



Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Jeruk Menggunakan Sensor Warna TCS3200 Berbasis RGB

Nur Annisa Istiqamah^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

*Co-author: annisaistiqamahh@gmail.com

Article History:

Received : 27-10-2024
 Revised : 20-11-2024
 Accepted : 22-11-2024
 Online : 31-12-2024

Keywords:

Sensor;
 TCS3200;
 Fruit ripeness ;
 Technology;
 Agriculture.

Kata Kunci:

Sensor;
 TCS3200;
 Kematangan buah;
 Teknologi;
 Pertanian.



Abstract: Determining the ripeness level of fruit is highly important in the agricultural industry, as it affects the quality, taste, nutritional value, and shelf life of the produce. Manual methods are considered less accurate due to their subjective nature. This study aims to develop an automatic classification system for orange ripeness using the TCS3200 color sensor, which detects RGB (Red, Green, Blue) color intensity. The research method involves reading color frequency values from orange samples at different ripeness stages: unripe, semi-ripe, and ripe. These frequencies are converted into RGB values on a 0–255 scale and analyzed using the R/G ratio for classification. The results show that unripe fruits have low R values and high G values, whereas ripe fruits show the opposite, with a significantly increased R/G ratio. This pattern can be used to objectively distinguish the ripeness levels of fruit, the TCS3200 sensor proves to be an effective tool for non-destructive, low-cost, and practical classification of fruit ripeness, supporting the implementation of precision agriculture..

Abstrak: Penentuan tingkat kematangan buah sangat penting dalam industri pertanian karena memengaruhi kualitas, rasa, nilai gizi, dan daya simpan. Metode manual dinilai kurang akurat karena bersifat subjektif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi kematangan buah jeruk secara otomatis menggunakan sensor warna TCS3200 yang mendeteksi intensitas warna RGB (*Red, Green, Blue*). Metode penelitian eksperimental ini meliputi pembacaan nilai frekuensi warna pada sampel jeruk dengan tingkat kematangan berbeda, yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Frekuensi diubah menjadi nilai RGB skala 0–255 dan dianalisis menggunakan rasio R/G untuk klasifikasi. Hasil menunjukkan bahwa buah mentah memiliki nilai R rendah dan G tinggi, sedangkan buah matang menunjukkan sebaliknya, dengan rasio R/G meningkat secara signifikan. Pola ini dapat dimanfaatkan untuk membedakan tingkat kematangan buah secara objektif dan efektif untuk di terapkan dalam bidang pertanian.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi saat ini sejalan dengan perkembangan di bidang elektronika yang semakin menekankan pada sistem otomatisasi, yang bertujuan untuk mempermudah pekerjaan manusia dan memberikan berbagai keuntungan (Maliki & Irawan, 2024). Buah merupakan tanaman utama dalam pertanian di seluruh dunia yang menjadi sumber makanan bagi jutaan orang. Rantai pasokan standar produk buah melibatkan pemeriksaan kualitas untuk menjamin kesegaran, rasa, dan, yang terpenting, keamanan. Faktor penting yang menentukan kualitas buah adalah tahap pematangannya (Rizzo dkk., 2023; Zhang dkk., 2025). Salah satunya dimanfaatkan dalam penentuan tingkat kematangan buah,

hal ini sangat penting dalam industri pertanian karena berpengaruh langsung terhadap kualitas, rasa, nilai gizi, dan daya tahan buah (Cahyaputra & Rahmadewi, 2024; Ifmalinda dkk., 2018). Penilaian kematangan buah secara tradisional masih mengandalkan indera manusia, yang sifatnya subjektif dan bisa berbeda antara satu orang dan lainnya. Karena itu, metode ini sering menimbulkan ketidak konsistenan dalam menentukan waktu panen yang tepat, dengan tingkat kesalahan sekitar 15–25% (Hayati & Irhamni, 2023;).

