

Deteksi Zona pada KRSTI dengan Sensor Warna TCS3200

Ahmad Imam Bardani¹, Nuryono Satya Widodo²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

² Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirimkan 15 Agustus 2019,
Direvisi 16 September 2019,
Diterima 21 September 2019.

Kata Kunci:

TCS3200,
Robot Humanoid,
KRSTI,
Sensor Warna,
Robot Seni Tari.

Penulis Korespondensi:

Ahmad Imam Bardani,
Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Ahmad Dahlan,
Yogyakarta, Indonesia.
Surel/Email:
imambardani96@gmail.com

ABSTRAK

Robot seni tari Lanange Jagad untuk lomba Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) belum mampu membedakan zona warna pada arena yang menyebabkan robot melakukan gerakan tarian yang tidak sesuai dengan tempatnya. Oleh karena itu dibutuhkan kontrol otomatisasi menggunakan sensor warna TCS3200. TCS3200 akan memperoleh komposisi RGB yang tepat menggunakan perhitungan frekuensi. Hasil yang dicapai dalam penelitian ini adalah robot seni tari Lanange Jagad dapat membedakan zona dengan memanfaatkan warna merah, biru, biru muda, hijau, dan putih dengan tingkat keberhasilan 84%. Ketika robot mendeteksi warna yang sudah ditentukan pada setiap zona, robot akan secara otomatis melakukan gerakan tari yang sudah disesuaikan dengan zona tersebut. Saat robot masuk ke zona warna berbeda maka robot akan menghentikan gerakan tari pada zona sebelumnya dan memanggil gerakan tari selanjutnya. Namun masih terdapat banyak *noise* saat melakukan pengujian sehingga nilai RGB yang digunakan untuk memanggil gerakan tari berubah sehingga robot tidak merespons perintah yang dimasukkan pada program. Nilai RGB yang stabil di dapatkan pada kondisi kaki robot menapak atau bersentuhan langsung dengan zona warna, nilai tersebut yang digunakan untuk pemanggilan gerakan tari.

The Lanange Jagad dance robot for the Indonesian Robot Dance Contest (KRSTI) has not been able to distinguish the color zone in the arena that causes the robot to perform dance moves that are not in accordance with its place. Therefore we need automation control using the TCS3200 color sensor. TCS3200 will obtain the right RGB composition using frequency calculations. The results achieved in this study are the Lanange Jagad dance robot can distinguish zones by utilizing red, blue, light blue, green, and white with a success rate of 84%. When the robot detects the colors that have been determined in each zone, the robot will automatically perform dance moves that have been adapted to the zone. When the robot enters a different color zone, the robot will stop the dance movement in the previous zone and call the next dance movement. However, there is still a lot of noise when testing so that the RGB value used to call dance moves changes so that the robot does not respond to commands entered in the program. A stable RGB value is obtained when the robot's foot steps or comes into direct contact with the color zone, the value that is used for calling dance moves.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Sitasi Dokumen ini:

A. I. Bardani and N. S. Widodo, "Deteksi Zona pada KRSTI dengan Sensor Warna TCS3200," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 56--63, 2019. DOI: [10.12928/biste.v1i2.955](https://doi.org/10.12928/biste.v1i2.955)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang robotika yang berkembang semakin pesat memberikan dampak besar dengan banyaknya penelitian yang telah dilakukan [1]. Kontes Robot Seni Tari Indonesia merupakan ajang kompetisi bidang robotika yang diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi [2][3]. Universitas Ahmad Dahlan ikut serta dalam ajang kontes robot tersebut dan robot seni tari Universitas Ahmad Dahlan di kenal dengan nama Lanange Jagad. Robot KRSTI biasanya membawakan tarian-tarian daerah yang ada di Indonesia sesuai dengan

tema yang diberikan pihak panitia pada setiap tahunnya. Masalah yang di hadapi saat perlombaan yaitu robot belum mampu membedakan zona sehingga menyebabkan robot melakukan gerakan tarian tidak sesuai dengan tempatnya mengakibatkan perolehan poin dari dewan juri tidak maksimal.

