Artificial Neural Network

1. PENDAHULUAN

Saat ini, banyak penelitian di seluruh dunia yang berusaha untuk menemukan pengaturan kecerdasan yang paling sesuai untuk sistem navigasi *mobile robot* tanpa adanya interaksi manusia. Salah satu hal yang penting pada sistem navigasi adalah perancangan dan pengembangan pengaturan pergerakan robot untuk mencapai tujuan tanpa tabrakan, baik dengan hambatan yang statis maupun dinamis. Pengembangan kecerdasan buatan, berupa jaringan syaraf tiruan (*Artificial Neural Network*), telah diterapkan pada bidang robotika, antara lain: pada pengaturan pergerakan *mobile robot*. Perencanaan pergerakan jalur pada *mobile robot* merupakan sebuah masalah penting dari kombinasi bidang robotika dan kecerdasan buatan (**Gigras, 2012**). Sebuah penelitian dengan pendekatan barunya, yaitu penerapan jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan banyak *layer* untuk sistem navigasi *mobile robot*, mampu menyesuaikan lingkungan yang dinamik. Masukan untuk pengontrol syaraf yang diusulkan terdiri dari jarak hambatan kiri, kanan dan depan, serta sudut target. Keluaran dari jaringan syaraf adalah sudut kemudi. Penelitian ini menggunakan perancangan empat *layer* jaringan syaraf untuk permasalahan optimasi jalur dan waktu pada *mobile robot*. Telah dilakukan proses pembelajaran, adaptasi, generalisasi dan optimasi. Algoritma *back propagation* digunakan untuk melatih jaringan pada penelitian ini (**Singh, 2011**).

ANN (*Artificial Neural Network*) yang diterapkan pada teknik gerak robot dibagi menjadi dua. Teknik pertama, secara eksplisit membuat konfigurasi dan keadaan robot menjadi data *array* yang terhubung secara lokal. Data *array* ini kemudian dilatih dengan berbagai metode, untuk menghasilkan lintasan dalam waktu tertentu, yang terhubung dengan posisi robot sekarang dan target. Umumnya, ANN dilatih menggunakan algoritma pelatihan analitis ataupun yang tidak diawasi. Teknik kedua, mengandung metode tidak eksplisit, mengandung solusi sebagai contoh ANN untuk kontrol motor robot, yang memerintahkan robot ke tujuannya berdasarkan letak robot. Penelitian tentang *mobile robot* beroda, berbasiskan pergerakan robot dan hambatan, jaringan syaraf tiruan mampu mengenali pembacaan jarak oleh sensor, serta posisi relatif dari target. Jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini digunakan sebagai kontroler, dan telah dilatih dengan menerapkan algoritma *back propagation* (**Engedy, 2010**). Sebuah penelitian tentang *mobile robot*, telah membandingkan dua metode kecerdasan buatan yaitu: jaringan syaraf tiruan *back propagation* dan *fuzzy logic*. Robot memiliki tiga variabel masukan, yaitu: jarak robot dengan tembok yang diukur dari pembacaan sensor ultrasonik dan dua variabel keluaran, yaitu: kecepatan dua roda. Implementasi *mobile robot* ini, dirancang dengan sejumlah sensor ultrasonik yang diletakkan pada posisi depan tengah, depan kiri, dan belakang kiri, data dari sensor dikirim secara waktu nyata. Hasilnya, setelah diimplementasikan, pergerakan robot dengan jaringan syaraf tiruan *back propagation* lebih cepat dibandingkan dengan *fuzzy logic* (**Budianto, 2017**).

Saat proses pembelajaran, Jaringan syaraf tiruan akan menghasilkan sebuah kesalahan prediksi. Hal ini dikarenakan, sistem yang dijalankan kurang mengalami proses pembelajaran, atau karena sistem yang diterapkan tidak sesuai dengan permasalahan yang ada. Seperti halnya manusia, untuk melakukan adaptasi dengan lingkungan yang baru dan berbeda dengan sebelumnya, membutuhkan waktu untuk menyesuaikan dengan lingkungannya (**Muis, 2017**). Pada *mobile robot*, selain pentingnya pengaturan roda, hal lain yang perlu diperhatikan adalah penerapan kamera, untuk mengetahui posisi robot pada sebuah area yang digunakan untuk acuan robot bergerak, dimana kamera berfungsi untuk menangkap gambar dan mengubahnya ke dalam bentuk gambar digital (**Muhammad, 2015**). Penelitian yang sebelumnya telah menerapkan kamera omni jenis katadioptrik yang digunakan untuk lokalisasi *mobile robot*. Prediksi lokasi ditentukan dengan jumlah fitur terdekat antara gambar referensi dan gambar yang dihasilkan dari pembacaan 360° oleh kamera (**Rasmana, 2020**).

Penggunaan kamera katadioptrik, bertujuan untuk menganalisis lingkungan sekitar robot, karena kamera ini memiliki kelebihan yaitu tampilan pada kamera terlihat penuh (**Setyawan, 2018**). Penelitian yang telah ada, menerapkan kecerdasan buatan pada penelitian pengukuran posisi bola menggunakan kamera *omnidirectional* robot sepak bola dan menghasilkan nilai rata-rata kesalahan sebesar 2.25% (**Prakoso, 2017**). Sebuah penelitian telah memberikan kontribusi baru tentang pengolahan gambar pada mobile robot menggunakan sebuah katadioptrik kamera. Kamera katadioptrik, biasanya terbuat oleh kombinasi kamera konvensional dan cermin melengkung yang menghasilkan sebuah sensor *omnidirectional*, yang mampu memberikan pandangan 360°. Model radial diterapkan pada *non-central* kamera katadioptrik, dan efektif untuk gambar berbasis visual servo pada sebuah *mobile robot* (**Aliakbarpour, 2014**).

