



Identifikasi Zona Warna Dengan Sensor TCS3200 pada Robot KRSTI

Kharis Sugiarto^{1✉}, Kafin Sulthana Hilmi², Argya Pradana³, Irvan Fadhillah⁴

^{1,2,3,4}Institut Teknologi Kalimantan

kharis.sugiarto@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Robot Seni Tari Engang ITK Yang Berpartisipasi Dalam Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) Saat Ini Belum Dapat Secara Akurat Mengidentifikasi Zona Warna Di Arena Lomba. Kekurangan Ini Mengakibatkan Robot Menampilkan Gerakan Tarian Yang Tidak Tepat Sesuai Lokasinya. Untuk Mengatasi Hal Ini, Diperlukan Kontrol Otomatis Yang Menggunakan Sensor Warna TCS3200. Sensor TCS3200 Akan Memperoleh Informasi Mengenai Komposisi RGB Secara Akurat Melalui Perhitungan Frekuensi. Hasil Dari Penelitian Ini Menunjukkan Bahwa Robot Seni Engang ITK Berhasil Membedakan Zona Dengan Memanfaatkan Warna Putih, Biru, Merah, Hijau Dan Biru Muda Dengan Tingkat Keberhasilan Sebesar 80%. Ketika Robot Mendeteksi Warna Yang Sudah Ditentukan Untuk Setiap Zona, Secara Otomatis Robot Akan Menampilkan Gerakan Tarian Yang Telah Diprogram Sesuai Dengan Zona. Ketika Robot Berpindah Ke Zona Dengan Warna Yang Berbeda, Robot Akan Menghentikan Gerakan Menari Pada Zona Sebelumnya Dan Memulai Gerakan Menari Yang Sesuai Dengan Zona Yang Baru. Meskipun Demikian, Terdapat Banyak Gangguan (Noise) Saat Melakukan Pengujian Sehingga Nilai RGB Yang Digunakan Untuk Mengatur Gerakan Tarian Berubah-Ubah, Sehingga Robot Tidak Responsif Terhadap Perintah Yang Dimasukkan Ke Dalam Program. Nilai RGB Yang Stabil Diperoleh Ketika Kondisi Badan Robot Tegak Lurus Terhadap Zona Warna. Nilai Inilah Yang Digunakan Sebagai Acuan Untuk Gerakan Menari Yang Sesuai.

Kata Kunci: KRSTI, Robot Humanoid, Sensor Warna, TCS3200.

JSISFOTEK is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Perkembangan robotika yang pesat memberikan dampak kepada teknologi masa depan [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]. Institut Teknologi Kalimantan menjadi salah satu peserta pada kompetisi Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI). Pada kontes robot KRSTI setiap tahunnya memberi tantangan dengan tema-tema tari nasional Indonesia. Pada kontes tersebut tim mengalami masalah pada pembacaan warna saat memindahkan robot pada zona area kontes. Sehingga dalam proses kontes mengalami pengurangan poin.

Robot KRSTI akan melakukan tarian di atas arena yang terdiri dari sebuah arena persegi panjang yang memiliki ukuran dengan panjang 3000mm dan memiliki lebar sebesar 2000mm, dengan warna biru, warna putih dan warna hijau tua 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 mempermudah robot seni tari Engang dalam menampilkan gerakan tari pada zona dengan warna yang berbeda, diperlukan penggunaan kontrol otomatis dengan memanfaatkan sensor warna TCS3200 sebagai alat pendeteksi. Sistem ini terdiri dari input dan output, di mana outputnya berupa motor servo 12 volt. Selain itu, perangkat proses menggunakan Arduino Mega 2560 Pro sebagai kontroler yang bertugas mengakses sensor warna. TCS3200 digunakan untuk mendapatkan nilai RGB yang selanjutnya digunakan sebagai referensi untuk memanggil gerakan tari yang sesuai.

