

RANCANG BANGUN HAND GESTURE ROBOT HUMANOID MENGUNAKAN SOFTWARE OPENCV

Dimas Agus Cahyanto¹⁾, Aan Burhanudin²⁾ dan Agus Mukhtar³⁾

^{1,2,3)}Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : dimasce4@gmail.com

Abstrak

Teknologi robotika semakin banyak digunakan dalam kehidupan manusia, diantaranya adalah elektro-mekanik dan bio-mekanik. Salah satu aspek pengendalian robot adalah input, yaitu data yang dikumpulkan oleh sensor pada robot. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari perancangan sistem kontrol hand gesture tangan berbasis OpenCV dan untuk mengetahui berapa jarak yang optimal bagi OpenCV dalam mendeteksi gerakan tangan manusia. Hasil dari pengujian program penangkapan gambar berfungsi dengan baik dan bisa mendeteksi gerakan dengan baik. Pengujian sudut dari 0° hingga 180° menunjukkan bahwa sudut memengaruhi posisi jari robot, dengan sudut 0° menutup jari dan 180° membukanya sepenuhnya. Waktu respon motor servo bervariasi dari 0 detik pada sudut 0° hingga 1,8 detik pada 180°. Kombinasi optimal untuk posisi tangan terbuka maksimal ditemukan pada servo 1 (90°) dan servo 2-3 (180°), sedangkan servo 4-5 tetap di 0°. Meskipun terdapat kendala daya baterai di bawah 500mA, sistem tetap dapat mendeteksi gerakan tangan dengan akurasi tinggi. Pengujian dari jarak 40 cm hingga 100 cm menunjukkan respons baik terhadap berbagai gesture, sementara pada jarak 105 cm, sistem kesulitan mendeteksi. Temuan ini membuktikan keandalan sistem dalam mengeksekusi gerakan dengan tingkat kesalahan minimal.

Kata Kunci: OpenCV, Teknologi Robotika, Jarak Optimal Deteksi Gerakan, Sistem Hand Gesture.

I. PENDAHULUAN

Teknologi robotika semakin berkembang dan menjadi bagian penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Robot, baik dalam bentuk elektro-mekanik maupun bio-mekanik, dapat bergerak secara otonom atau mengikuti instruksi berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor. Salah satu sensor penting dalam sistem kontrol robot adalah sensor kamera, yang memungkinkan robot mengumpulkan data visual untuk mengenali lingkungan sekitarnya, termasuk posisi, bentuk, dan gerakan objek.

Pengenalan gerakan tubuh manusia menggunakan kamera merupakan salah satu teknologi utama dalam interaksi manusia-robot. Dengan menggunakan teknik pengolahan citra dan algoritma pemrosesan data visual, robot dapat memahami gerakan tubuh manusia dan memberikan respons yang sesuai. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan untuk pengolahan citra adalah OpenCV, yang mendukung analisis citra secara real-time.

Dalam penelitian terdahulu, Hariyanti et al. (2019) menunjukkan bahwa perangkat lunak pendeteksi gerakan dapat mendeteksi gerakan manusia tanpa error dan mampu melacak objek secara kontinu. Namun, performa deteksi sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya lingkungan. Sementara itu, Dzulkarnain et al. (2011) meneliti pengenalan objek menggunakan template matching untuk navigasi robot, yang menunjukkan bahwa metode ini berhasil tetapi hanya pada objek yang telah didefinisikan sebelumnya. Selain itu, penelitian menggunakan sensor kamera pada robot beroda oleh Robot & Using (2019.) menggarisbawahi pentingnya pemrosesan data visual yang cepat dan akurat untuk pengendalian robot.