Untuk mendukung perkembangan teknologi di bidang pertanian (Agriculture 4.0), dibutuhkan sistem otomatis yang bisa menilai kualitas buah secara real-time dan tanpa merusak buah. Perkembangan teknologi ini didukung oleh ketersediaan *hardware* dan *software* yang telah menyebabkan percepatan perkembangan teknologi itu sendiri (Anggreani dkk., 2023). Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penggunaan sensor warna berbasis *photodiode*. Sensor ini dapat mendeteksi perubahan warna yang berkaitan erat dengan proses biokimia selama buah matang (Mesas-Carrascosa dkk., 2015). Selama proses pematangan, buah mengalami beberapa perubahan warna karena klorofil mulai terurai (hilangnya warna hijau), karotenoid mulai terbentuk (menimbulkan warna kuning-oranye), dan antosianin muncul (menyebabkan warna merah-ungu) (Hayati & Irhamni, 2023). Semua perubahan ini bisa diukur dengan presisi tinggi menggunakan analisis warna RGB, terutama dengan sensor TCS3200.

Warna dapat dipahami secara objektif sebagai karakteristik cahaya yang dipantulkan atau dipancarkan oleh suatu objek, atau secara subjektif sebagai persepsi visual yang ditangkap oleh indera penglihatan. Sensor warna TCS3200 merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi warna suatu objek atau benda yang sedang diamati. Sensor TCS3200 mampu mendeteksi dan mengukur berbagai macam warna dalam jumlah yang hampir tak terbatas. Sensor ini banyak digunakan dalam aplikasi seperti pembacaan tes strip, penyortiran warna, pengukuran cahaya sekitar (*ambient light sensing*), kalibrasi warna, dan pencocokan warna.

Di dalam TCS3200 terdapat sebuah IC (*Integrated Circuit*) yang berfungsi mengubah warna cahaya menjadi sinyal frekuensi. IC ini terdiri dari dua komponen utama: fotodiode yang menangkap intensitas cahaya, dan konverter arus ke frekuensi (*current-to-frequency converter*) yang mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal digital (Pratama, t.t.). Sensor warna RGB seperti TCS3200 memiliki banyak keunggulan, antara lain biaya yang rendah, kemampuan pemrosesan secara langsung, dan mudah diintegrasikan dalam sistem pertanian (Reguera dkk., 2015). Dalam kondisi yang dikontrol, sensor ini menunjukkan keakuratan tinggi dengan nilai *coefficient of variation (CV)* kurang dari 3% (Maliki & Irawan, 2024).

Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan sistem sensor warna yang difokuskan untuk klasifikasi tingkat kematangan buah jeruk, dengan mempertimbangkan guna mendukung penerapan di lingkungan pertanian secara langsung.

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan metode eksperimental yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Tahapan penelitian dilaksanakan dimulai dengan perancangan prototype sortir kematangan buah yang selanjutnya diuji efektifitas prototipe tersebut. Dalam merancang *prototype* sortir kematangan buah jeruk ini, diperlukan komponen-komponen penting dalam perakitanya diantaranya :

1. Arduino ATmega 328P



Gambar 1. Arduino ATmega 328P

Gambar 1 menampilkan Arduino Uno yang merupakan mikrokontroler yang berbasis ATmega 328P. Mempunyai 14 digital *input/output*, yang 6 pin bisa digunakan sebagai keluaran PWM, 6 analog input, 16 MHz osilator Kristal, penghubung USB, *power jack*, ICSP *header*, dan tombol *reset* (Kondaveeti dkk., 2021). Selanjutnya untuk menjalankan Arduino diperlukan Arduino IDE yang menghasilkan file berformat hex yang dapat diunggah ke papan Arduino. Dalam penelitian ini, proses perancangan algoritma atau pengembangan program dilakukan menggunakan platform pengembangan Arduino IDE. Untuk memperjelas proses kerja sistem, digunakan diagram alir algoritma yang menjelaskan secara keseluruhan bagaimana perangkat sensor yang dapat mengidentifikasi berbagai zona berdasarkan perbedaan warna yang terdeteksi di masing-masing area (Sugiarto dkk., 2023).

2. Sensor TCS3200



Gambar 2. Sensor TCS3200

Gambar 2. menunjukkan TCS3200 merupakan sebuah *photodetektor* berbentuk tumpukan (*array*), terdiri dari filter warna merah, hijau dan biru. Tiap filter warna didistribusikan kesetiap tumpukan untuk mengeliminasi lokasi bias disepanjang warna. Terdapat sebuah *oscilator* atau pembangkit frekuensi yang menghasilkan sebuah gelombang kotak yang akan mengeluarkan besaran frekuensi tergantung dari intensitas dari warna yang diterima (Agustya dkk., t.t.; Wibowo dkk., 2022). Sensor warna TCS3200 telah dilengkapi dengan konverter tegangan ke frekuensi yang bertujuan untuk menghasilkan hasil output yang merefleksikan intensitas cahaya.