Sensor warna TCS3200 berfungsi dengan cara mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek berwarna. Hal ini dilakukan dengan membaca nilai intensitas cahaya yang dipancarkan oleh sensor LED, yang kemudian nilai tersebut diinterpretasikan melalui matriks fotodiode 8x8. Konfigurasi ini terdiri dari 16 fotodiode untuk menyaring warna merah, 16 fotodiode untuk menyaring warna hijau, 16 fotodiode untuk menyaring warna biru, dan 16 fotodiode tanpa filter [5] [6] [7]. Setelah proses penyaringan, hasilnya terfokus pada setiap array yang sesuai. Sensor ini juga dilengkapi dengan osilator yang menghasilkan sinyal pulsa persegi. Frekuensi dari pulsa tersebut sesuai dengan warna yang sedang dideteksi [6]. Dalam hal komunikasi, sensor warna TCS3200 dapat berinteraksi dengan modul Arduino melalui penghubung pin yang tersedia pada modul TCS3200 dengan pin digital pada mikrokontroler Arduino.

2. Metode Penelitian

Secara keseluruhan, dalam penelitian ini, metode yang diterapkan mencakup perancangan perangkat keras, yang meliputi desain robot mekanik, dan perancangan perangkat elektronik. Sementara itu, aspek perancangan perangkat lunak terdiri dari pembuatan program untuk komunikasi dengan kontroler dan akses sensor.

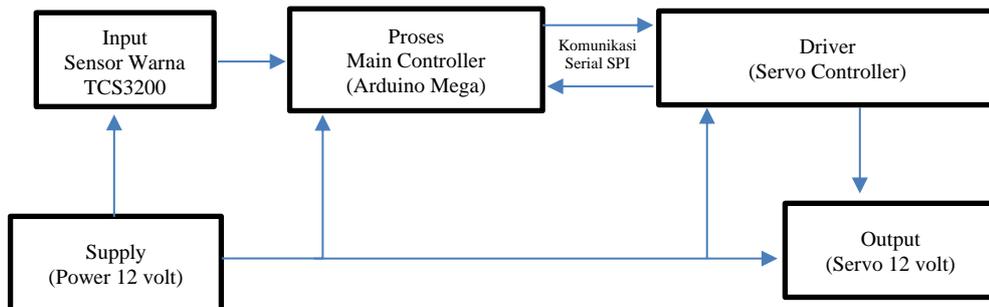
2.1. Perancangan Mekanik Robot Humanoid

Penelitian ini melibatkan dua tahap perancangan untuk memastikan hasil dari rencana mekanik dan rencana elektrik yang sesuai dengan kebutuhan. Tahapan pertama adalah perancangan sistem mekanik pada robot humanoid, sedangkan tahap kedua adalah perancangan sistem elektrik pada robot. Dalam perancangan sistem mekanik, fokusnya adalah pada desain robot. Sedangkan dalam perancangan sistem elektrik, terdapat perancangan untuk kontroler, sensor, dan motor servo. Desain 3D dari robot dapat dilihat pada Gambar 1.

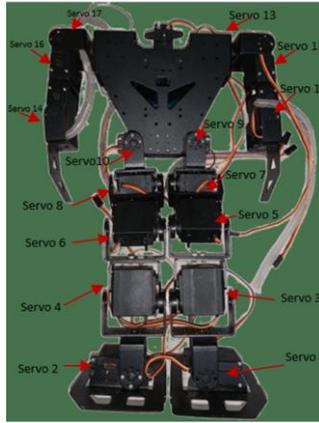
Dalam penelitian ini, robot yang digunakan adalah robot humanoid. Pilihan penggunaan robot humanoid didasarkan pada desainnya yang menyerupai bentuk manusia dan kemampuannya untuk diprogram sehingga pola perilaku robot dapat menyerupai perilaku manusia. Blok diagram robot humanoid 17 dof terdokumentasi dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



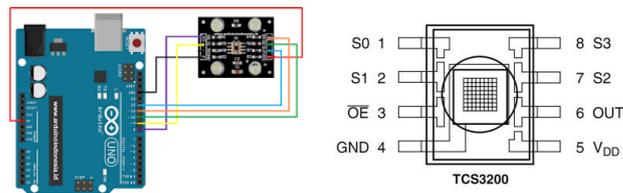
Gambar 1. Desain Robot Humanoid 17 Dof



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Robot Humanoid



Gambar 3. Posisi Servo Robot Humanoid 17 Dof



Gambar 4. Sensor TCS3200

Tabel 1. Konfigurasi S2 dan S3 [12]