Robot KRSTI akan melakukan tarian di atas trek yang terdiri dari sebuah arena persegi panjang yang memiliki ukuran dengan panjang 3000mm dan memiliki lebar sebesar 2000mm, dengan warna biru muda, warna putih dan warna hijau gelap mempunyai tinggi sekitar 1000 mm dari atas lantai [4]. Setiap bagian arena atau trek akan dibagi dalam lima zona yaitu Zona Pembuka dengan warna biru atau merah, Zona A dengan warna biru muda, Zona B dengan warna putih, Zona C dengan warna hijau tua, dan Zona penutup dengan warna biru atau merah.

Oleh karena itu untuk memudahkan robot seni tari Lanange Jagad melakukan gerakan tari pada zona dengan warna yang berbeda, dibutuhkan kontrol otomatisasi yaitu dengan menggunakan sensor warna TCS3200. Sistem ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri atas CM 9.04 yang berfungsi sebagai kontroler *servo dinamixel*, Arduino mega 2560 pro berfungsi sebagai kontroler untuk mengakses sensor warna dan TCS3200 digunakan untuk mendapatkan nilai RGB yang digunakan untuk memanggil gerakan tari. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini dibuat menggunakan Arduino IDE dan OpenCM IDE. Komunikasi yang digunakan untuk mengkomunikasikan kedua kontroler tersebut yaitu SPI dikarenakan komunikasi SPI memiliki kemampuan pengiriman data yang lebih cepat jika dibandingkan dengan komunikasi lainnya hal tersebut dapat diketahui berdasarkan percobaan yang dilakukan. Robot seni tari membutuhkan pengiriman data yang cepat agar gerakan robot menjadi halus.

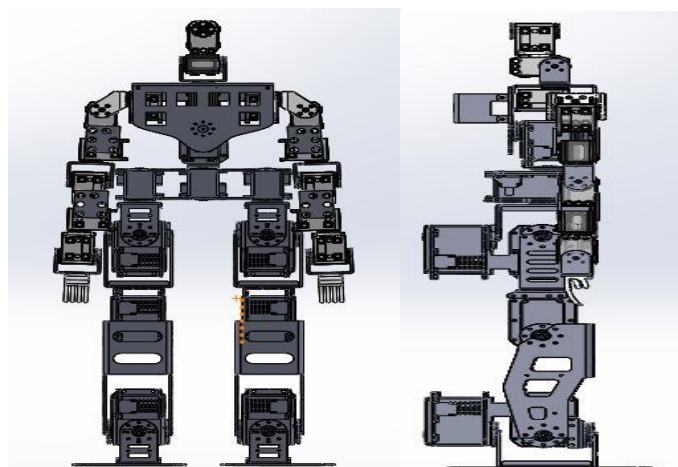
Sensor warna TCS3200 mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan objek warna dengan cara membaca nilai yang intensitas cahaya tersebut yang telah dipancarkan oleh LED sehingga nilai tersebut akan dibaca menggunakan matriks 8x8 fotodiode dengan konfigurasi 16 fotodiode untuk memfilter warna merah, 16 fotodiode untuk memfilter warna hijau, 16 fotodiode untuk memfilter warna biru dan 16 fotodiode tanpa filter [5] [6] [7]. Setelah dilakukan filter maka hasilnya akan didistribusikan pada masing-masing *array*. Modul ini memiliki osilator yang menghasilkan pulsa *square* yang frekuensinya sama dengan warna yang dideteksi [6]. Untuk jalur komunikasinya sendiri sensor warna TCS3200 dapat berkomunikasi dengan modul Arduino dengan menghubungkan Pin yang sudah disediakan pada modul TCS3200 ke Pin digital mikrokontroler.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu perancangan perangkat keras berupa desain mekanik robot dan perancangan elektrik sedangkan perancangan perangkat lunak berupa pembuatan program komunikasi kontroler dan mengakses sensor.

