

Pengembangan Sistem Sortir Otomatis untuk Jeruk Citrus: Integrasi Teknologi Sensor dan Algoritma Rule-Based

Muhammad Imam Ghozali, Aditya Akbar Riadi, Dwyan Akbar Putra, Wibowo Harry Sugiharto*

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus, Kudus, Indonesia

Email: ¹imam.ghozali@umk.ac.id, ²aditya.akbar@umk.ac.id, ³201751104@std.umk.ac.id, ^{4,*}wibowo.harrys@umk.ac.id

Email Penulis Korespondensi: wibowo.harrys@umk.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem prediksi pendapatan panen jeruk yang mengintegrasikan teknologi sortir berbasis warna dan analisis data berbasis rule. Dengan meningkatnya permintaan akan jeruk di Indonesia, efisiensi dan akurasi dalam proses sortir dan prediksi pendapatan menjadi sangat penting. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor warna TCS34725 untuk mengklasifikasikan jeruk berdasarkan tingkat kematangan dan metode rule based untuk memprediksi pendapatan panen berdasarkan data sortir dan faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan harga pasar. Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan akurasi sortir dan memberikan prediksi pendapatan yang akurat. Implementasi teknologi ini dalam industri jeruk menawarkan potensi peningkatan efisiensi operasional dan profitabilitas. Penelitian ini memberikan kontribusi penting pada aplikasi teknologi sensor dan analisis data dalam pertanian, menunjukkan bagaimana inovasi teknologi dapat membantu mengatasi tantangan dalam industri jeruk dan sektor pertanian secara lebih luas.

Kata Kunci: Jeruk, Sistem Prediksi Pendapatan; Sortir Berbasis Warna; Teknologi Sensor; Metode Rule Based; Pertanian

Abstract—This study aims to develop an orange harvest revenue prediction system that integrates color-based sorting technology and rule-based data analysis. With the increasing demand for oranges in Indonesia, efficiency and accuracy in the sorting process and revenue prediction are of utmost importance. The developed system utilizes the TCS34725 color sensor to classify oranges based on maturity level and employs a rule-based method to predict harvest revenue based on sorting data and external factors such as weather conditions and market prices. Field testing results indicate that this system significantly improves sorting accuracy and provides accurate revenue predictions. The implementation of this technology in the orange industry offers potential enhancements in operational efficiency and profitability. This research contributes importantly to the application of sensor technology and data analysis in agriculture, demonstrating how technological innovation can help address challenges in the orange industry and the broader agricultural sector.

Keywords: Oranges; Revenue Prediction System; Color-Based Sorting; Sensor Technology; Rule-Based Method; Agriculture

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, jeruk merupakan salah satu buah yang paling banyak dikonsumsi, mencerminkan pentingnya industri jeruk dalam perekonomian nasional. Dengan meningkatnya permintaan, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengoptimalkan pendapatan panen. Salah satu tantangan utama dalam industri ini adalah proses sortir buah jeruk, yang secara tradisional dilakukan secara manual dan memerlukan banyak tenaga kerja serta waktu. Inovasi teknologi dalam proses sortir, khususnya penggunaan metode rule based dan sensor warna, menawarkan solusi yang efisien dan efektif. Penelitian dalam "Interfruit: Deep Learning Network for Classifying Fruit Images" menunjukkan bagaimana sistem grading cerdas untuk buah pisang menggunakan jaringan saraf tiruan dapat diterapkan dalam konteks buah jeruk, menawarkan wawasan tentang potensi teknologi serupa dalam meningkatkan efisiensi sortir buah jeruk [1].

Metode rule-based menawarkan keunggulan dalam hal transparansi dan kemudahan interpretasi [2], memungkinkan pengguna untuk memahami bagaimana keputusan diambil berdasarkan aturan yang jelas dan logis [3]. Kejelasan ini sangat bermanfaat dalam aplikasi yang memerlukan auditabilitas dan penjelasan terhadap proses pengambilan keputusan [4], seperti dalam sektor keuangan dan medis [5], chatbot [6], manufacturing [7], network management [8], pengelolaan administrasi [9], militer [10], otomatisasi sistem keuangan [11]. Selain itu, metode ini memudahkan pengembangan sistem dengan memungkinkan penambahan, penghapusan, atau modifikasi aturan tanpa mengubah struktur sistem secara keseluruhan, sehingga menawarkan fleksibilitas yang tinggi dalam adaptasi terhadap perubahan kebutuhan atau kondisi. Keunggulan lainnya termasuk efisiensi dalam pemrosesan informasi [12], terutama dalam kasus di mana aturan dapat diterapkan secara langsung untuk membuat keputusan tanpa memerlukan pemrosesan data yang kompleks.