S2	S3	Photodiode Aktif
H	H	Hijau
H	L	Tanpa Filter
L	H	Biru
L	L	Merah

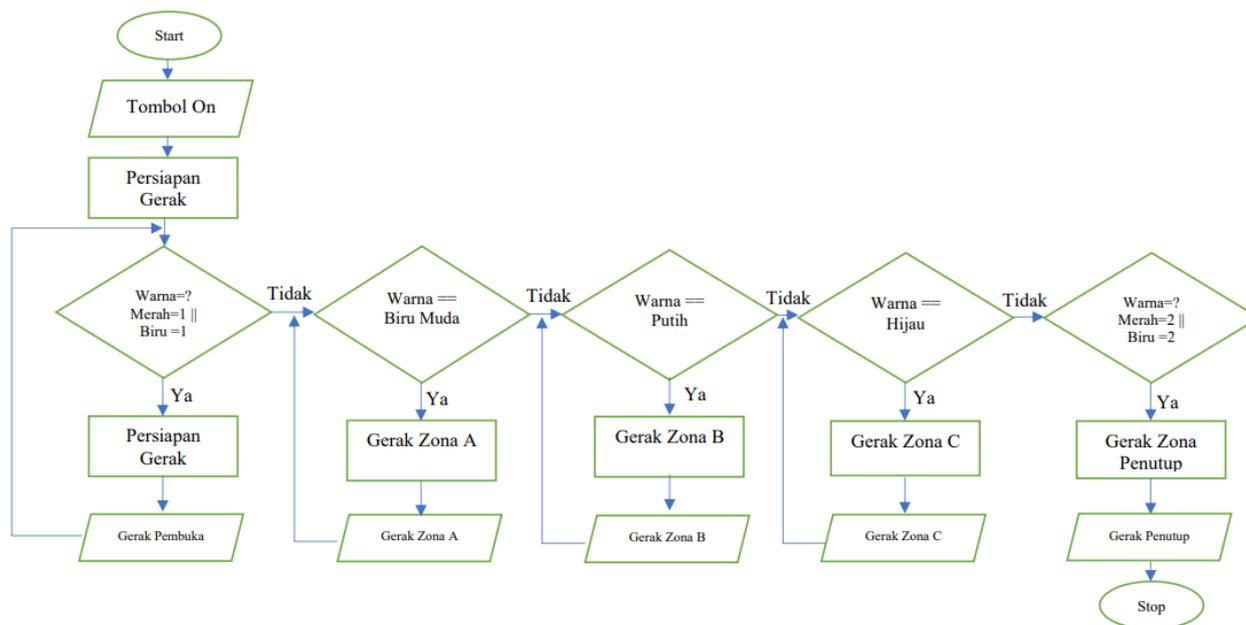
Tabel 2. Frekuensi Output [8]

S2	S3	Photodiode Aktif
H	H	100 %
H	L	20 %
L	H	2 %
L	L	Power OFF

Dalam konteks penggunaan pada robot humanoid, modul TCS3200 diimplementasikan untuk memungkinkan identifikasi zona-zona berbeda di arena pada kompetisi robot tari, berdasarkan perbedaan warna di setiap zona. Modul TCS3200 awalnya berperan sebagai sensor cahaya yang telah disesuaikan dengan filter cahaya yang mengenali warna dasar RGB (Merah-Hijau-Biru) [8] [9][10]. Sensor warna TCS3200 dapat dilihat pada Gambar 4. Sensor warna TCS3200 telah dilengkapi dengan konverter tegangan ke frekuensi yang bertujuan untuk menghasilkan hasil output yang merefleksikan intensitas cahaya [11][12][13]. Pada sensor TCS3200, terdapat dua pemilih yang berfungsi untuk menentukan pengaturan konfigurasi fotodiode yang digunakan, yaitu pemilih S2 dan S3 [14][15][16]. Rincian terkait konfigurasi keduanya dapat ditemukan dalam Tabel 1. Fotodiode pada sensor TCS3200 menghasilkan arus yang proporsional dengan jumlah warna dasar cahaya yang diterimanya. Proses ini kemudian mengubah arus tersebut menjadi sinyal digital berbentuk pulsa kotak, yang frekuensinya berkurang dengan arus besar [17][18][19]. Frekuensi keluaran dapat diatur dengan mengubah konfigurasi pemilih S0 dan S1, yang memiliki panduan yang tercantum dalam Tabel 2.