3. Servo

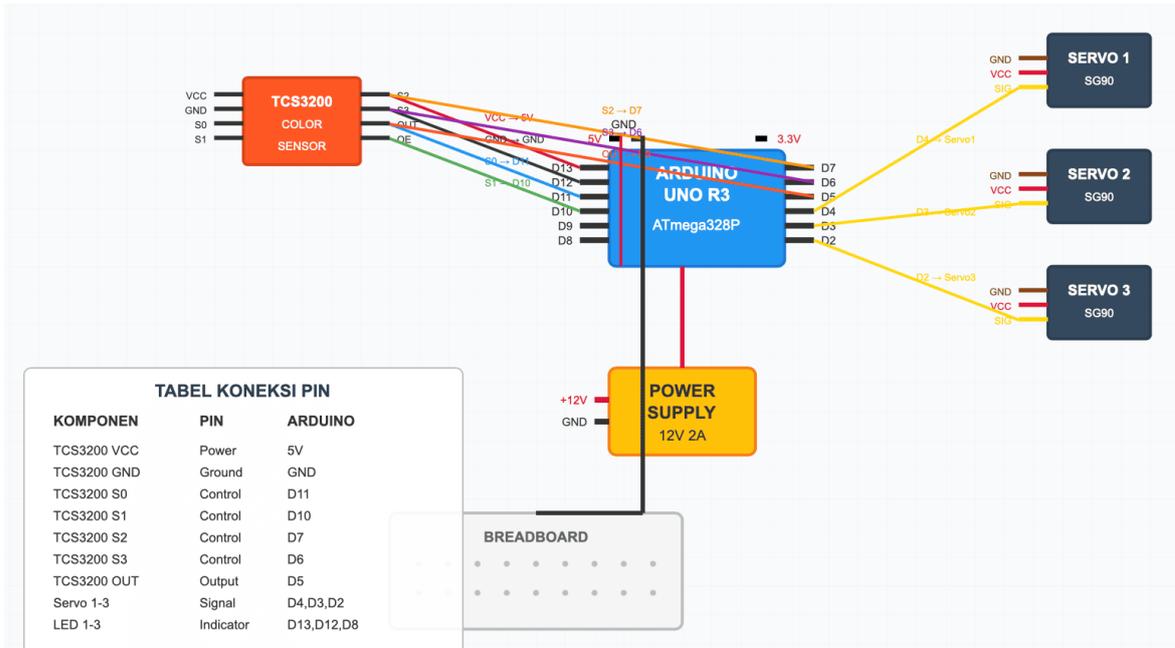


Gambar 3. Servo SG90

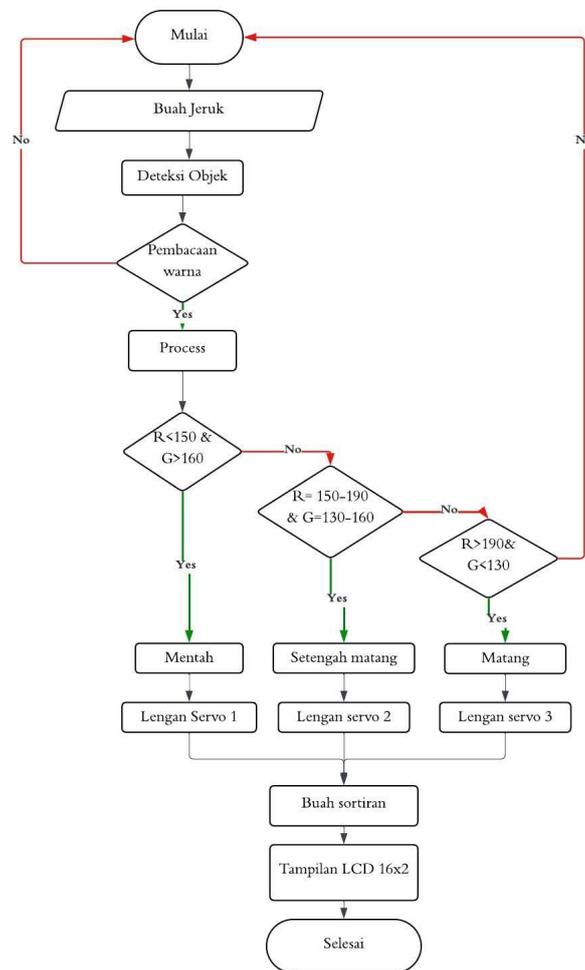
Gambar 3 menunjukkan Motor servo yang merupakan motor DC yang sudah dilengkapi dengan sistem kontrol didalamnya. Pada aplikasinya, motor servo sering digunakan sebagai kontrol *loop* tertutup, sehingga dapat menangani perubahan posisi secara tepat dan akurat. Sistem pengkabelan motor servo terdiri dari tiga bagian yaitu Vcc, ground dan data. Penggunaan PWM pada motor servo berbeda dengan penggunaan PWM pada motor DC. Pada motor servo, pemberian nilai PWM akan membuat motor servo bergerak pada posisi tertentu lalu berhenti (kontrol posisi) (Agustya dkk., t.t.; Di Pasquo dkk., t.t.).