Pengembangan penelitian tentang pengolahan gambar, telah menerapkan *Euclidean Distance* untuk salah satu tahap ekstraksi ciri. Sebuah penelitian merancang ekstraksi ciri ekspresi wajah dengan *Eigen Vector*. Gambar yang diuji diolah dengan *Eigen Vector*, *Euclidean Distance*, dari hasil *Eigen Vector* diklasifikasikan untuk masing-masing ekspresi wajah. Pada proses pelatihan, 10 gambar dari masing-masing ekspresi wajah telah diuji dan disimpan. Proses pengenalannya adalah dengan menerapkan nilai minimal dari hasil perbandingan nilai *Euclidean Distance*, hasil pengenalan pada penelitian ini adalah sebesar 95% (**Kalita, 2013**). Penelitian lain yang telah menerapkan *Euclidean Distance* pada ekstraksi cirinya adalah pengenalan *Synthetic Aperture Radar* (SAR), dimana data penelitian ini sangat terbatas sehingga pemilihan ekstraksi cirinya haruslah tepat. Penelitian ini menggabungkan Algoritma *Multilayer Auto Encoder* (AE) dengan *Euclidean Distance* yang didahului dengan informasi yang telah dilatih. Klasifikasi gambar pada penelitian ini menggunakan nilai *Euclidean Distance* dengan aturan tertentu (**Sheng, 2017**).

Pada penelitian ini, mengembangkan sebuah *mobile robot* sepak bola, yang dilengkapi kamera katadioptrik untuk memberikan gambaran lapangan dan posisi bola saat berada dilapangan. Gambar digital yang dihasilkan dari kamera katadioptrik, selanjutnya dilakukan proses kalibrasi. Proses ini digunakan untuk mengetahui jarak bola dalam nilai piksel terhadap jarak bola dengan nilai sesungguhnya dalam cm pada lapangan sepak bola berwarna hijau. Penentuan keberadaan bola di atas lapangan hijau menggunakan metode morfologi pada pengolahan gambar. Dari penelitian yang ada, dikembangkan untuk melakukan prediksi jarak bola terhadap robot dengan menerapkan *Artificial Neural Network*.

Penelitian ini memiliki beberapa kontribusi, antara lain: (i) proses deteksi bola pada lapangan menggunakan kamera katadioptrik dengan melakukan kalibrasi jarak (piksel) terhadap dimensi lapangan robot 6x9 meter, (ii) proses *color filtering* antara bola berdiameter 21cm berwarna *orange* dengan lapangan berwarna hijau dengan menerapkan metode HSV, dan metode morfologi, (iii) menentukan jarak antara objek dengan titik tengah kamera katadioptrik menggunakan *Euclidean Distance*, (iv) penerapan Algoritma jaringan syaraf tiruan *Back Propagation*, untuk melakukan penentuan jarak sebuah bola terhadap robot secara nyata, dengan mangacu pada sebuah arsitektur dengan tingkat kesalahan minimal.

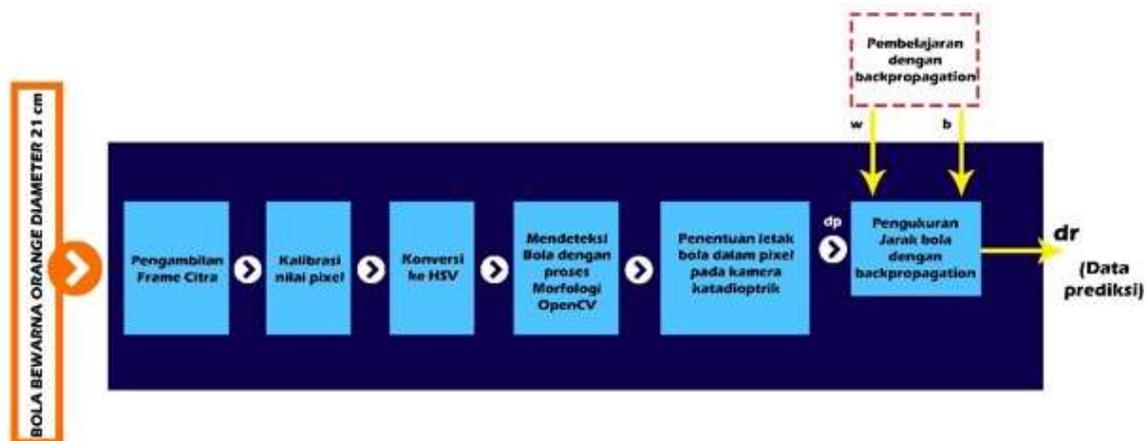
Secara keseluruhan, laporan penelitian ini terbagi atas empat bagian. Bagian pertama berisi tentang latar belakang penelitian serta kontribusinya dalam dunia robotika khususnya pada *mobile robot*. Bagian kedua, menjelaskan tentang metode penelitian yang diterapkan. Bagian ketiga merupakan penjabaran hasil penelitian dan analisisnya. Bagian keempat merupakan bagian kesimpulan dari penelitian ini serta rencana penelitian selanjutnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini merupakan metodologi penelitian yang telah dikerjakan, meliputi model perancangan secara keseluruhan beserta beberapa tahapannya.