Berangkat dari penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol robot humanoid berbasis gesture tangan menggunakan OpenCV. Fokus penelitian ini adalah: 1. Merancang sistem kontrol yang mampu mendeteksi dan merespons gerakan tangan secara real-time. 2. Menentukan jarak optimal bagi OpenCV dalam mendeteksi gerakan tangan manusia.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menciptakan sistem interaksi manusia-robot yang responsif, meningkatkan pengalaman pengguna, dan membuka peluang baru dalam aplikasi robot humanoid di berbagai bidang seperti asisten pribadi, layanan kesehatan, dan industri.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk mengevaluasi keefektifan sistem kontrol robot humanoid berbasis gesture tangan. Eksperimen dilakukan dengan memanipulasi variabel bebas (jarak dan sudut gerakan) untuk mengamati pengaruhnya terhadap variabel terikat (waktu respons dan akurasi sistem). Penelitian dilaksanakan di laboratorium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang, Kampus 3. Fokus penelitian ini adalah tingkat keberhasilan efektivitas jarak tangkap sensor kamera, mengukur kecepatan respon robot humanoid terhadap gerak tubuh manusia dalam mengenali gerak objek yang berbeda. Variabel pada penelitian ini yaitu Variabel Bebas: 1. Jarak kamera dengan objek. 2. Variasi sudut gerakan. Dan Variabel Terikat yaitu : respon sistem robot *humanoid*.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan untuk memastikan perancangan dan pengujian sistem berjalan dengan baik. Berikut langkah-langkah penelitian yang diterapkan:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan referensi terkait sistem pengenalan gesture tangan menggunakan *OpenCV* dan *MediaPipe*, serta pengendalian motor servo pada robot humanoid. Studi ini bertujuan untuk memahami teknologi yang relevan dan metode yang digunakan dalam penelitian sebelumnya.

2. Perancangan Sistem

- Desain Perangkat Keras: Menyusun komponen utama seperti kamera, Arduino Uno, motor servo, dan sumber daya menggunakan software Fritzing untuk memastikan koneksi yang tepat.
- Desain Perangkat Lunak: Mengembangkan program dengan library *OpenCV* dan *MediaPipe* untuk pengolahan citra, serta Arduino IDE untuk mengendalikan motor *servo* berdasarkan hasil pengenalan gesture.

3. Persiapan Alat dan Bahan

Menyiapkan komponen dan alat pendukung, termasuk kamera, *servo*, Arduino, *power supply*, serta bahan untuk perakitan fisik robot humanoid menggunakan teknologi 3D printing.

4. Perakitan Komponen dan Jari Robot

- Merakit komponen elektronik, termasuk pemasangan motor servo pada jari-jari robot.
- Merancang sistem mekanik yang menghubungkan motor servo dengan gerakan jari menggunakan senar dan tali karet elastis untuk memastikan kestabilan gerakan.

5. Pengujian Sistem

- Pengujian Jarak: Sistem diuji pada berbagai jarak antara kamera dan tangan (40 cm hingga 105 cm) untuk menentukan jarak optimal dalam mendeteksi gerakan.

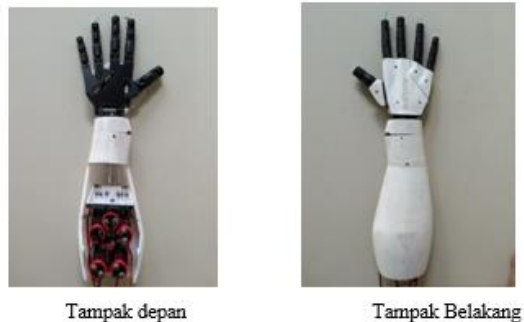
- Pengujian Sudut: Memeriksa pengaruh variasi sudut gerakan tangan (0° hingga 180°) terhadap waktu respons dan akurasi sistem.
6. Proses Pengambilan Data
Mengumpulkan data dari hasil pengujian, seperti waktu respons motor servo, akurasi pendeteksian gesture, dan tingkat kesalahan sistem pada berbagai kondisi.
 7. Analisis Data
Data yang dikumpulkan dianalisis untuk menentukan kondisi optimal, seperti jarak deteksi terbaik dan pola gerakan yang paling efektif dalam menggerakkan robot humanoid.
 8. Kesimpulan dan Dokumentasi
 - Menyusun kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan analisis.
 - Dokumentasi dilakukan untuk merangkum hasil penelitian, termasuk grafik, tabel, dan deskripsi sistem yang telah dirancang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan Alat

Perancangan alat menunjukkan bentuk fisik dari prototipe lengan tangan robot humanoid lima jari depan dan belakang. Prototipe lengan tangan robot humanoid ini terdiri dari bagian lengan, telapak tangan, serta memiliki 2 ruas dibagian ibu jari dan 3 ruas disetiap jari lainnya. Panjang ruas disetiap jarinya mempunyai ukuran yang berbeda-beda karena disesuaikan dengan tangan asli yang ada pada manusia.