2.2. Perancangan Algoritma Robot Humanoid

Tugas utama dari Arduino IDE adalah untuk menghasilkan berkas dengan format hex yang dapat diunduh ke papan Arduino [5]. Dalam konteks penelitian ini, perancangan perangkat Algoritma atau program pengembangan akan dilakukan menggunakan lingkungan pengembangan Arduino IDE. Untuk memberikan pemahaman yang lebih detail, diagram alir algoritma secara keseluruhan menjelaskan bagaimana robot dapat mengenali zona-zona berdasarkan perbedaan warna pada setiap zona, sebagaimana terlihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Algoritma Gerak Robot dengan Sensor TCS3200

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem merupakan tahap di mana Mekanik, elektrik dan Algoritma yang dieksekusi untuk memancarkan sinkronisasi sistem dengan yang diharapkan oleh peneliti [20]. Proses pengujian dilakukan setelah selesainya tahap perancangan. Dalam proses ini, sistem diuji guna memastikan apakah mampu menjalankan fungsi dan kinerjanya dengan baik. Sensor warna TCS3200 diposisikan pada bagian kaki kiri robot untuk pengujian. Pengujian dilakukan di ruangan dengan kondisi pencahayaan yang berbeda, yaitu terang (312 lux) dan gelap (17 lux), yang diukur menggunakan luxmeter. Hal ini disesuaikan dengan variasi pencahayaan yang mungkin terjadi pada saat balapan yang tidak konsisten. Tujuan utamanya adalah melakukan kalibrasi sistem guna mendapatkan nilai RGB yang dibutuhkan dalam pemrograman gerakan tari. Selanjutnya, nilai-nilai ini diimplementasikan ke dalam program pemanggilan gerakan tari. Pengujian juga melibatkan pengukuran jarak jangkauan sensor dan pengamatan terhadap gerakan robot. Warna yang diuji sesuai dengan zona warna pada kontes KRSTI. Informasi detail dapat ditemukan dalam Tabel 3.

Terdapat dua jenis objek yang akan diuji, di mana objek pertama terbuat dari kertas HVS 70 gram dan objek kedua terbuat dari kertas *glossy* (Kertas Foto). Kedua jenis bahan tersebut dijadikan objek uji karena kertas HVS memiliki tingkat pantulan cahaya yang kurang kuat ketika terpapar cahaya, sedangkan kertas *glossy* memiliki kemampuan pantulan cahaya yang lebih intens. Data yang diambil adalah nilai R, G, B untuk setiap warna dari objek yang akan diuji. Hasil perbandingan eksperimen sensor warna TCS3200 pada kondisi ruangan yang terang dan gelap menggunakan kedua jenis bahan tersebut akan dicatat dalam Tabel 4 dan 5 pada jurnal.

Tabel 3. Data Nilai RGB pada Zona Area

Warna Zona	Nilai R	Nilai G	Nilai B
Putih	255	255	255
Biru	0	0	255
Hijau	0	255	0
Merah	255	0	0
Biru Muda	140	180	228

Tabel 4. Data Pengujian Sensor TCS3200 pada Kertas HVS kondisi Terang dengan Intensitas Cahaya 312 lux dan Kondisi Gelap dengan Intensitas Cahaya 17 lux

Warna Zona	Kondisi Terang			Kondisi Gelap		
	Nilai R	Nilai G	Nilai B	Nilai R	Nilai G	Nilai B
Putih	10	9	8	10	11	9
Biru	30	29	16	30	29	17
Hijau	22	18	25	22	16	26
Merah	14	41	32	13	40	29
Biru Muda	12	11	10	14	11	10