2.1 Model Perancangan

Model perancangan penelitian ini pada Gambar 1, meliputi beberapa tahapan sebelum data diolah, dilatih dan dianalisis. Penelitian ini, menggunakan bola berdiameter 21 cm, dengan penempatan robot pada lapangan berukuran 6x9 m berwarna hijau. *Mobile robot* dilengkapi kamera katadioptrik, dengan pengaturan *frame* terlebih dahulu, yaitu menutup bagian *frame* yang tidak diperlukan untuk pengambilan gambar. Langkah awal pada penelitian ini, dengan mengambil *frame* citra (gambar) untuk disesuaikan dengan keadaan lapangan, sehingga seluruh posisi lapangan dapat terlihat dengan jelas pada kamera. Langkah kedua, adalah kalibrasi nilai piksel dengan nilai sebenarnya. Setelah didapatkan nilai sebenarnya, nilai tersebut disimpan untuk mengetahui perbandingan nilai pada piksel dan jarak sebenarnya. Langkah ketiga, adalah mengkonversi gambar RGB dengan HSV (*Hue Saturation Value*). Hal ini dilakukan supaya warna yang didapatkan dari gambar adalah warna yang menyerupai penglihatan manusia, bukan RGB yang merupakan gabungan warna-warna primer dari sebuah gambar (Fauzi, 2018).



Gambar 1. Blok Diagram Penelitian

Langkah keempat adalah deteksi bola dengan proses morfologi menggunakan OpenCV. Proses ini memiliki dua bagian yaitu dilasi dan erosi yang digunakan untuk menghaluskan batas objek, dalam hal ini adalah tepi bola dengan lapangan. Dilasi digunakan untuk menambahkan tepi, dan erosi digunakan untuk mengurangi tepi. Hal ini pada praktiknya bisa menambahkan atau mengurangi nilai "1" untuk warna putih, dan "0" untuk warna hitam (Sutrisno, 2014). Gambar 2, menunjukkan hasil dari tangkapan gambar asli kamera katadioptrik seperti lingkaran utuh sebesar 360° (Akbar, 2017), dikarenakan tidak linier dengan pandangan mata diperlukan penyesuaian *frame* gambar seperti ditunjukkan Gambar 3.

Bola dan lapangan, pada penelitian ini mengalami proses *color filtering*, proses ini menjadikan citra warna menjadi citra warna keabuan yang berakhir dengan citra biner (Stone, 2018). Setelah sistem mampu menyeleksi kedua warna tersebut yaitu *orange* dan hijau sistem akan menentukan bahwa bola akan terdeteksi jika hanya berada di atas lapangan berwarna hijau. Pengolahan berikutnya adalah konversi RGB ke HSV. HSV merupakan representasi nilai intensitas merah, hijau, dan biru dari ruang RGB. Piksel dalam ruang warna ini didefinisikan oleh *Hue* (H), *Saturation* (S) dan *Value* (V). H merupakan representasi dari sejumlah warna, S

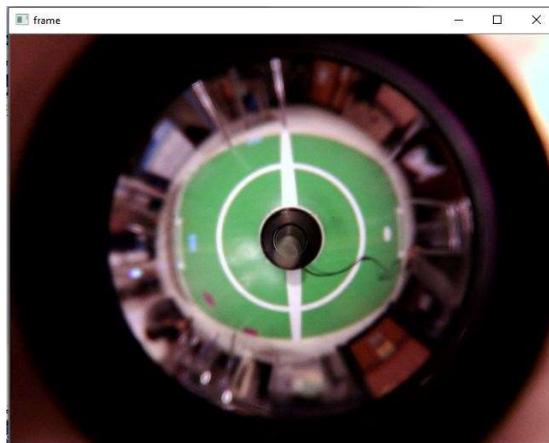
merupakan nilai derajat dominan dan V merupakan tingkat kecerahan. Persamaan (1) (2) dan (3) merupakan rumus perhitungan konversi Red Green Blue (RGB) menjadi HSV (**Cantrell, 2010**).

$$H = \begin{cases} \left(\frac{G - B}{\max_{(R,G,B)} - \min_{(R,G,B)}} + 0 \right) : 6; \text{ jika } \max = R^* \\ \left(\frac{B - R}{\max_{(R,G,B)} - \min_{(R,G,B)}} + 2 \right) : 6; \text{ jika } \max = G \\ \left(\frac{R - G}{\max_{(R,G,B)} - \min_{(R,G,B)}} + 4 \right) : 6; \text{ jika } \max = B \end{cases} \quad (1)$$