Pada tahap awal, penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai metode penyortiran buah jeruk menggunakan jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*). Selanjutnya, ditentukan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan, termasuk aplikasi yang digunakan serta rangkaian elektronik pendukung. Setelah itu, dilakukan perancangan seluruh komponen hingga membentuk sebuah *prototype* sistem. Tahap berikutnya adalah pengujian dan evaluasi terhadap data yang dihasilkan oleh *prototype*. Rangkaian *Prototype* sistem sensor kematangan buah ditunjukkan oleh **Gambar 4**. Sitem yang dijalankan mengikuti perancangan yang telah ditetapkan dan dapat dilihat prosesnya melalui **Gambar 5** diagram alir sitem. Jika data yang diperoleh telah memenuhi standar dan kriteria yang telah ditentukan, maka penelitian dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan. Adapun fokus utama dari literatur yang dikaji dalam penelitian ini meliputi:

1. Pembacaan warna jeruk menggunakan sensor TCS3200 – Mempelajari prinsip kerja sensor warna berbasis *fotodiode* yang mampu mendeteksi intensitas RGB dari permukaan buah jeruk.
2. Klasifikasi tingkat kematangan jeruk berdasarkan warna – Mengidentifikasi pola perubahan warna jeruk selama proses pematangan dan menghubungkannya dengan tingkat kematangan.
3. Pemanfaatan nilai RGB sebagai input dalam *algoritma backpropagation* – Menggunakan nilai warna sebagai data masukan dalam sistem kecerdasan buatan berbasis jaringan saraf tiruan.
4. Visualisasi hasil pada monitor 16 x 2 – Mengintegrasikan hasil penyortiran kematangan buah ke dalam sistem yang dapat diakses pada monitor 16 x 2.



Gambar 4. Rangkaian *prototype* sistem sensor kematangan buah



Gambar 5. Diagram Alir sistem

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat sortir kematangan buah kelapa sawit yang dirancang oleh peneliti diwujudkan dalam bentuk *prototype* dan simulasi kerja system seperti yang ditunjukkan **Gambar 6**. Alat ini akan berfungsi saat buah jeruk ditempatkan pada perangkat sortir. Servo motor akan mengarahkan buah ke area sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi warna buah, yang menjadi indikator tingkat kematangannya. Berdasarkan hasil pembacaan tersebut, servo akan mengklasifikasikan buah menjadi tiga kategori: mentah, setengah matang, dan matang. Selanjutnya, buah akan diarahkan ke tempat yang telah ditentukan sesuai dengan hasil klasifikasi. Selama proses pengembangan *prototype* penyortiran buah sawit berbasis sensor warna TCS3200 dan dikendalikan oleh Arduino Atmega 328p, peneliti mengandalkan pengumpulan data dari berbagai sumber referensi terpercaya, seperti jurnal ilmiah dan buku, guna memastikan bahwa perancangan alat berjalan lancar dan menghindari kendala yang tidak diinginkan.