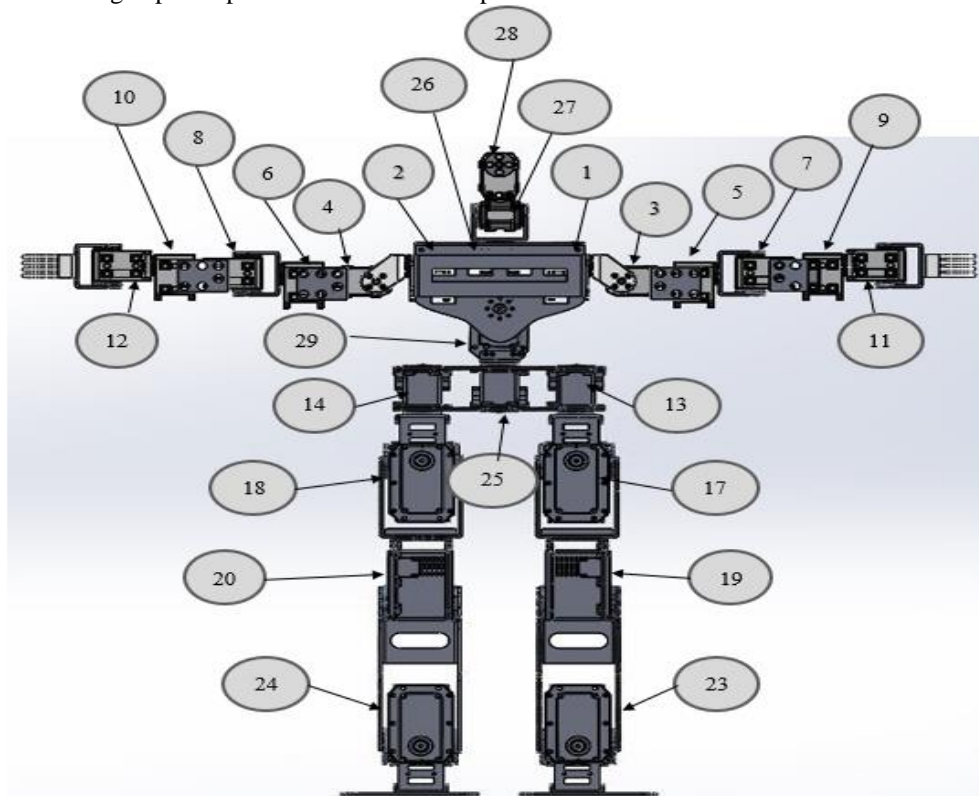
2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan yang dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil dari perangkat keras yang sesuai dengan kebutuhan maka tahapan yang dilakukan dibagi menjadi dua bagian yaitu tahapan pertama perancangan sistem mekanik pada robot *humanoid* dan tahapan yang kedua yaitu perancangan sistem elektrik pada robot. Pada bagian perancangan sistem mekanik terdiri dari desain robot, sedangkan perancangan pada bagian elektrik terdiri atas perancangan kontroler, sensor, dan motor servo. Desain 3D robot dapat dilihat pada Gambar 1.