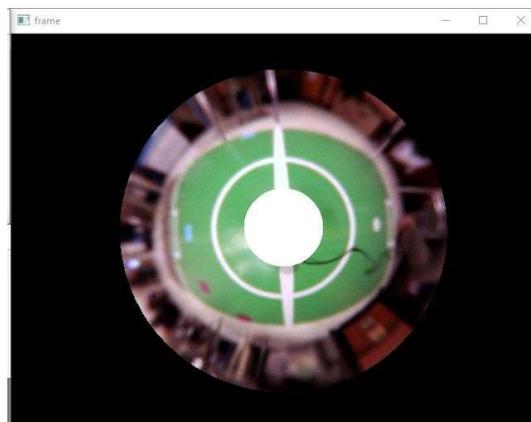
*jika $H < 0$, tambahkan 1 ke H

$$S = \frac{\max_{(R,G,B)} - \min_{(R,G,B)}}{\max_{(R,G,B)}} \quad (2)$$

$$V = \max_{(R,G,B)} \quad (3)$$



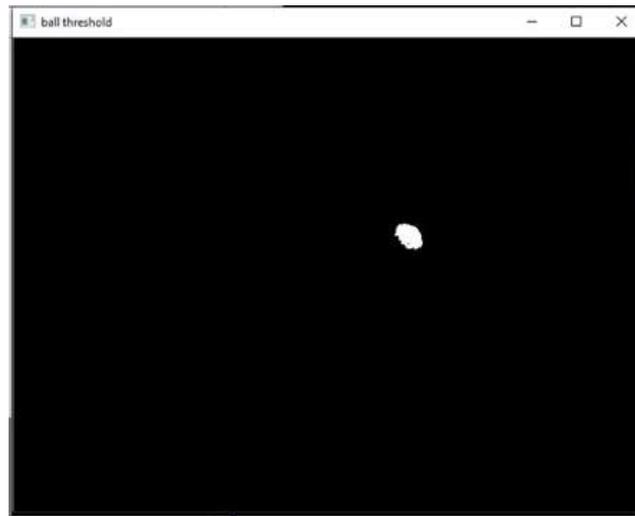
Gambar 2. Tangkapan Asli Kamera Katadioptrik Sebesar 360°



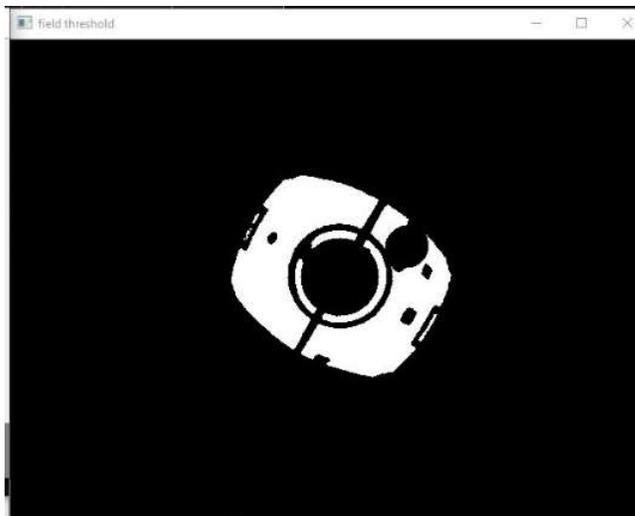
Gambar 3. Penyesuaian *Frame* Citra Penelitian

Hasil penyesuaian *frame*, kemudian diolah dengan *color filtering* baik bola maupun lapangan. Gambar 4 menunjukkan hasil dari *color filtering* bola dan Gambar 5 merupakan hasil dari *color filtering* lapangan. Dapat dilihat dengan fungsi *color filtering*, telah mampu menyeleksi objek dengan baik dalam nilai warna. Setelah objek yang telah ditentukan dapat dideteksi langkah berikutnya adalah menentukan jarak objek bola terhadap titik tengah kamera katadiotrik. Letak kamera katadiotrik pada robot ditunjukkan pada Gambar 6. Untuk menentukan jarak antara objek (x_2) dan titik tengah kamera katadiotrik (x_1) menggunakan rumus *Euclidean Distance* (ED) pada Persamaan (4). Hasil penentuan jarak menggunakan ED ditunjukkan pada Gambar 7.

$$ED = \sqrt{\sum (x_2 - x_1)^2} \quad (4)$$



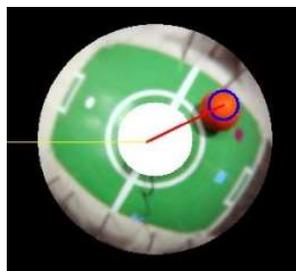
Gambar 4. Hasil *Color Filtering* Bola



Gambar 5. Hasil *Color Filtering* Lapangan

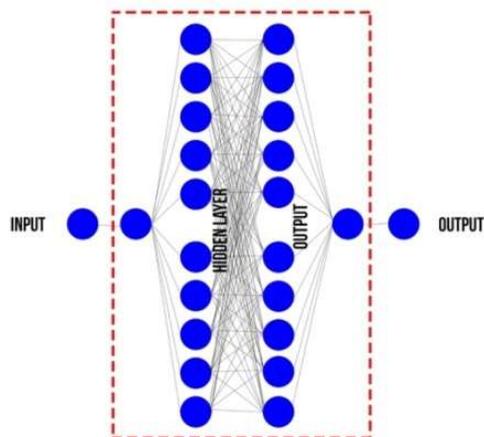


Gambar 6. Letak Kamera Katadioptrik pada Robot



Gambar 7. Penentuan Jarak Menggunakan *Euclidean Distance*

Setelah dilakukan proses perhitungan jarak dalam piksel, hasil dari nilai piksel yang didapatkan dilatihkan secara *offline*. Pelatihan ini menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Back Propagation*. Hal ini ditujukan untuk mendapatkan nilai besar bobot dan bias sampai mendapatkan nilai kesalahan prediksi yang terkecil. Gambar 8 merupakan arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan pada penelitian ini. Gambar 8 menunjukkan bahwa arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan memiliki 1 masukan, 1 keluaran, dan 1 *layer* tersembunyi. *Layer* tersembunyi penelitian ini memiliki 1 masukan dan 10 keluaran. Pada proses pelatihan, tata letak kamera katadioptrik pada robot juga akan menentukan data jarak piksel. Sehingga, penempatan dan pengaturannya harus tepat.