Gambar 1. Bentuk Fisik Tampak Depan dan Belakang



Tampak depan


Tampak Belakang

2. Hasil Pengujian Sudut Motor Servo

1) Pengujian servo sudut 0°

Tabel 1. Respon waktu gerak tangan had gesture sudut gerakan 0°


No	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
----	--------------------	--------------------	-------	-----------------

1	Servo 1	0 ⁰		0 detik
2	Servo 2	0 ⁰		
3	Servo 3	0 ⁰		
4	Servo 4	0 ⁰		
5	Servo 5	0 ⁰		

Hasil pengujian sudut 0⁰ menunjukkan perubahan posisi jari tangan. Terlihat perubahan ibu jari dan jari telunjuk terlihat tertutup sepenuhnya sedangkan jari tengah, jari manis dan jari kelingking terbuka sepenuhnya.

2) Pengujian servo sudut 30⁰


Tabel 2. Respon waktu gerak tangan hand gesture sudut gerakan 30⁰

NO	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
1	Servo 1	30 ⁰		1,3 detik
2	Servo 2	30 ⁰		
3	Servo 3	30 ⁰		
4	Servo 4	30 ⁰		
5	Servo 5	30 ⁰		

Hasil pengujian menunjukkan perubahan gerak posisi jari tangan ketika mencapai sudut 30⁰. Terlihat ibu jari dan jari telunjuk semakin membuka sedangkan jari tengah, jari manis dan jari kelingking mulai sedikit menutup.

3) Pengujian servo sudut 60⁰


Tabel 3. Respon waktu gerak tangan hand gesture sudut gerakan 60⁰

NO	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
1	Servo 1	60 ⁰		1,4 detik
2	Servo 2	60 ⁰		
3	Servo 3	60 ⁰		
4	Servo 4	60 ⁰		
5	Servo 5	60 ⁰		

Hasil pengujian sudut 60⁰ terlihat perubahan posisi gerak ibu jari dan jari telunjuk yang semakin terbuka sedangkan jari tengah, jari manis dan jari kelingking terlihat semakin menutup kedalam.

4) Pengujian servo sudut 90⁰


Tabel 4. Respon waktu gerak tangan hand gesture sudut gerakan 90⁰

NO	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
1	Servo 1	90 ⁰		1,5 detik
2	Servo 2	90 ⁰		
3	Servo 3	90 ⁰		
4	Servo 4	90 ⁰		
5	Servo 5	90 ⁰		

Hasil pengujian menunjukkan titik tengah perpotongan yang tepat. Terlihat ibu jari dan jari telunjuk membuka sedangkan jari tengah, jari manis dan jari kelingking menutup pada sudut 90⁰.

5) Pengujian servo sudut 120⁰


Tabel 5. Respon waktu gerak tangan hand gesture sudut gerakan 120⁰

NO	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
1	Servo 1	120 ⁰		1,6 detik
2	Servo 2	120 ⁰		
3	Servo 3	120 ⁰		
4	Servo 4	120 ⁰		
5	Servo 5	120 ⁰		

Hasil pengujian menunjukkan perubahan sudut ketika dinaikkan 30⁰. Terlihat perubahan ibu jari hampir terbuka sempurna dan jari telunjuk semakin membuka sedangkan jari tengah, jari manis dan jari kelingking semakin menutup.


6) Pengujian servo sudut 150⁰

Tabel 6. Respon waktu gerak tangan hand gesture sudut gerakan 150⁰

NO	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
1	Servo 1	150 ⁰		1,7 detik
2	Servo 2	150 ⁰		
3	Servo 3	150 ⁰		
4	Servo 4	150 ⁰		
5	Servo 5	150 ⁰		

Hasil pengujian menunjukkan perubahan sudut ketika dinaikkan 30⁰. Terlihat perubahan ibu jari dan jari telunjuk membuka sepenuhnya sedangkan jari tengah, jari manis dan jari kelingking hampir menutup sepenuhnya.