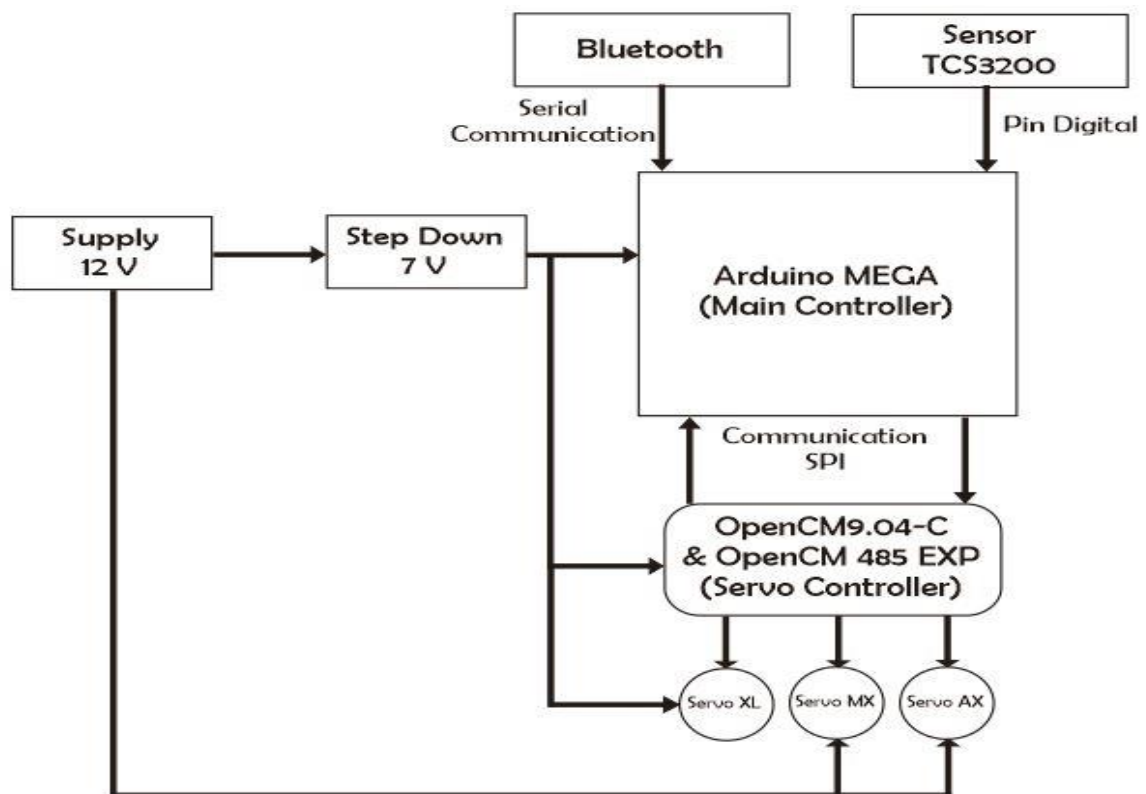


Gambar 1. Desain 3D Robot

Penelitian ini desain robot yang digunakan adalah robot *humanoid*, dikarenakan robot humanoid merupakan robot yang desainnya berbentuk manusia dan dapat di program agar pola tingkah laku robot dapat menyerupai manusia. Penempatan posisi servo dan blok diagram robot dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 sedangkan keterangan penempatan servo bisa dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Penempatan Posisi Servo

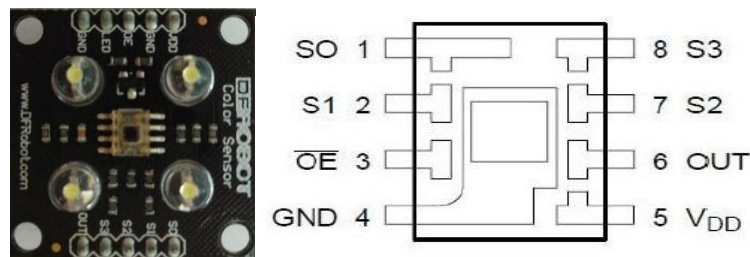


Gambar 3. Diagram Blok Sistem Robot

Tabel 1. Keterangan penempatan motor servo

Nomer Servo	Jenis Servo	Posisi Servo
1-12	Dynamixel XL-320	Tangan
13,14,25	Dynamixel MX-28AT	Pinggang
15-24	Dynamixel MX-64AT	Kaki
29	Dynamixel MX-28AT	Perut
26-28	Dynamixel XL-320	Kepala

Robot *humanoid* UAD menggunakan modul *TCS3200* yang bertujuan untuk membedakan arena pada kontes robot tari berdasarkan warna setiap zona. Pada awalnya *TCS3200* yaitu sensor cahaya yang sudah dilengkapi dengan filter cahaya untuk warna dasar RGB (*Red-Green-Blue*) [8] [9]. Sensor warna *TCS3200* dapat dilihat dari Gambar 4.

Gambar 4. Sensor Warna *TCS3200*

Sensor warna *TCS3200* dilengkapi dengan konverter tegangan ke frekuensi untuk menghasilkan keluaran yang mewakili intensitas cahaya [10]. Pada sensor warna *TCS3200* memiliki dua buah selektor yang bertujuan untuk menentukan konfigurasi pada fotodiode yang dipergunakan yaitu selektor S2 dan S3 [11]. Konfigurasi selektor S2 dan S3 dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi selektor S2 dan S3 [12]

S2	S3	Fotodiode yang Aktif
L	L	Pemfilter Merah
L	H	Pemfilter Biru
H	L	Tanpa filter
H	H	Pemfilter Hijau