Gambar 8. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

3. HASIL PENGUJIAN DAN DISKUSI

Proses konversi warna RGB dan HSV telah dilakukan, hal ini untuk mendapatkan nilai seleksi warna yang paling tepat. Warna yang diseleksi adalah warna *orange* dari bola dan warna hijau dari lapangan sepak bola. Hasil pengujian Nilai HSV bola dapat dilihat pada Tabel 1 dan lapangan pada Tabel 2. Terdapat 10 kali pengujian pada masing-masing objek. Pada pengujian nilai HSV bola, telah diberikan pengaturan jarak bola kurang dari dan lebih dari 400 cm. Pengaturan H-, H+, S-, S+, V- dan V+ berbeda untuk kedua pengaturan jarak tersebut. Bola mampu dideteksi 100% pada jarak kurang dari 400 cm dengan pengaturan: H-=0, 20< H+ <33, 109< S- <133, S+= 255, V-= 255, V+=255. Sedangkan bola mampu dideteksi dengan baik pada jarak lebih dari 400 cm dengan pengaturan: H-=0, 20< H+, 109< S-, S+= 255, V- = 255, V+=255. Hasil pada pengujian nilai HSV Lapangan, didapatkan Pengaturan H-,H+, S-, S+, V- dan V+, sebagai berikut: H-=38, H+= 96, 10< S- <80, S+= 250, 140< V- < 155, V+=255.

Pengujian berikutnya setelah didapatkan nilai HSV yang tepat adalah pengujian morfologi gambar. Hal ini ditujukan untuk menghasilkan gambar yang lebih baik, dengan menghilangkan *noise* yang tertangkap pada kamera. Seperti halnya bayangan-bayangan yang tak terduga sebelumnya yang mirip menyerupai warna objek yang ditentukan sebelumnya. Hasil konfigurasi morfologi citra ditunjukkan pada Tabel 3. Terdapat variabel *blur* untuk mengatur fokus pada citra, dan menampung data *integer* bernilai 3, angka 3 menandakan fungsi *blur* atau *gaussian*. Tanda + dan - digunakan untuk mengubah nilai kernel. Tanda +bola untuk morfologi *opening* dari bola, -bola untuk morfologi *closing* dari bola, +lapangan untuk morfologi *opening* dari lapangan dan -lapangan untuk *morfologi closing* dari lapangan. Pada penelitian ini menerapkan nilai morfologi +bola= 1, -bola=2, +lapangan=3, -lapangan=4. Sebagai contoh penjelasan angka 4 pada penelitian ini memiliki arti 4 piksel, dimana jika terdapat citra biner [0 0 0 0 0 1] dan mengalami penebalan 4 piksel, maka jika 1 memiliki tetangga bernilai 0 akan diubah menjadi 1 sebanyak 4 kali penebalan. Sehingga hasil akhir citra akan menjadi [0 1 1 1 1 1].

Tabel 1. Hasil Nilai HSV Bola

HSV	Data Uji 1	Data Uji 2	Data Uji 3	Data Uji 4	Data Uji 5	Data Uji 6	Data Uji 7	Akurasi Deteksi
H+	33	31	30	20	20	20	20	100%
H-	0	0	0	0	0	0	0	100%
S+	133	130	132	131	128	110	120	100%
S-	255	255	255	255	255	255	255	100%
V+	255	255	255	255	255	255	255	100%
V-	255	255	255	255	255	255	255	100%

Tabel 2. Hasil Nilai HSV Lapangan Sepak Bola

HSV	Data Uji 1	Data Uji 2	Data Uji 3	Data Uji 4	Data Uji 5	Data Uji 6	Data Uji 7	Akurasi Deteksi
H+	96	96	96	96	96	96	96	100%
H-	38	38	38	38	38	38	38	100%
S+	250	250	250	250	250	250	250	100%
S-	83	51	70	73	50	80	73	100%
V+	255	255	255	255	255	255	255	100%
V-	140	157	150	152	153	154	155	100%

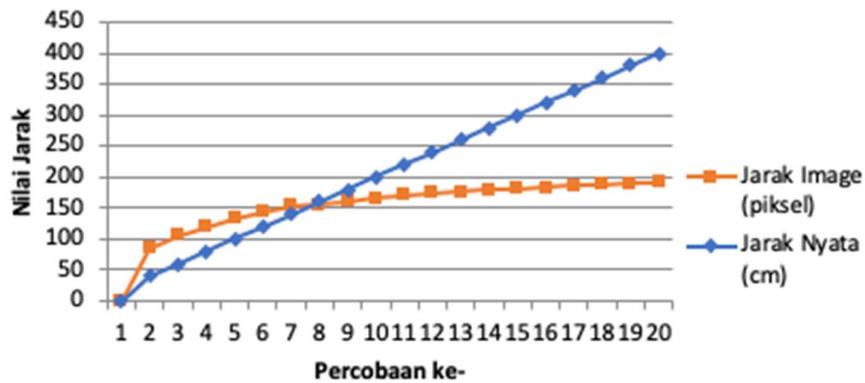
Tabel 3. Nilai Morfologi Bola dan Lapangan