Tabel 5. Data Pengujian Sensor TCS3200 pada Kertas Glossy kondisi Terang dengan Intensitas Cahaya 312 lux dan Kondisi Gelap dengan Intensitas Cahaya 17 lux

Warna Zona	Kondisi Terang			Kondisi Gelap		
	Nilai R	Nilai G	Nilai B	Nilai R	Nilai G	Nilai B
Putih	8	8	8	7	7	7
Biru	23	29	15	25	28	13
Hijau	14	15	23	17	16	24
Merah	13	59	42	13	60	42
Biru Muda	12	11	8	12	12	8

Adanya beberapa syarat yang harus dipenuhi agar robot dapat menampilkan gerakan menari. Sensor warna diharapkan mampu mendeteksi beberapa warna khusus, termasuk putih, biru, merah, hijau dan biru muda, dengan nilai-nilai RGB yang telah diprogram untuk memanggil gerakan menari. Namun, jika sensor menangkap warna lain dengan kriteria yang sama maka robot gerakan, robot tetap akan melakukan gerakan tersebut. Hal ini terjadi karena sensor warna memiliki keterbatasan pembacaan warna dalam jarak tertentu. Untuk mengatasi perlu dilakukan penyesuaian kondisi jarak serta panjang zona warna dengan nilai RGB untuk setiap warna. Percobaan dilakukan untuk meningkatkan kemampuan robot dalam membaca nilai sensor warna dan menjalankan gerakan menari. Pengujian dilakukan dalam kondisi ruangan yang terang dengan menggunakan zona warna yang diidentifikasi menggunakan kertas *glossy*, hasilnya kemudian dicatat dalam Tabel 6. Untuk memperoleh nilai RGB yang optimal, pengambilan nilai dilakukan ketika kaki robot menyentuh langsung zona warna. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk memanggil gerakan robot, namun terkadang nilai ini mengalami perubahan karena adanya noise. Noise ini disebabkan oleh keterlambatan pembacaan nilai RGB dari TCS3200 yang diterima oleh Arduino.

Tabel 6. Hasil Percobaan Robot Humanoid 17 dof dengan sensor TCS3200

No	Objek Warna	Panjang Zona	Hasil	No	Objek Warna	Panjang Zona	Hasil
1	Putih	5	Berhasil	16	Putih	35	Berhasil
2	Biru	5	Berhasil	17	Biru	35	Berhasil
3	Hijau	5	Berhasil	18	Hijau	35	Berhasil
4	Merah	5	Tidak	19	Merah	35	Berhasil
5	Biru Muda	5	Berhasil	20	Biru Muda	35	Tidak
6	Putih	15	Berhasil	21	Putih	45	Berhasil
7	Biru	15	Berhasil	22	Biru	45	Berhasil
8	Hijau	15	Berhasil	23	Hijau	45	Berhasil
9	Merah	15	Berhasil	24	Merah	45	Berhasil
10	Biru Muda	15	Berhasil	25	Biru Muda	45	Berhasil
11	Putih	25	Berhasil	26	Putih	55	Tidak
12	Biru	25	Tidak	27	Biru	55	Berhasil
13	Hijau	25	Berhasil	28	Hijau	55	Berhasil
14	Merah	25	Berhasil	29	Merah	55	Berhasil
15	Biru Muda	25	Tidak	30	Biru Muda	55	Tidak

Untuk menunjukkan kepresisian hasil percobaan robot humanoid 17 DOF dengan sensor TCS3200 dalam mendeteksi warna dan melakukan gerakan sesuai dengan zona yang telah ditentukan, tingkat keberhasilan dihitung menggunakan persamaan 1. Setelah melakukan perhitungan dari hasil percobaan, tingkat keberhasilannya mencapai 80%. Percobaan yang tidak berhasil mencakup kasus di mana robot humanoid tidak melakukan gerakan karena tidak mampu mengidentifikasi warna pada zona yang telah ditentukan.