Penggunaan teknologi sensor warna dalam proses sortir buah jeruk memungkinkan identifikasi dan klasifikasi buah berdasarkan tingkat kematangan dengan akurasi yang lebih tinggi. Integrasi sistem prediksi berbasis rule dalam proses ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga membantu dalam memprediksi pendapatan panen, yang sangat penting untuk perencanaan dan pengambilan keputusan strategis di sektor pertanian. Penelitian terkait pada "Dissection of protein cargo of citrus fruit juice sac cells-derived..." menyoroti bagaimana teknologi nanovesikel tanaman sedang dieksplorasi sebagai platform teknologi baru, yang dapat memberikan wawasan tentang bagaimana teknologi serupa dapat diterapkan dalam sortir dan peningkatan pertumbuhan tanaman jeruk [13].

Selain itu, penelitian "Toxicity potentials of selected insecticidal plant oils against..." pada tahun 2022 mengungkapkan pentingnya memahami komposisi kimia dan potensi toksisitas dari minyak tanaman insektisida pada buah jeruk. Hal ini relevan dalam konteks sortir dan pengolahan buah jeruk, karena mempengaruhi kualitas dan keselamatan buah yang dikonsumsi [14].

Jeruk merupakan buah yang sangat populer di Indonesia, tercatat sebagai buah ketiga terbanyak yang dikonsumsi oleh masyarakat pada tahun 2015 dan 2016. Tingkat konsumsi jeruk di Indonesia mengalami peningkatan dari 3,28 kg per kapita per tahun pada tahun 2015 menjadi 3,60 kg per kapita per tahun pada tahun 2016. Menurut data dari Survei Sosial dan Ekonomi Nasional yang meliputi konsumsi dan pengeluaran rumah tangga, jeruk berada di urutan teratas dalam hal pengeluaran rata-rata masyarakat Indonesia untuk buah, baik di daerah pedesaan maupun perkotaan. Kementerian Pertanian, di bawah kepemimpinan Amran pada tahun 2018, mencatat adanya peningkatan populasi tanaman jeruk sekitar 5% setiap tahunnya. Luas area tanam jeruk di Indonesia berkisar pada 53.000 hektar. Proyeksi luas panen jeruk terus meningkat hingga tahun 2020, dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 2,03%, di mana pada tahun 2020, luas panen jeruk diperkirakan akan mencapai 61.788 hektar. Produksi jeruk hingga tahun 2020 diproyeksikan mengalami kenaikan dengan rata-rata pertumbuhan tahunan sebesar 4,93%, di mana pada tahun 2020 produksi jeruk diperkirakan akan mencapai 3.246.994 ton [15].

Informasi panen jeruk merupakan faktor kunci dalam memprediksi pendapatan dan menjamin kualitas buah. Aspek-aspek kritis seperti waktu panen yang tepat dan penanganan pascapanen yang memadai, termasuk proses sortasi dan grading, memainkan peran penting dalam menentukan nilai jual jeruk. Penerapan standar yang sesuai, seperti standar SNI, dalam penanganan jeruk pasca panen adalah esensial untuk membedakan buah berdasarkan tingkat kematangan dan kualitas fisiknya. Penggunaan teknologi sortir otomatis dengan sensor warna meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses ini, memungkinkan klasifikasi buah yang lebih tepat dan memaksimalkan potensi pendapatan dari panen.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian dalam bidang sortasi buah telah menunjukkan kemajuan teknologi yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Penelitian di Kota Batu, pusat produksi apel, dimana produktivitas apel mencapai 150 ton per bulan. Untuk meningkatkan nilai ekonomis, apel disortir berdasarkan warna dan ukuran menggunakan sistem otomatis yang dirancang dengan TCS3200 sebagai indikator warna dan LDR sebagai indikator ukuran. Sistem ini dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Uno dan menggunakan dua motor DC 12 Volt sebagai aktuator utama untuk mengurutkan apel merah, hijau kecil, dan hijau besar. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan rata-rata 90% untuk apel merah, 60% untuk apel hijau besar, dan 80% untuk apel hijau kecil [16].