blur	+bola	-bola	+lapangan	-lapangan
3	1	2	3	4

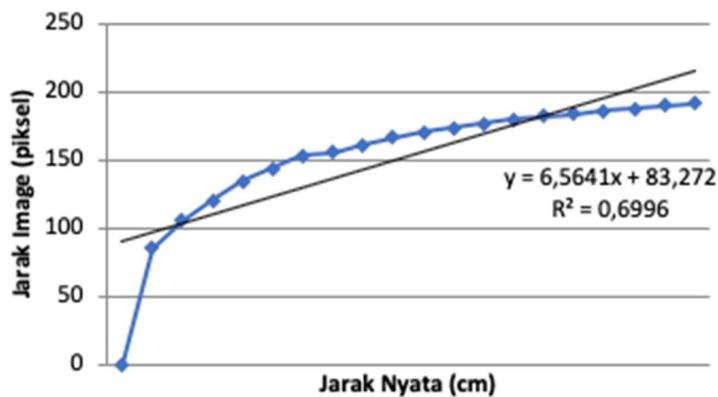
Setelah didapatkan nilai morfologi yang tepat proses berikutnya adalah pengambilan data dan proses pelatihan data, serta pengujian data. Pada Tabel 4. Perbandingan jarak piksel dengan jarak sesungguhnya merupakan hasil pengumpulan data yang akan digunakan untuk proses pelatihan ANN pada tahap selanjutnya. Pada data jarak piksel didapatkan melalui proses perhitungan *Euclidean* untuk menentukan Panjang jarak kotak piksel antara titik tengah citra kamera dengan titik tengah bola saat melakukan pendeteksian. Titik tengah piksel dari tangkapan citra kamera memiliki dua informasi koordinat yaitu x1 dan y1 sedangkan untuk titik tengah piksel dari citra bola yang telah dideteksi memiliki informasi koordinat x2 dan y2, masing-masing data yang diperoleh dibutuhkan untuk melakukan proses perhitungan *Euclidean* yang menghasilkan satu nilai yaitu jarak dalam nilai piksel. Setelah mendapatkan data tersebut akan dilakukan pendataan perbandingan beberapa jarak piksel terhadap jarak sesungguhnya yang diambil menggunakan alat ukur standar dalam satuan cm seperti pada Tabel. Penelitian ini membandingkan data jarak nyata mulai 40 cm dan terbaca 85 piksel, sampai dengan 400 cm yang terbaca 191 piksel. Dihasilkan *error* rata-raat sebesar 36,33%. Hasil Uji coba ini diplot pada Grafik dan ditunjukkan pada Gambar 9. Pada Gambar 9 menandakan bahwa nilai jarak piksel pada kamera tidak linier dengan nilai jarak sesungguhnya dalam satuan cm. Ketidakinieran ini ditunjukkan oleh Gambar 10, dimana pada dua nilai berbeda tersebut memiliki nilai regresi $R^2=0.6996$. Semakin tinggi nilai regresi (mendekati nilai 1), grafik yang dihasilkan akan semakin memiliki hubungan yang linier dan kuat (**Pratomo, 2015**). Maka, perlu adanya perhitungan secara kompleks untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan *Artificial Neural Network* dengan harapan data yang diuji akan menghasilkan data yang mendekati benar atau target nilai yang telah ditentukan (**Yuliana, 2016**).

Tabel 4. Perbandingan Jarak Piksel dengan Jarak Sesungguhnya

Data Uji	Jarak Image (piksel)	Jarak Nyata (cm)	Error (%)
1	85,00	40	112.50
2	105,00	60	75,00
3	120,00	80	50,00
4	134,00	100	34,00
5	144,00	120	20,00
6	153,00	140	9.28
7	155,63	160	2.73
8	160,79	180	10.67
9	166,20	200	16.90
10	170,30	220	22.59
11	173,66	240	27.64
12	176,63	260	32.07
13	179,74	280	35.81
14	181,86	300	39.38
15	183,70	320	42.59
16	185,82	340	45.35
17	187,80	360	47.83
18	189,78	380	50.06
19	191,00	400	52.25