$$Presisi = \frac{Keberhasilan}{Keberhasilan + Kesalahan} \times 100 \% \tag{1}$$

$$Presisi = \frac{24}{24 + 6} \times 100 \%$$

$$Presisi = 80 \%$$

4. Kesimpulan

Robot mampu mengidentifikasi zona berdasarkan warna putih, biru, merah, hijau dan biru muda. Namun, pembacaan nilai RGB oleh sensor warna TCS3200 dipengaruhi oleh jarak antara sensor dan zona warna serta cahaya ruangan. Jika jaraknya dekat, pembacaan nilai RGB cenderung stabil, sementara jika jaraknya semakin jauh, nilai RGB menjadi lebih tinggi dan tidak stabil. Tingkat keberhasilan robot dalam mengenali zona-zona ini dalam

penelitian mencapai 80%. Robot akan menampilkan gerakan menari saat sensor warna TCS3200 yang berada di badan belakang mendeteksi nilai RGB sesuai dengan yang telah dirancang algoritma untuk gerakan. Namun, nilai RGB yang digunakan untuk memicu gerakan bersifat variatif karena seringnya terjadi gangguan sinyal yang menyebabkan nilai RGB tidak stabil. Oleh karena itu, untuk memastikan kinerja robot yang optimal, diperlukan pengecekan ulang pada sensor warna untuk memperoleh nilai yang konsisten dan akurat. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan sebuah sensor warna yang dilengkapi oleh Neural Network pada komputasinya.

Ucapan Terimakasih

Terima Kasih kepada LPPM Instiut Teknologi Kalimantan telah melakukan support pendanaan dari penelitian.