7) Pengujian servo sudut 180⁰Tabel 7. Respon waktu gerak tangan hand gesture sudut gerakan 180⁰

NO	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
1	Servo 1	180 ⁰		1,8 detik
2	Servo 2	180 ⁰		
3	Servo 3	180 ⁰		
4	Servo 4	180 ⁰		
5	Servo 5	180 ⁰		


Hasil pengujian menunjukkan perubahan sudut ketika dinaikkan 300. Terlihat perubahan ibu jari dan jari telunjuk terlihat membuka sepenuhnya sedangkan jari tengah, jari manis dan jari kelingking menutup sepenuhnya.

Berdasarkan pengujian sudut motor servo dengan kenaikan sudut sebanyak 300, sehingga di temukan rumusan perpaduan sudut motor servo yang sesuai untuk membentuk tangan terbuka secara sempurna seperti Gambar 2.

```
void lima() {
    servo1.write(90);
    delay(15);
    servo2.write(180);
    delay(15);
    servo3.write(180);
    delay(15);
    servo4.write(0);
    delay(15);
    servo5.write(0);
    delay(15);
}
```

Gambar 2. Program Perpaduan Sudut Servo

Tabel 8. Perpaduan Servo


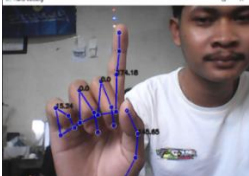


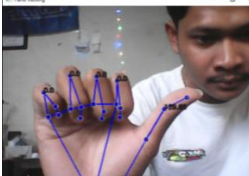

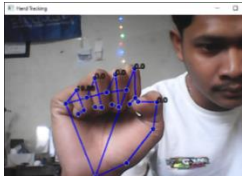
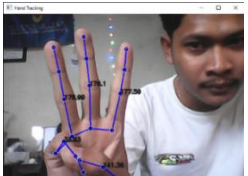
NO	Servo penggerak	Sudut (derajat)	Hasil	Waktu Respon
1	Servo 1	90 ⁰		1,9 detik
2	Servo 2	180 ⁰		
3	Servo 3	180 ⁰		
4	Servo 4	0 ⁰		
5	Servo 5	0 ⁰		

Hasil pengujian mendapatkan perpaduan sudut motor servo sehingga dapat membentuk jari terbuka secara keseluruhan. Kelima jari dapat terbuka sepenuhnya dan menjadikan titik awal posisi tangan sebelum menerima perintah pemrograman.

3. Pengujian Kmunikasi Citra Gambar

Citra gambar berfungsi mengirimkan gambar gerakan tangan kemudian diterima oleh arduino uno untuk menjalankan motor servo sesuai dengan perintah yang diterima. Kesesuaian gerak antara jari tangan manusia dan alat akan dihitung dalam pengujian komunikasi citra gambar.

Tabel 9. Pengujian Komunikasi Cita Gambar

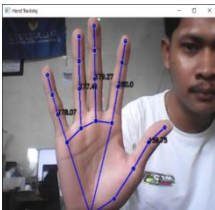

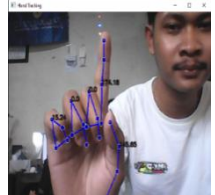

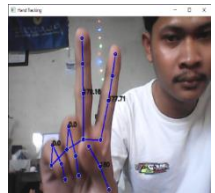

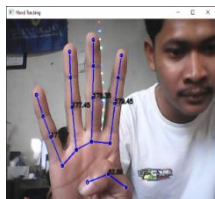

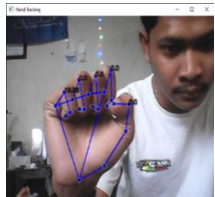

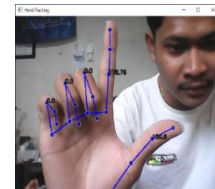

Gambar lima jari 	Angka 1 	Angka 2 
Angka 4 	Jempol OK 	Bentuk L 
Tangan mengepal 		Bentuk 3 jari 

4. Pengujian Program Pembaca Gerak Tangan

Pembacaan gerak tangan dijalankan dengan menciptakan perintah pemrograman yang dapat mengkonversi hasil tangkapan citra gambar kemudain dinormalisasi dan disajikan dalam data sehingga dapat diolah untuk menjalankan gerak jari tangan. Pengujian dilakukan sebanyak 8 gerakan jari tangan yang berbeda dengan jarak tertentu.