Sofyan dkk 2018 melakukan penelitian ini mengatasi masalah kualitas rendah minyak sawit di Indonesia akibat metode sortir dan pengolahan manual. Solusi yang diusulkan adalah penerapan sortasi otomatis menggunakan mikrokontroler, dengan kematangan buah ditentukan dari gambar yang diambil oleh kamera. Sistem ini dirancang untuk bekerja terus menerus, memisahkan buah sawit berdasarkan tingkat kematangan [17]. Penelitian yang berfokus pada penyortiran buah apel manual berdasarkan warna dan berat. Menggunakan Sensor TCS3200 untuk warna dan Load Cell untuk berat, penelitian ini bertujuan untuk membedakan kualitas apel sebelum pengemasan. Hasil penyortiran ini penting untuk memprediksi distribusi buah berdasarkan jarak tempuh dan kondisi buah saat pengiriman [18].

Penelitian yang menyoroti permintaan otomatisasi yang meningkat dalam industri pertanian, khususnya dalam sortasi buah jeruk berdasarkan warna dan ukuran. Makalah ini memberikan gambaran tentang berbagai teknik yang tersedia untuk tugas ini, dengan fokus pada identifikasi teknik berorientasi kinerja [19]. Studi ini membahas pengembangan alat sortir jeruk berdasarkan warna RGB menggunakan sensor TCS3200 dan Arduino Uno. Proses ini melibatkan jeruk yang masuk ke wadah penampungan dan meluncur melalui lubang dengan sensor warna. Buah kemudian disortir menjadi tiga kelompok berdasarkan warna oleh motor servo sebagai aktuator [20].

Tabel 1. Penelitian Terkait

Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Objek	Kelebihan	Kelemahan
Sistem Cerdas Penyortir Apel Berdasarkan Warna Dan Ukuran Berbasis Mikrokontroler Arduino	Febyan Dimas Pramanta, Lazuardi, Widya Susilo, M Rizal Fahmi	2017	Apel	Tcs320, Ldr, Sensor, Arduino Uno	Deteksi warna masih menggunakan sensor warna tcs3200
Modeling Of Control System On Sorting Palm Fruit Machine By Using Arduino Microcontroller	Dodi Sofyan Arief A, Edy Fitra A, Minarni B, Herman C And Roni Salambue D	2017	Kelapa Sawit	Sensor Infrared, Camera, Switch Sensor object Arduino Uno	Belum ter-integrasi dengan database
Sistem Penyortiran Buah Apel Manual Menggunakan Sensor Loadcell dan	Abdul Haris, Diane Kusuma, Rifki Nugraha Praatama	2018	Apel	Tcs3200 Color Sensor, Load Cell Arduino Uno	Deteksi warna masih menggunakan sensor warna tcs3200

Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Objek	Kelebihan	Kelemahan
Tcs3200 Berbasis Arduino Uno					
Oranges Sorting Using Arduino Microcontroller	Vikas Chakole Pranay Ilamkar, Rupesh Gajbhiye, Suhas Nagrle	2019	Jeruk	Tcs3200 Color, Ultrasonic Sensor Servo Motor Arduino Nano	Deteksi warna masih meggunaka-n sensor warna tcs3200
The Citrus Fruit Sorting Device Automatically Based On Color Method By Using Tcs320 Color Sensor And Arduino Uno Microcontroller	Poltak Sihombing, Faddy Tommy, Sajadin Sembiring, Dan Nogar Silitonga	2019	Jeruk	Tcs3200 Color Sensor	Deteksi warna masih meggunaka-n sensor warna tcs3200

2.2 Mutu Buah Jeruk

Dalam standar varietas jeruk keprok (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), yang termasuk dalam famili Rutaceae dan dipasarkan sebagai konsumsi segar, proses sortir memainkan peran penting. Menurut SNI 3165:2009, jeruk keprok diklasifikasikan ke dalam tiga kelas mutu, yaitu kelas super, kelas A, dan kelas B. Kriteria penting dalam klasifikasi ini adalah warna buah, yang harus mencerminkan ciri khas varietas, tipe komersial, serta lokasi tanamnya [21]. Tabel 2 berikut adalah detail kriteria untuk masing-masing kelas mutu jeruk keprok sesuai dengan SNI 01-3165-1992:

Tabel 2. Kriteria Jeruk Keprok, (SNI 01-3165-1992)

Kelas	Bobot (g)	Diameter (cm)
A	≥ 151	≥ 71
B	101 – 150	61 -70
C	51 – 100	51 -60
D	≤ 50	40 – 50

2.3 Mutu Buah Jeruk

Sistem Warna RGB merupakan metode yang menggabungkan warna Merah (Red), Hijau (Green), dan Biru (Blue) untuk menciptakan berbagai warna. Dalam sistem ini, setiap warna primer (Merah, Hijau, Biru) menggunakan 8 bit, yang memungkinkan nilai integer dari 0 hingga 255 untuk masing-masing warna, memberikan jangkauan luas dalam pembentukan warna. Tabel 3 berikut adalah rincian bit untuk setiap warna primer dalam sistem RGB [19].

Tabel 3. Warna RGB

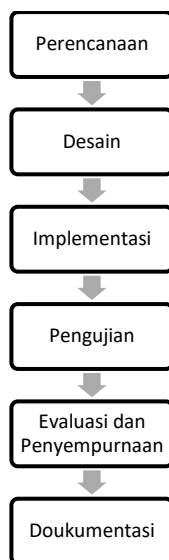
No	Warna	Bit
1	Merah (R)	23 -16
2	Hijau (G)	15 - 8
3	Biru (B)	7 - 0

2.4 Metode Rule-Based

Metode Rule-Based merupakan pendekatan yang sering digunakan dalam sistem pendukung keputusan, di mana basis pengetahuan memainkan peran kunci [22]. Metode ini mengadopsi teknik-teknik kecerdasan buatan untuk menyelesaikan masalah berdasarkan serangkaian aturan yang telah ditetapkan. Proses ini melibatkan beberapa tahapan penting: Pengumpulan Basis Pengetahuan [23]. Langkah pertama dalam metode Rule-Based adalah mengumpulkan fakta-fakta atau data yang relevan. Basis pengetahuan ini berisi informasi penting yang akan digunakan untuk membuat keputusan. Penerapan Aturan (Rule): Aturan dalam metode Rule-Based biasanya diformulasikan dalam format "IF-THEN". "IF" merepresentasikan kondisi atau situasi tertentu, sedangkan "THEN" merepresentasikan tindakan atau hasil yang harus diambil atau diharapkan jika kondisi tersebut terpenuhi. Kriteria Berhenti: Penting untuk menetapkan kriteria berhenti untuk menghindari looping atau pengulangan yang tidak terbatas. Kriteria ini menentukan kapan sistem harus berhenti menerapkan aturan, biasanya setelah kondisi yang ditetapkan telah terpenuhi [24].

2.5 Tahapan Pengembangan Sistem Sortir Buah Jeruk dengan Metode Rule-Based

Pengembangan sistem menggambarkan alur dari tahap awal perencanaan hingga dokumentasi akhir. Ini dimulai dengan perencanaan, diikuti oleh desain sistem, implementasi, pengujian, evaluasi dan penyempurnaan, dan diakhiri dengan dokumentasi yang ditunjukkan pada Gambar 1. Setiap tahap memiliki output spesifik yang berkontribusi pada pengembangan sistem secara keseluruhan, memastikan bahwa setiap aspek telah ditangani dengan cermat untuk mencapai sistem sortir otomatis yang efektif dan efisien. Metodologi ini menekankan pendekatan sistematis dalam pengembangan sistem sortir otomatis, memastikan bahwa setiap tahapan dilakukan dengan teliti untuk mencapai hasil yang optimal.