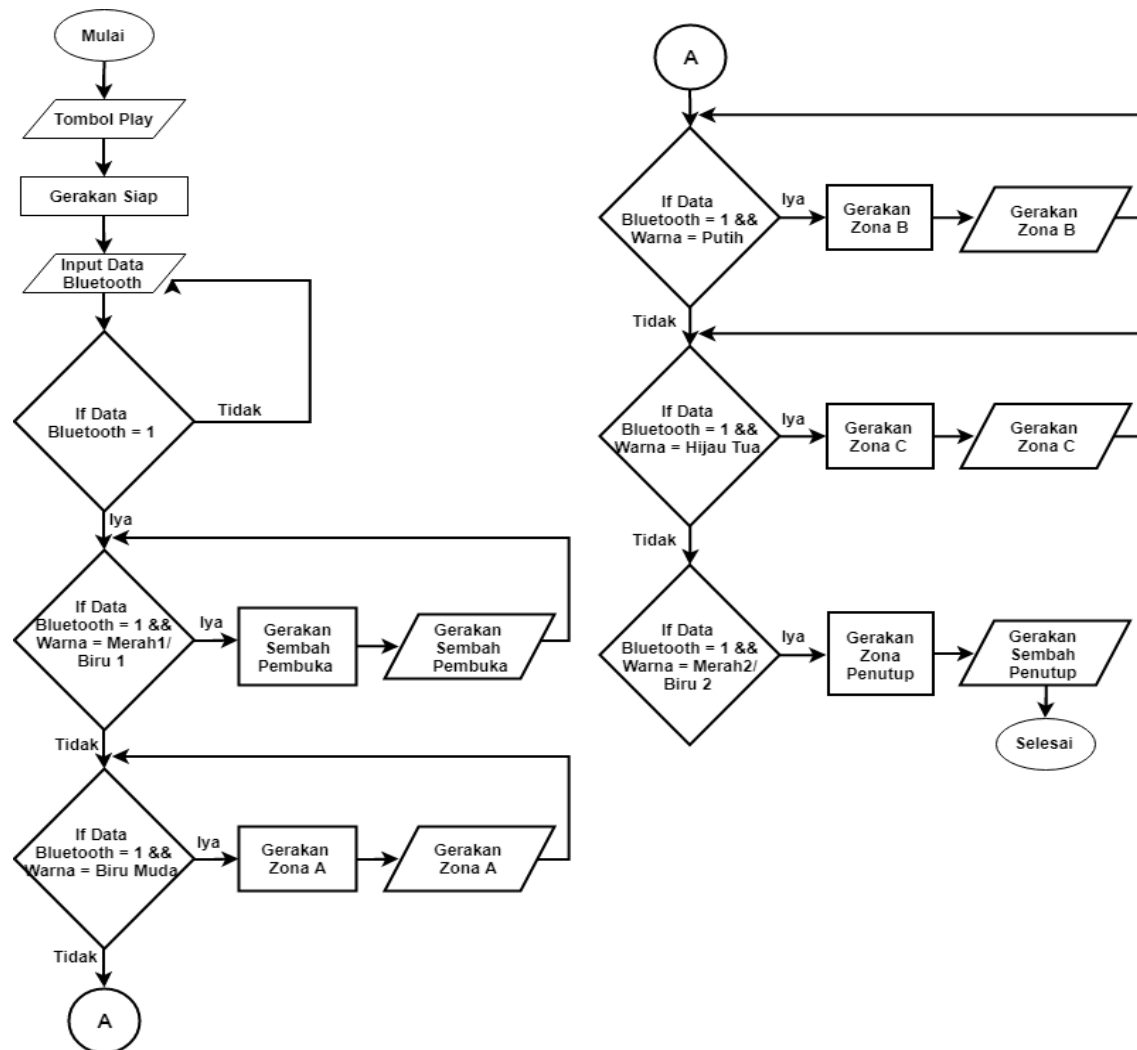
Fotodiode pada *TCS3200* akan menghasilkan arus berbanding lurus dengan jumlah warna dasar cahaya yang menyimpannya. Arus tersebut akan dikonversi menjadi sinyal kotak atau dengan kata lain pulsa digital yang memiliki frekuensi sebanding dengan besarnya arus [13]. Frekuensi keluaran dapat ditentukan dengan cara mengubah selektor S0 dan S1 dengan ketentuan yang bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Skala Frekuensi Output [8]