Daftar Rujukan

- [1] Brogårdh, T. (2007). Present and future robot control development—An industrial perspective. *Annual Reviews in Control*, 31(1), 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2007.01.002>
- [2] Wajiansyah, A., Malani, R., Supriadi, S., & Gaffar, A. F. O. (2022). Optimization of Humanoid Robot Leg Movement Using Open CM 9.04. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(5), 699-709. <https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/view/15071>
- [3] V. Potkonjak, "Apakah Manusia Buatan Masih Jauh: Robot Antropomimetik versus Manusia Robomimetik," *Robotika*, vol. 9, hal. 57, 2020. <http://doi.org/10.3390/robotics9030057>.
- [4] PusPresNas, "Petunjuk Implementasi Kontes Robot Indonesia (KRI) Tahun 2021," B. Kusumoputro, M. H. Purnomo, E. Mozef, H. S. BR, dan G. Prabowo, Eds., ed. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2021, <https://kontesrobotindonesia.id/data/2021/>.
- [5] Juliano, A., Hendrawan, A.H., & Ritzkal, R. (2020). Prototyping sistem informasi tahapan kematangan buah strawberry menggunakan arduino uno dan TCS3200. *Jurnal Robotika dan Kontrol (JRC)*, 1(3), 86-91. <https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/view/7924>
- [6] Damayanti, R., Hendrawan, Y., Susilo, B., & Oktavia, S. (2020, April). Prediksi kematangan tomat menggunakan sensor warna TCS3200. Dalam Seri Konferensi IOP: Ilmu Bumi dan Lingkungan (Vol. 475, No. 1, hal. 012011). Penerbitan IOP. DOI 10.1088/1755-1315/475/1/012011
- [7] Sachdeva, A., Gupta, M., Pandey, M., & Khandelwal, P. (2017). Pengembangan Mesin Sortasi dan Penghitung Multi Warna Otomatis Industri Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano dan Sensor Warna TCS3200. *Jurnal Internasional Teknik dan Sains (IJES)*, 6(4), 56-59. DOI: 10.9790/1813-0604025659
- [8] Khairudin, A. R. M., Karim, M. H. A., Samah, A. A., Irwansyah, D., Yakob, M. Y., & Zian, N. M. (2021, December). Development of Colour Sorting Robotic Arm Using TCS3200 Sensor. In 2021 IEEE 9th Conference on Systems, Process and Control (ICSPC 2021) (pp. 108-113). IEEE. DOI: 10.1109/ICSPC53359.2021.9689114
- [9] Sinha, S., Suman, SK, & Kumar, A. (2020). Lengan Robot Pemilah Objek Berbasis Sensor Warna. Dalam Algoritma Komputasi dengan Aplikasi di Bidang Teknik: Prosiding ICCEEEE 2019 (hlm. 169-180). Pegas Singapura. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2369-4_16
- [10] Duan, L., & Yu, Z. (2018, Juni). Navigasi Mobil Robot dengan Deteksi Warna. Pada Konferensi Internasional tentang Jaringan Cerdas dan Otomatisasi Listrik (ICSGEA) 2018 (hlm. 316-323). IEEE. DOI: 10.1109/ICSGEA.2018.00085
- [11] Khairunnisa, S., Amelza, R., Lubis, N.A., & Putri, M.D. (2023). Kajian Spektrometer Menggunakan Sensor Cahaya TCS3200. GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains, 6(01), 13-19. <https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpfs.v6i01.7938>
- [12] Wibowo, A., Poningsih, P., Parlina, I., Suhada, S., & Wanto, A. (2022). Rancang Bangun Mesin Sortir Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Sensor Warna Tcs3200 Berbasis Arduino Uno. *Penyimpanan: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 1(2), 9-15. <https://doi.org/10.55123/storage.v1i2.305>
- [13] Kurniadi Wardana, H., Indahwati, E., & Arifah Fitriyah, L. (2018, April). Pengukuran kadar glukosa darah non invasif berdasarkan sensor warna tcs3200 dan arduino. Dalam Seri Konferensi IOP: Ilmu dan Teknik Material (Vol. 336, hal. 012019). Penerbitan IOP. DOI 10.1088/1757-899X/336/1/012019
- [14] Wan, Z., Luo, H., Wang, H., & Huang, L. (2022). Design of a High Accuracy Color Block Sorting Robot Based on TCS3200 Color Sensor. In Proceedings of the 11th International Conference on Computer Engineering and Networks (pp. 1060-1072). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6554-7_117
- [15] Najmurokhman, A., Kusnandar, K., Maulana, F., Wibowo, B., & Nurlina, E. (2019, November). Perancangan prototipe lengan manipulator untuk implementasi tugas pick-and-place pada sistem robot industri menggunakan sensor warna TCS3200 dan mikrokontroler ATmega2560. Dalam Jurnal Fisika: Seri Konferensi (Vol. 1375, No. 1, hal. 012041). Penerbitan IOP. DOI 10.1088/1742-6596/1375/1/012041
- [16] Hesti, E. (2019, Februari). Sistem Kontrol Groping Kopi menggunakan Sensor tcs 3200 Berbasis xbee. Dalam Jurnal Fisika: Seri Konferensi (Vol. 1167, No. 1, hal. 012017). Penerbitan IOP. DOI 10.1088/1742-6596/1167/1/012017
- [17] Al-Azis, K.T., Ma'arif, A., Sunardi, S., Nuraisyah, F., & Indrapraja, A.R. (2021). Sistem pendeteksi kadar glukosa dalam larutan glukosa menggunakan sensor TCS3200 dengan metode If-Else. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 13(2), 110-116. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v13i2.733.110-116>
- [18] Zulkarnain, I., Ramadhan, M., & Anwar, B. (2019). Implementasi Alat Pendeteksi Benda Warna Menggunakan Fuzzy Logic dengan Sensor TCS3200 Berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Sistem Komputer TGD*, 2(2), 106-117. DOI: <https://doi.org/10.53513/jsk.v2i2.139>
- [19] Ratnawati, D., & Vivianti, V. (2019). Kit Game Edukasi "Tongkat Putri dan Pedang Warna" Untuk Anak Prasekolah dengan Menggunakan Sensor Warna Tcs3200 dan Arduino Nano. *Jurnal Internasional Bisnis Terapan dan Sistem Informasi*, 3(1), 9-13. <https://doi.org/10.31763/ijabis.v3i1.158>
- [20] Wan, Z., Luo, H., Wang, H., & Huang, L. (2022). Rancang Bangun Robot Sortir Blok Warna Akurasi Tinggi Berbasis Sensor Warna TCS3200. Dalam Prosiding Konferensi Internasional ke-11 Teknik Komputer dan Jaringan (hlm. 1060-1072). Pegas Singapura. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6554-7_117