**Gambar 1.** Tahapan Pengembangan Sistem

Berdasarkan gambar 1 dapat dijelaskan:

1. Perencanaan:
Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi sistem.
Penentuan komponen utama: mikrokontroler Arduino, sensor loadcell, sensor warna, dan lampu LED.
2. Desain:
Pembuatan desain sistem yang mencakup alur kerja dan integrasi antar komponen.
Penyusunan algoritma rule-based untuk klasifikasi berat dan warna jeruk.
3. Implementasi:
Pembangunan prototype dengan merakit komponen sesuai desain.
Pengaturan mikrokontroler dan pemrograman fungsi-fungsi sistem.
4. Pengujian:
Melakukan test case independent path untuk memverifikasi kinerja setiap komponen dan sistem secara keseluruhan.
Evaluasi hasil pengujian untuk memastikan sistem bekerja sesuai ekspektasi.
5. Evaluasi dan Penyempurnaan:
Analisis hasil pengujian dan identifikasi area yang memerlukan peningkatan.
Modifikasi dan penyempurnaan sistem berdasarkan evaluasi.
6. Dokumentasi:
Penulisan dokumentasi teknis dan penggunaan sistem.
Persiapan laporan penelitian yang mencakup metodologi, hasil pengujian, dan analisis.

2.6 Rule-Based Sortir Buah Jeruk

Dalam pengembangan sistem purwarupa yang menggunakan metode Rule-Based, aturan-aturan spesifik digunakan untuk menarik kesimpulan dari kumpulan fakta. Sistem ini menerapkan aturan berbasis nilai RGB (Red, Green, Blue) untuk menentukan warna jeruk. Berikut adalah tabel-tabel yang menjelaskan aturan sistem yang dibangun:

Tabel 4. Nilai R G B Warna Jeruk

No	Warna	Warna		
		R	G	B
1	Kuning	> 1.15	< 1.15	< 0.7
2	Hijau Kuning	> 1.15	> 1.15	< 0.8
3	Hijau	< 1.00	> 1.3	< 0.9

Tabel 5. Grade Warna Jeruk

No	Grade	Warna
1	A	Kuning
2	B	Hijau Kuning
3	C	Hijau

Tabel 6. Rule Base Warna Jeruk

No	Rule Base	Prediksi Sortir
1	if ((r < 1.00) && (g > 1.3) && (b < 0.9)) then	"HIJAU"

No	Rule Base	Prediksi Sortir
2	else if ((r > 1.15) && (g > 1.15) && (b < 0.8)) then	"HIJAU KUNING"
3	else if ((r > 1.15) && (g < 1.15) && (b < 0.7)) then	"KUNING"

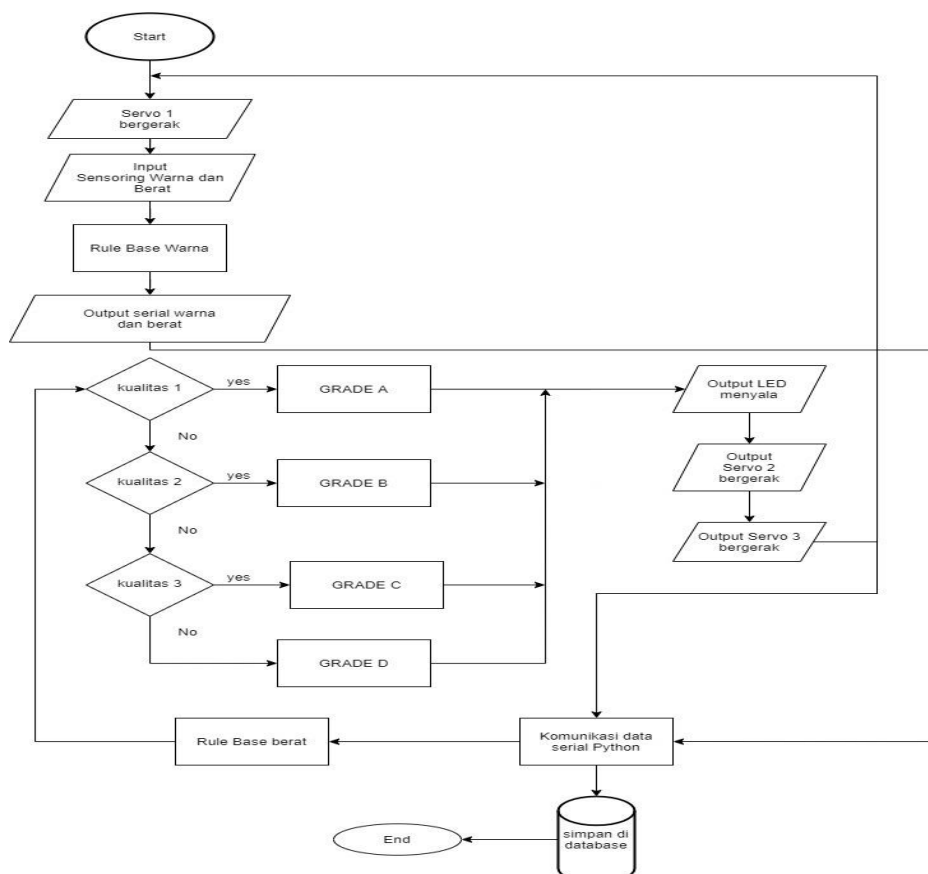
Dalam sistem ini, nilai-nilai RGB digunakan untuk menentukan warna jeruk. Setiap kombinasi nilai RGB dikaitkan dengan warna tertentu (Kuning, Hijau Kuning, Hijau) dan grade yang sesuai. Aturan-aturan ini kemudian diterapkan untuk memprediksi sortir jeruk berdasarkan warnanya. Sistem ini memungkinkan identifikasi dan klasifikasi warna jeruk secara otomatis, yang sangat berguna dalam proses sortasi dan grading dalam industri pertanian.