S0	S1	Skala Frekuensi Keluaran
L	L	Power Down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Tugas dari Arduino IDE adalah menghasilkan sebuah *file* dengan format *hex* yang di-download pada Arduino [5]. Dalam penelitian ini perancangan perangkat lunak atau pembuatan program akan menggunakan Arduino IDE. Bahasa yang digunakan pada penelitian ini yaitu bahasa C/C++ dengan *library* tambahan. Untuk lebih jelasnya, berikut tampilan diagram alir perancangan sistem secara umum bagaimana robot dapat mengenali zona berdasarkan warna pada zona tersebut dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Sistem Gerak Robot

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem yaitu proses pengeksekusian sistem dari perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengetahui sistem yang telah dibuat sesuai dengan yang diinginkan oleh peneliti [14]. Pengujian sistem dapat dilakukan setelah semua proses perancangan telah selesai dilakukan, pada proses ini sistem akan diuji apakah dapat bekerja sesuai dengan fungsi dan tugasnya masing-masing, sensor warna TCS3200 akan diletakkan pada bagian kaki kiri robot. Pengujian dilakukan dengan cara mengujinya pada kondisi ruangan dengan pencahayaan yang terang (229lux) dan gelap (15lux) nilai tersebut didapatkan dari pengukuran cahaya menggunakan *luxmeter* pada ruangan yang akan digunakan untuk pengambilan data hal itu dilakukan karena kondisi cahaya pada saat perlombaan tidak tetap jadi untuk mendapatkan nilai yang sesuai pada saat perlombaan maka dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan nilai RGB kemudian nilai tersebut di masukkan ke dalam program pemanggilan gerakan tari, kemudian akan di uji jarak jangkauan sensor, dan dilakukan pengamatan keseluruhan terhadap gerak robot. Warna yang akan di uji sesuai dengan peraturan yang terdapat pada buku panduan kontes robot seni tari Indonesia tahun 2018, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Nilai RGB Panduan KRSTI

Warna Zona	Nilai R	Nilai G	Nilai B
Biru Muda	141	179	226
Merah	225	0	0
Biru	0	0	255
Hijau	0	176	80
Putih	255	255	255

Objek yang akan di uji ada dua jenis yaitu objek pertama terbuat dari kertas HVS biasa dan objek yang ke dua terbuat dari kertas dengan bahan *glossy*, bahan tersebut di gunakan sebagai objek percobaan karena kertas hvs biasa saat terkena cahaya pantulannya tidak terlalu kuat sedangkan kertas bahan *glossy* memiliki pantulan cahaya yang lebih kuat. Data yang diambil berupa nilai R G B untuk setiap warna dari objek yang akan di uji. Pada Tabel 5 dan 6 akan ditunjukkan hasil perbandingan percobaan sensor warna TCS3200 pada kondisi ruangan yang terang dan gelap dengan bahan uji kertas HVS biasa dan bahan uji kertas *glossy*.

Tabel 5. Data Pengujian Sensor Warna TCS3200 pada Kertas HVS Biasa dalam Ruangan Terang dengan Intensitas Cahaya 229lux dan Ruangan Gelap dengan Intensitas Cahaya 15lux

OBJEK WARNA	DATA SAAT KONDISI CAHAYA TERANG			DATA SAAT KONDISI CAHAYA GELAP		
	R	G	B	R	G	B
MERAH	12	40	31	12	41	30
BIRU MUDA	14	13	9	13	14	9
BIRU	29	28	15	29	29	16
HIJAU	21	17	24	21	17	25
PUTIH	9	10	7	9	10	8

Tabel 6. Data Pengujian Sensor Warna TCS3200 pada Kertas *Glossy* dalam Ruangan Terang dengan Intensitas Cahaya 229lux dan Ruangan Gelap dengan Intensitas Cahaya 15lux

OBJEK WARNA	DATA SAAT KONDISI CAHAYA TERANG			DATA SAAT KONDISI CAHAYA GELAP		
	R	G	B	R	G	B
MERAH	12	59	40	12	60	41
BIRU MUDA	12	11	8	12	12	8
BIRU	24	30	14	24	29	14
HIJAU	15	14	24	16	15	25
PUTIH	8	8	7	7	8	7