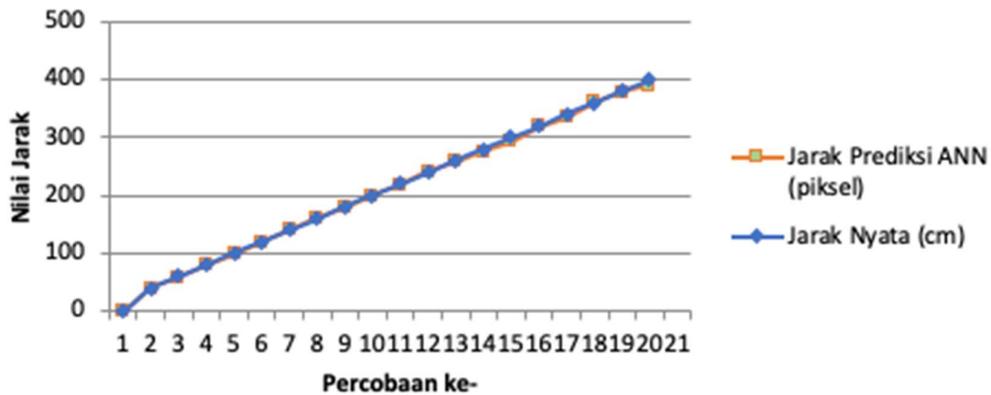


Gambar 9. Grafik Nilai Jarak Terhadap Data Percobaan

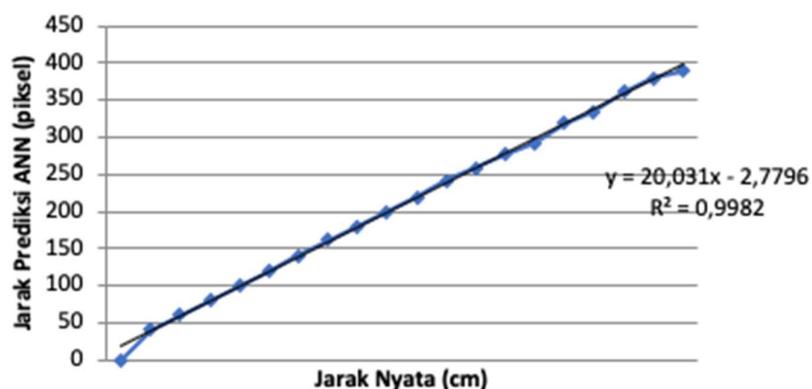


Gambar 10. Grafik Nilai Jarak Terhadap Jarak Nyata

Penelitian ini telah merancang ANN dengan menerapkan *back propagation*, dengan sistem pelatihan *offline* sebanyak 1.000.000 iterasi. Pengujian prediksi jarak ANN dengan nilai jarak sesungguhnya, digunakan untuk mengetahui akurasi dari prediksi yang dihasilkan oleh sistem yang telah dibuat menggunakan *Artificial Neural Network*. Hasil pengujian antara jarak prediksi (piksel) dengan jarak sebenarnya, dimana pada pemrosesan gambar telah ditanamkan sistem ANN ditunjukkan pada Tabel 5, dari 19 kali uji coba dengan jarak yang sama pada perlakuan sebelumnya didapatkan *error* rata-rata sebanyak 0.97%.



Gambar 11. Nilai Jarak Prediksi ANN

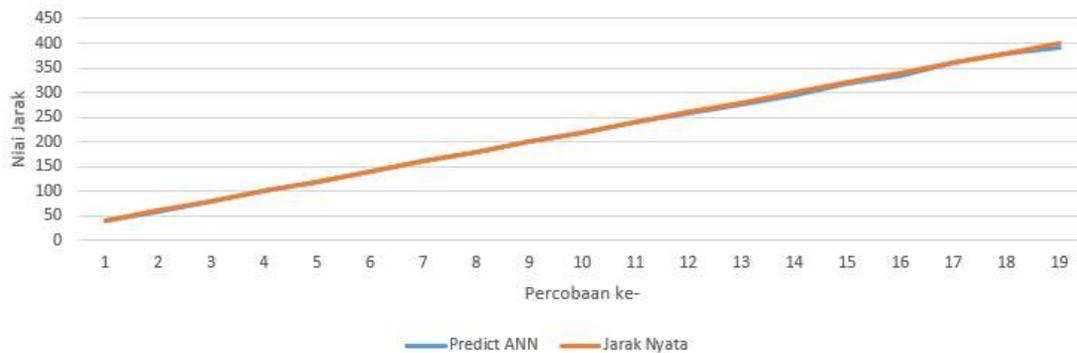


Gambar 12. Hubungan Antara Nilai Jarak Prediksi ANN Terhadap Jarak Nyata

Tabel 5. Pengujian Jarak Prediksi ANN

Data Uji	Jarak prediksi ANN (piksel)	Jarak Nyata (cm)	Error (%)
1	39,77	40	0,58
2	59,57	60	0,71
3	79,31	80	0,86
4	99,51	100	0,49
5	118,92	120	0,9
6	140,99	140	0,71
7	161,34	160	0,834
8	179,01	180	0,55
9	200,11	200	0,06
10	218,98	220	4,46
11	241,02	240	0,43
12	258,97	260	0,39
13	276,66	280	1,19
14	292,98	300	2,34
15	319,12	320	0,275
16	334,88	340	1,51
17	361,09	360	0,30
18	379,18	380	0,22
19	389,54	400	2,62
Rata-rata error			0,97

Pada Gambar 11, menunjukkan bahwa ANN mampu untuk memprediksi nilai jarak piksel ke cm menjadi lebih baik. Dimana, awal data nilai jarak piksel tidak linier dengan nilai sesungguhnya, hal ini didukung oleh Gambar 12. Hasil persamaan memberikan nilai regresi linier $R^2=0.9982$, nilai ini mendekati 1 yang berarti mendekati linier piksel dengan jarak sesungguhnya dengan tingkat keberhasilan penyesuaian sebesar 99,03%.



Gambar 13. Hubungan Antara Nilai Jarak Prediksi ANN Terhadap Jarak Nyata

Tabel 6. Pengujian Jarak Prediksi ANN

Correlation	Jarak prediksi ANN (piksel)	Jarak Nyata (cm)
Jarak prediksi ANN (piksel)	1	
Jarak Nyata (cm)	0.999726749	1