Tabel 10. Pengambilan data respon gerak jari robot pada jarak 40 cm







No	Perintah	Gambar Jari	Gambar Kamera	Respon
----	----------	-------------	---------------	--------









1	Tangan membuka			Valid
2	Angka 1			Valid
3	Angka 2			Valid
4	Angka 4			Valid
5	Tangan mengepal			Valid
6	Tangan membentuk L			Valid

7	Simbol jempol			Valid
8	Angka 3			Valid

Dari pengambilan data pada jarak 40 cm menunjukkan gerak tangan diterima oleh kamera dan hasil gerak yang tercipta dari jari tangan robot *humanoid* menunjukkan kesesuaian gerak yang cukup baik.

Tabel 11. Pengambilan data respon gerak jari robot pada jarak 80 cm

No	Perintah	Gambar Jari	Gambar Kamera	Respon
1	Tangan membuka			Valid
2	Angka 1			Valid
3	Angka 2			Valid





4	Angka 4			Valid
5	Tangan mengepal			Valid
6	Tangan membentuk L			Valid
7	Simbol jempol			Valid
8	Angka 3			Valid

Dari pengambilan data pada jarak 80 cm sistem robot humanoid berfungsi dengan baik dan mampu merespons berbagai gesture tangan dengan akurat dan sesuai dengan harapan.

Tabel 12. Pengambilan data respon gerak jari robot pada jarak 100 cm





No	Perintah	Gambar Jari	Gambar Kamera	Respon
----	----------	-------------	---------------	--------





E-ISSN: 2985-3532

7	Simbol jempol			Valid
8	Angka 3			Valid

Dari pengambilan data pada jarak 100 cm menunjukkan gerak tangan diterima oleh kamera dan hasil gerak yang tercipta dari jari tangan robot *humanoid* masih terdeteksi dengan cukup baik dan tidak menimbulkan eror.

Tabel 13. Pengambilan data respon gerak jari robot pada jarak 105 cm

No	Perintah	Gambar Jari	Gambar Kamera	Respon
1	Tangan membuka			Error
2	Angka 1			Error

3	Angka 2			Eror
4	Angka 4			Eror
5	Tangan mengepal			Eror
6	Tangan membentuk L			Eror
7	Simbol jempol			Eror



Dari pengambilan data pada jarak 105 cm menunjukkan gerak tangan diterima oleh kamera dan hasil gerak yang tercipta dari jari tangan robot humanoid mengalami eror dan tidak terdeteksi dengan baik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan: Pengujian sudut dari 0° hingga 180° memperlihatkan bahwa setiap sudut berpengaruh signifikan pada posisi jari, dengan sudut 0° menutup jari dan 180° membukanya sepenuhnya. Waktu respon motor servo bervariasi, dari 0 detik pada sudut 0° hingga 1,8 detik pada sudut 180° , menunjukkan keterlambatan seiring peningkatan sudut. Kombinasi sudut yang tepat untuk posisi tangan terbuka secara maksimal ditemukan pada servo 1 (90°) dan servo 2-3 (180°), sementara servo 4-5 tetap di 0° . Sistem berfungsi baik meski ada kendala daya baterai di bawah 500mA yang mempengaruhi kecepatan servo. Sistem dapat mendeteksi gerakan tangan dan mengirim sudut ke Arduino dengan akurasi tinggi, efektif dalam mengendalikan gerakan tangan robot.

Hasil pengujian program penangkapan dari jarak 40 cm, sampai 100 cm menunjukkan bahwa sistem robot humanoid tetap berfungsi dengan baik dan responsif terhadap berbagai gesture tangan. Dari hasil pengujian jarak 105 cm tidak bisa menangkap gambar jari tangan manusia atau menimbulkan eror. Sistem ini mampu mengenali dan mengeksekusi gerakan dengan tingkat kesalahan yang minimal, membuktikan keandalannya dalam variasi gerakan dan jarak yang berbeda.