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi agar robot melakukan gerakan tarian yaitu sensor warna akan mendeteksi warna merah, biru, biru muda, putih, dan hijau, dengan nilai RGB yang sudah di masukkan pada program pemanggilan gerakan. Apabila ada warna lain yang nilainya mendekati syarat untuk pemanggilan warna maka robot akan tetap memanggil gerakan tarian. Misalnya, robot mendeteksi warna kuning dengan nilai RGB mendekati warna merah $R=12, G=50, B=31$ maka robot akan mendeteksi bahwa itu warna merah, jadi untuk mengatasinya perlu diberikan kondisi yang berbeda dengan pemberian *range* untuk nilai RGB pada masing-masing warna, contohnya pada warna merah dengan nilai $R=12, G=50, B=31$ maka diberi kondisi $(R \geq 10) \ \&\& \ (R \leq 13) \ \&\& \ (G \geq 55) \ \&\& \ (G \leq 64) \ \&\& \ (B \geq 39) \ \&\& \ (B \leq 44)$. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan robot dalam membaca nilai sensor warna dan melakukan gerakan tarian maka di lakukan percobaan beberapa kali. Data percobaan dilakukan pada kondisi ruangan terang dan zona warna yang di deteksi menggunakan kertas *glossy* di tunjukkan oleh Tabel 7. Untuk mendapatkan nilai RGB yang bagus maka nilai yang digunakan yaitu pada saat kaki robot menapak atau bersentuhan langsung dengan zona warna, nilai tersebut yang digunakan sebagai nilai pemanggil gerakan robot namun nilai tersebut kadang berubah dikarenakan *noise*. *Noise* terjadi akibat tegangan yang masuk ke TCS3200 tidak stabil dan keterlambatan pembacaan nilai RGB dari TCS3200 yang diterima oleh Arduino.

Tabel 7. Data Hasil Percobaan Memanggil Gerakan Tarian Robot

Percobaan	Objek Berwarna	Panjang Zona Warna (cm)	Hasil yang Diperoleh
1	Merah	10	Berhasil
2	Biru Muda	10	Berhasil
3	Biru	10	Berhasil
4	Hijau	10	Tidak Berhasil
5	Putih	10	Berhasil
6	Merah	20	Berhasil
7	Biru Muda	20	Berhasil
8	Biru	20	Berhasil
9	Hijau	20	Berhasil

Percobaan	Objek Berwarna	Panjang Zona Warna (cm)	Hasil yang Diperoleh
10	Putih	20	Berhasil
11	Merah	30	Berhasil
12	Biru Muda	30	Berhasil
13	Biru	30	Berhasil
14	Hijau	30	Tidak Berhasil
15	Putih	30	Berhasil
16	Merah	40	Tidak Berhasil
17	Biru Muda	40	Berhasil
18	Biru	40	Berhasil
19	Hijau	40	Berhasil
20	Putih	40	Berhasil
21	Merah	50	Berhasil
22	Biru Muda	50	Berhasil
23	Biru	50	Berhasil
24	Hijau	50	Tidak Berhasil
25	Putih	50	Berhasil

Berdasarkan Tabel 7 didapatkan hasil bahwa robot bekerja dengan baik ketika mendeteksi zona warna robot melakukan gerakan tarian sesuai zona yang telah ditentukan sebelumnya. Tingkat keberhasilan robot melakukan gerakan tarian dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tingkat keberhasilan} &= \frac{\text{Banyak percobaan yang berhasil}}{\text{Jumlah percobaan yang dilakukan}} \times 100\% \\ &= \frac{21}{25} \times 100\% = 84\% \end{aligned}$$

Setelah melakukan percobaan maka didapatkan hasil bahwa tingkat keberhasilan robot untuk melakukan gerakan tarian ketika mendeteksi zona warna adalah 84%. Percobaan yang tidak berhasil dikarenakan sensor warna tidak mendeteksi warna dengan nilai yang sudah ditentukan sehingga robot tidak bisa memanggil gerakan sesuai dengan zona warna.

4. KESIMPULAN

Robot dapat membedakan zona dengan memanfaatkan warna merah, biru, biru muda, hijau, dan putih namun jarak antara sensor warna dengan zona warna mempengaruhi pembacaan nilai RGB, jika jarak antara zona warna dengan sensor warna dekat maka pembacaan nilai RGB akan stabil, jika sebaliknya jarak antara sensor warna dan zona warna semakin jauh maka nilai RGB yang didapatkan akan semakin tinggi dan tidak stabil. Tingkat keberhasilan robot dalam mendeteksi zona pada penelitian ini yaitu 84%.