Gambar 6. *Prototype* sensor kematangan buah

Setelah merancang dan merakit *prototype* kematangan buah jeruk, selanjutnya menguji alat dengan menggunakan buah jeruk berbagai tingkat kematangan. Untuk menjalankan *prototype* diperlukan bahasa program untuk menjalankan komponen-komponen sensor yang terpasang dengan menggunakan *library Arduino ATmega328P* yang telah tersambung ke *Driver USB*. Selanjutnya buah jeruk yang diletakan pada *prototype* akan terbaca intensitas warnanya oleh sensor TCS3200 dan lengan servo akan membuka sesuai dengan klasifikasi intensitas cahaya yang terbaca oleh sensor, dan buah akan jatuh ke bak penampungan. Berdasarkan data pengukuran terhadap enam sampel jeruk dengan tingkat kematangan berbeda, diperoleh variasi nilai frekuensi yang kemudian dikonversi ke skala RGB (0–255). Data ini digunakan untuk mengidentifikasi korelasi antara perubahan nilai warna dan tahapan kematangan buah. Data hasil pembacaan sensor yang diperoleh kemudian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pembacaan sensor TCS3200

| Sampel | Tingkat Kematangan | R (0–255) | G (0–255) | B (0–255) | R/G Ratio | Keterangan Warna |
|--------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| J1 | Mentah | 80 | 160 | 170 | 0,5 | Hijau kekuningan |
| J2 | Mentah | 100 | 170 | 180 | 0,59 | Hijau tua |
| J3 | Setengah Matang | 150 | 180 | 190 | 0,83 | Kuning pucat |
| J4 | Setengah Matang | 170 | 190 | 200 | 0,89 | Kuning-oranye |
| J5 | Matang | 230 | 220 | 225 | 1,04 | Oranye terang |
| J6 | Matang | 240 | 230 | 235 | 1,04 | Oranye kemerahan |

Sensor TCS3200 bekerja dengan mengukur frekuensi cahaya yang dipantulkan oleh permukaan objek. Intensitas warna yang tinggi menghasilkan frekuensi yang lebih rendah, sedangkan warna yang lebih gelap atau kurang jenuh menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, konversi nilai frekuensi ke skala RGB dilakukan dengan pendekatan *invers*, yaitu: $RGB = 255 - \text{map}(\text{frekuensi})$. Dari hasil pengukuran, ditemukan bahwa:

1. Buah jeruk mentah (J1 & J2) menunjukkan nilai R yang rendah (80–100) dan G serta B yang lebih tinggi (160–180), menghasilkan warna hijau kekuningan.
2. Buah jeruk setengah matang (J3 & J4) menunjukkan peningkatan nilai R (150–170) dan penurunan pada G (180–190), menghasilkan gradasi kuning ke oranye.
3. Buah jeruk matang (J5 & J6) memiliki nilai R tertinggi (230–240), sementara G dan B berada pada kisaran lebih rendah (220–230), menciptakan tampilan warna oranye cerah hingga kemerahan.

Perubahan warna ini sejalan dengan degradasi klorofil dan sintesis karotenoid dalam buah selama proses pematangan. Meskipun data yang diperoleh bersifat eksperimental dan dipengaruhi oleh pencahayaan serta posisi objek, hasilnya menunjukkan bahwa sensor TCS3200 cukup akurat dalam mendeteksi kematangan buah.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan studi tentang implementasi sensor warna TCS3200 untuk identifikasi otomatis tingkat kematangan buah jeruk, dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa sensor TCS3200 mampu mengukur frekuensi spektrum warna merah (R), hijau (G), dan biru (B) yang selanjutnya ditransformasi ke dalam skala RGB 0-255. Nilai-nilai tersebut merepresentasikan transformasi warna buah selama periode pematangan. Ditemukan variasi nilai RGB yang mencolok pada buah jeruk dengan tingkat kematangan berbeda. Jeruk yang belum matang menampilkan karakteristik nilai R rendah dengan G tinggi, menciptakan warna hijau kekuningan. Sebaliknya, jeruk matang memperlihatkan nilai R tinggi dan G yang lebih rendah, menghasilkan corak oranye kemerahan. Perbandingan R/G terbukti sebagai parameter yang sederhana namun mampu untuk kategorisasi kematangan. Nilai rasio R/G dimulai dari 0.5 (belum matang) sampai >1.0 (matang), yang dapat dijadikan acuan klasifikasi otomatis pada sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino. Melalui penetapan parameter klasifikasi yang optimal, teknologi ini berpotensi dikembangkan sebagai solusi otomatisasi seleksi buah jeruk secara real-time dan non-invasif. Implementasi ini sangat prospektif untuk diterapkan dalam jalur produksi agrikultur modern sebagai komponen sistem pertanian cerdas (*precision agriculture*).