Penelitian ini menggunakan nilai *cross-correlation* untuk mendapatkan nilai kesesuaian target, dimana nilai target berubah-ubah dan menghasilkan nilai galat (*error*) yang rendah dalam waktu pencapaian yang rendah (**Prasetyawati, 2005**). Gambar 13 merupakan nilai hasil *cross-correlation* yang diperoleh dari data penelitian. Tabel 6, menunjukkan nilai *cross-correlation* antara variable jarak prediksi ANN dengan jarak nyata, didapatkan bahwa nilai *cross-correlation* sebesar 0.99, yang mengartikan nilai prediksi memiliki kesesuaian dengan target.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menerapkan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk meningkatkan keberhasilan dalam mendeteksi jarak yang terbaca pada Kamera Katadioptrik. Proses awal penelitian ini adalah penyesuaian *frame* katadioptrik, melakukan konversi citra warna RGB ke HSV. Proses berikutnya adalah morfologi baik bola maupun lapangan, sehingga didapatkan data yang lebih fokus sebelum proses ekstraksi ciri jarak menggunakan *Euclidean Distance* (ED). Nilai yang didapatkan dari ED, selanjutnya digunakan sebagai data yang dilatihkan pada JST. Pembacaan awal kamera tanpa penerapan sistem kecerdasan memiliki tingkat akurasi sebesar 63,67%. Sedangkan dengan menerapkan sistem kecerdasan buatan dengan arsitektur yang telah dibuat, mampu menaikkan akurasi menjadi 99,03%. Penelitian ini akan dikembangkan menggunakan tingkat kecerdasan buatan yang lebih tinggi, dan lebih kompleks yaitu metode *Deep Learning*. Data masukan dapat menampung lebih banyak dan arsitektur *neuron* lebih mendukung untuk melakukan klasifikasi objek maupun prediksi dalam mengambil sebuah keputusan. Pengembangan ini, dapat mengklasifikasikan banyak objek disekitarnya, seperti: gawang, wasit, robot yang menjadi tim dan lawan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada bagian Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, yang telah membantu dalam hal pendanaan publikasi laporan penelitian ini, dan Cyber Robotic Universitas Dinamika atas bantuan sarana dan prasarana penelitian dalam pengambilan data.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, E. M. (2017). Rancang Bangun Omni Vision pada Robot ESPARTAN KRSBI Beroda. *5th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*, (pp. 78-81).
- Aliakbarpour, H. O. (2014). Visual servoing of mobile robots using non-central catadioptric cameras. *Elsevier (Robotics and Autonomous Systems)*, *62*(11), 1-10.
- Budianto, A. P. (2017). Analysis of Artificial Intelligence Application Using Back Propagation Neural Network and Fuzzy Logic Controller on Wall-Following Autonomous Mobile Robot. *International Symposium on Electronics and Smart Devices*, (pp. 62-67).
- Cantrell, K. M.-P.-V. (2010). Use of the Hue Parameter for Bitonal Optical Sensor. *Analytical Chemistry*, *82*(2), 531-542.
- Engedy, H. (2010). Artificial Neural Network based Local Motion Planning of a Wheeled Mobile Robot. *11th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics*, (pp. 213-219).
- Fauzi, F. J. (2018). Implementasi Metode RGB To HSV pada Aplikasi Pengenalan Mata Uang Kertas Berbasis Android untuk Tuna Netra. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, *4*(2), 196-202.
- Gigras, Y. K. (2012). Artificial Intelligence in Robot Path Planning. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, *2*(2), 2231-2307.
- Kalita, J. K. (2013). Recognition of Facial Expression Using Eigenvector Based Distributed Features and Euclidean Distance Based Decision Making Technique. *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *4*(2), 192-202.
- Muhammad, F. A. (2015). *Sistem Navigasi Robot Beroda Menggunakan Omnidirectional Camera*. UII, Jurusan Teknik Elektro, Yogyakarta.
- Muis, D. M. (2017). *Sistem Kecerdasan Tiruan Dengan Kemampuan Belajar dan Adaptasi*. Ruko Jambusari 7A Yogyakarta: TEKNOSAIN.
- Prakoso, Y. R. (2017). Artificial Neural Network Untuk Pengukuran Posisi Bola Menggunakan Kamera Omnidireksional Pada Robot Sepak Bola Beroda. *5th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*, (pp. 169-172).
- Prasetyawati, S. A. (2005). Korelasi Antara Dua Sinyal Sama Berbeda Jarak Perekaman Dalam Sistem Adaptif. *Transistor*, *5*(1), 83-89.
- Pratomo, D. E. (2015). *Analisis Regresi dan Korelasi Antara Pengunjung Dan Pembeli Terhadap Nominal Pembelian di Indomaret Kedungmundu Semarang Dengan Metode Kuadrat Terkecil*. Udinus, Jurusan Ilmu Komputer. Semarang: Udinus.

- Rasmana, S. H. (2020). Lokalisasi Mobile Robot berdasarkan Citra Kamera OMNI menggunakan Fitur Surf. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(5), 1079-1088.
- Setyawan, N. K. (2018). Pengenalan Posisi Objek Dari Sistem Kamera Omni-Vision Menggunakan Pso-NN dan Scan Lines pada Robot Sepak Bola. *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*, (pp. 27-33).
- Sheng, D. L. (2017). SAR Automatic Target Recognition Based on Euclidean Distance Restricted Autoencoder. *IEEE Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing*, 10(7), 3323-3333.
- Singh, M. D. (2011). Path optimisation of a mobile robot using an artificial neural network controller. *International Journal of System Science*, 42(1), 107-120.
- Stone, A. A. (2018). Segmentasi Citra pada Robot Sepak Bola Beroda Menggunakan Multilayer Neural Network dan Fitur Warna HSV. *Jurnal Teknik ITS Surabaya*, 7(2), A276-A281.
- Sutrisno, A. A. (2014). Implementasi Teknik Watershed Dan Morfologi Pada Citra Satelit Untuk Segmentasi Area Universitas Brawijaya. *Jurnal Teknik Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(1), 5-13.
- Yuliana, I. M. (2016). Modul Regresi Linier Sederhana. *Universitas Udayana*, 2-5.