Robot akan melakukan gerakan tarian ketika sensor warna TCS3200 yang berada pada kaki mendapatkan nilai RGB sesuai dengan nilai yang sudah dimasukkan ke program untuk pemanggilan gerakan. Nilai RGB yang digunakan untuk pemanggilan gerakan tersebut tidaklah tetap karena sering terjadi *noise* yang mengakibatkan nilai RGB tidak stabil. Jadi untuk memastikan robot berjalan dengan baik harus dilakukan pengecekan ulang pada sensor warna untuk mendapatkan nilai yang sesuai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada editor dan reviewer atas segala saran dan masukannya yang telah membantu dalam proses penerbitan naskah. Semoga hasil yang telah dicapai dalam penelitian ini akan bermanfaat bagi penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

REFERENSI

- [1] Abdullah, "Sistem Penyeleksi Warna dan Berat Barang Menggunakan Pergerakan Lengan Robot Empat DOF (Degree Of Freedom)," no. 1, pp. 59–70, 2017. DOI: [10.5281/zenodo.439845](https://doi.org/10.5281/zenodo.439845)
- [2] T. Haryanto, A. Putra, D. Syaquy, and R. Maulana, "Sistem Pendeteksi Tempo Lagu Untuk Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) Berdasarkan Frekuensi Dengan Algoritma Beat This," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 4, pp. 3986–3992, 2019. [Online](#)
- [3] M. A. Fahd, D. Purwanto, and H. Fatoni, "Rancang Bangun Robot Penari Humanoid dengan Menggunakan 25 DOF untuk Melakukan Gerakan Tari Remo," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2018. DOI: [10.12962/j23373539.v7i2.30965](https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.30965)

- [4] Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi, "Panduan Kontes Robot Seni Tari Indonesia 2018," pp. 1–18, 2018. [Online](#)
- [5] M. I. Sari, R. Handayani, S. Siregar, and B. Isnu, "Pemilah Benda Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Warna TCS3200," no. November, 2018. DOI: [10.15575/telka.v4n2.85-90](#)
- [6] Y. Mandari and T. Pangaribowo, "Rancang Bangun Sistem Robot Penyortir Benda Padat," vol. 7, no. 2, pp. 106–113, 2016. DOI: [10.22441/jte.v7i2.832](#)
- [7] R. Aprianto, H. Priyatman, and D. Suryadi, "Rancang Bangun Alat Identifikasi Nominal Uang Kertas Untuk Tunanetra Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Ouput Suara," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, 2018. [Online](#)
- [8] S. Widiyanto, K. Adi, H. Danusaputro, J. Fisika, F. Sains, and U. Diponegoro, "Rancang Bangun Alat Deteksi Warna Untuk Membantu Penderita Buta Warna Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega16," *Youngster Phys. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 133–142, 2013. [Online](#)
- [9] A. Hariz, "Mesin Penjual Minuman Kemasan Otomatis Menggunakan Uang Kertas berbasis Mikrokontroler," 2016. [Online](#)
- [10] A. Soetedjo, M. I. Ashari, and C. Ardiles, "Development Of Industrial Control Training Module Using Distance and Color Sensors for Detecting Objects," vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2017. [Online](#)
- [11] S. Faizia and H. Handian, "Evaluasi Karakteristik Deteksi Warna RGB Sensor TCS3200 Berdasarkan Jarak Dan Dimensi Objek," vol. 16, no. 2, pp. 105–120, 2019. DOI: [10.25105/jetri.v16i2.3459](#)
- [12] Datasheet, "Colour Sensor TCS3200," . [Online](#)
- [13] P. E. Pambudi, E. Sutanta, and Mujiman, "Identifikasi Daging Segar Menggunakan Sensor Warna RGB TCS3200-DB," *J. Teknol. Technoscintia*, vol. 6, no. 2, pp. 177–184, 2014. [Online](#)
- [14] A. Tamar, "Sistem Pengidentifikasi Warna Bagi Penderita Buta Warna Berbasis Mikrokontroler," Skripsi, 2017. [Online](#)

BIOGRAFI PENULIS



Ahmad Imam Bardani

Ahmad Imam Bardani adalah mahasiswa program studi teknik elektro universitas Ahmad Dahlan.



Nuryono Satya Widodo

Nuryono Satya Widodo adalah dosen program studi teknik elektro universitas Ahmad Dahlan.