VI. REFERENSI

- Ariani, Y. (2019). *Menggunakan Sensor Kamera Pada Robot*.
- Astari, N. (2014). Tinjauan Pustaka Tinjauan Pustaka. *Convention Center Di Kota Tegal*, 9.
- Dzulkarnain, A. D., Dewantara, B. S. B., & Besari, A. . A. (2011). Pengendalian Robot Lengan Beroda Dengan Kamera Untuk Pengambilan Obyek. *Its Surabaya*, 1.
- Endra, R. Y., Cucus, A., Afandi, F. N., & Syahputra, M. B. (2019). Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya. *Explore: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika*, 10(1). <https://doi.org/10.36448/Jsit.V10i1.1212>
- Fuad, M. (2013). Estimasi Jarak Menggunakan Sensor Kinect. *Jurnal Ilmiah Mikrotek*, 1(1), 5–10.
- Hariyanti, W., Astra, I. Ketut B., & Suwiwa, I. G. (2019). Pengembangan Model Latihan Fleksibilitas Tingkat Pemula Dalam Pembelajaran Pencak Silat. *Jurnal Penjakora*, 6(1), 57.

<https://doi.org/10.23887/penjakora.v6i1.17713>

Laelectronica. (2023). *Motor Servo Mg995 De 360 Grados - 15 Kg·Cm*.

Melita, R. A., Bhaskoro, S. B., & Subekti, R. (2018). Pengendalian Kamera Berdasarkan Deteksi Posisi Manusia Bergerak Jatuh Berbasis Multi Sensor Accelerometer Dan Gyroscope. *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(2), 259. <https://doi.org/10.26760/Elkomika.v6i2.259>

Nurhayati, E., Kuswiyanto, K., & Pilo, K. (2017). Pengaruh Ekstrak Bunga Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*) Terhadap Zona Hambat Jamur *Tricophyton Rubrum*. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 1(1), 26. <https://doi.org/10.30602/Jlk.v1i1.92>

Pambudi, R., Winarno, T., & Nurcahyo, S. (2020). Identifikasi Ruang Dengan Sensor Kamera Pada Robot Krpai Berkaki. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 3(1), 45. <https://doi.org/10.33795/Elkolind.v3i1.65>

Pradana, W. A., Djuniadi, D., & Apriaskar, E. (2021). Simulasi Pengereman Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali*, 6(2), 100. <https://doi.org/10.33772/Jfe.v6i2.15988>

Prasetyo, E. E., & Iswanto. (2023). *Belajar Mikrokontroler Arduino Dengan Simulasi Tinkercad*.

Purba, Y. B. E., Saragih, N. F., Silalahi, A. P., & ... (2022). Perancangan Alat Pendeteksi Kematangan Buah Nanas Dengan Menggunakan Mikrokontroler Dengan Metode Convolutional Neural Network (Cnn). *Jurnal Ilmiah Teknik ...*, 2(1), 13–21. <https://ojs.fikom-methodist.net/index.php/methotika/article/view/43%0ahttps://ojs.fikom-methodist.net/index.php/methotika/article/download/43/39>

Rai, G. A., Dharmadewi, A. . I. M., Suryawan, M. A., Pembelajaran, M., & Problem, C. (2023). Emasains Emasains. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 71–84.

Robot, W., & Using, N. (2016). *Navigasi Robot Beroda Menggunakan Kamera*.

Seksi, K. (2019). *Akuator 2*. 5115141085.

Simangunsong, D., A, D. S. E., Studi, P., Industri, T., & Industri, F. R. (2016). *Optimasi Sensor Kamera Pada Proses Identifikasi Warna Dengan Pengolahan Citra Menggunakan Design Of Experiment Optimization Sensor Camera In Color Identification Process With*. 3(2), 3050–3057.

Sudarmadji, S. (2016). Changes Of Groundwater Quality In The Sorrounding Pollution Sources Due To Earthquake Dissaster. *Forum Geografi*, 20(2). <https://doi.org/10.23917/Forgeo.v20i2.1813>

Sugiyono. (2019). *Teknik Pengumpulan Data*. https://digilib.sttkd.ac.id/1807/4/Skripsi_Nengah_Wahyu_Diana_Santy_4.Pdf