DAFTAR RUJUKAN

- Agustya, A. F., Fahrudi, A., Elektro, T., Adhi, T., & Surabaya, T. (t.t.). *Rancang Bangun Alat Otomatis Pemilah Sampah Logam, Organik Dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity Induksi Dan Sensor Proximity Kapasitif*.
- Anggreani, D., Nasution, M. I., & Nasution, N. (2023). Sistem Penyortir Otomatis Kematangan Tomat Berdasarkan Warna dan Berat dengan Sensor Tcs3200 dan Sensor Load Cell Hx711 Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Fisika Unand*, 12(3), 374–380. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.3.373-379.2023>
- Cahyaputra, H. R., & Rahmadewi, R. (2024). KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH PAPRIKA MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR BERDASARKAN WARNA RGB MELALUI APLIKASI MATLAB. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 9(1), 242–249. <https://doi.org/10.29100/jupi.v9i1.4440>
- Di Pasquo, G., Caratozzolo, A. M., & Ziroldo, T. (t.t.). *SG90 Servo Characterization*.
- Hayati, R., & Irhamni, D. (2023). PENGARUH TINGKAT KEMATANGAN DAN LAMA PENYIMPANAN TERHADAP KUALITAS PISANG MAS (*Musa acuminata Colla*) Effect of Maturity Level and Storage Duration on Quality Banana Mas (*Musa acuminata Colla*) (Vol. 20, Nomor 2).
- Ifmalinda, I., Fahmy, K., & Fitria, E. (2018). Prediction of Siam Gunung Omeh Citrus Fruit (*Citrus Nobilis* Var *Microcarpa*) Maturity Using Image Processing. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 6(3), 335–342. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.3.335-342>
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., & Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364. <https://doi.org/10.1016/J.COSREV.2021.100364>
- Maliki, M. S. A., & Irawan, D. (2024). Penyortiran Kematangan Buah Dengan Indikator Warna Menggunakan Metode Backpropagation Berbasis IOT. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 13(2). <https://doi.org/10.30591/smartcomp.v13i2.6415>
- Mesas-Carrascosa, F. J., Verdú Santano, D., Meroño, J. E., Sánchez de la Orden, M., & García-Ferrer, A. (2015). Open source hardware to monitor environmental parameters in precision agriculture. *Biosystems Engineering*, 137, 73–83. <https://doi.org/10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2015.07.005>
- peserta003,+66. (t.t.).
- Pratama, A. (t.t.). PROTOTIPE ALAT PENGUKUR TINGKAT KEMATANGAN BUAH PEPAYA MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200. Dalam *Jusikom : Jurnal Sistem Komputer Musi Rawas* (Vol. 8, Nomor 1).
- Reguera, P., García, D., Domínguez, M., Prada, M. A., & Alonso, S. (2015). A LOW-COST OPEN SOURCE HARDWARE IN CONTROL EDUCATION. CASE STUDY: ARDUINO-FEEDBACK MS-150. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 117–122. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2015.11.223>
- Rizzo, M., Marcuzzo, M., Zangari, A., Gasparetto, A., & Albarelli, A. (2023). Fruit ripeness classification: A survey. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 7, 44–57. <https://doi.org/10.1016/J.AIIA.2023.02.004>
- Sugiarto, K., Sulthana Hilmi, K., Pradana, A., & Fadhillah, I. (2023). Identifikasi Zona Warna Dengan Sensor TCS3200 Pada Robot KRSTI. *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, 32–37. <https://doi.org/10.60083/jsisfotek.v5i4.320>
- Wibowo, A., Parlina, I., Wanto Teknik Informatika, A., Tunas Bangsa Pematangsiantar, S., & Artikel, R. (2022). RANCANG BANGUN MESIN SORTIR BUAH KELAPA SAWIT BERDASARKAN TINGKAT KEMATANGAN MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200 BERBASIS ARDUINO UNO INFO ARTIKEL ABSTRAK. 1(2), 9–15. <https://doi.org/10.55123>
- Zhang, B., Lou, K., Wang, Z., Xia, Y., Fu, W., & Bai, Z. (2025). MIRNet_ECA: Multi-scale inverted residual attention network used for classification of ripeness level for dragon fruit. *Expert Systems with Applications*, 274, 127019. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2025.127019>