2.7 Flowchart Sistem Sortir Otomatis

Flowchart pada Gambar 1 menggambarkan proses kerja dari sistem sortir otomatis untuk jeruk citrus. Berikut adalah penjelasan langkah demi langkah berdasarkan uraian Anda:

1. Mulai (Start): Proses dimulai.
2. Servo 1 Bergerak: Ini menandakan adanya input, yaitu jeruk citrus yang masuk ke dalam sistem.
3. Deteksi Warna oleh Sensor Warna: Jeruk citrus yang masuk kemudian dideteksi warnanya oleh sensor warna.
4. Rule Based Warna: Sistem mengklasifikasikan warna jeruk ke dalam salah satu dari tiga kriteria warna: hijau, hijau kuning, dan kuning.
5. Output Serial dan Komunikasi Data: Hasil deteksi warna dikomunikasikan melalui pyserial.
6. Proses Grading: Sistem menggabungkan nilai warna dengan nilai berat buah. Informasi tentang berat dan warna buah ditampilkan.
7. Penentuan Grade A, B, dan C: Sistem menentukan apakah jeruk citrus masuk dalam grade A, B, atau C. Lampu LED akan menyala sesuai dengan kriteria grade:
 - a. Kualitas 1 (Grade A): Lampu kuning menyala.
 - b. Kualitas 2 (Grade B): Lampu biru menyala.
 - c. Kualitas 3 (Grade C): Lampu hijau menyala.
8. Servo 2 dan 3: Servo 2 mengarahkan buah ke wadah yang sesuai berdasarkan kriteria. Servo 3 kemudian mendorong buah yang telah tersortir keluar.
9. Komunikasi dan Penyimpanan Data: Hasil sortir dikomunikasikan melalui Python dan disimpan dalam database.
10. Selesai: Proses sortir selesai.

Flowchart ini memberikan gambaran yang jelas tentang proses otomatisasi dalam sistem sortir jeruk citrus, mulai dari penerimaan input hingga klasifikasi dan penyimpanan data hasil sortir. Sistem ini mengintegrasikan berbagai teknologi seperti sensor warna, mikrokontroler, pyserial, dan Python untuk mencapai proses sortir yang efisien dan akurat.

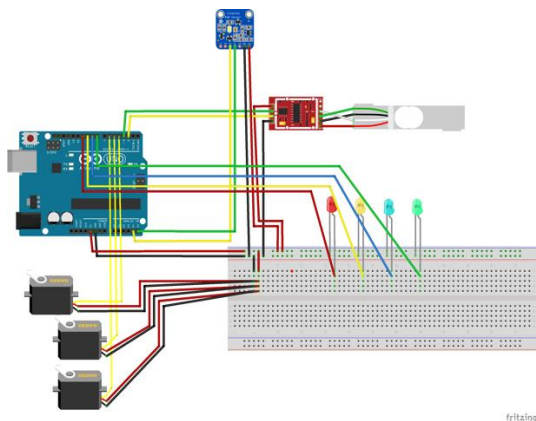


Gambar 2. Flowchart Sistem Sortir Buah Jeruk

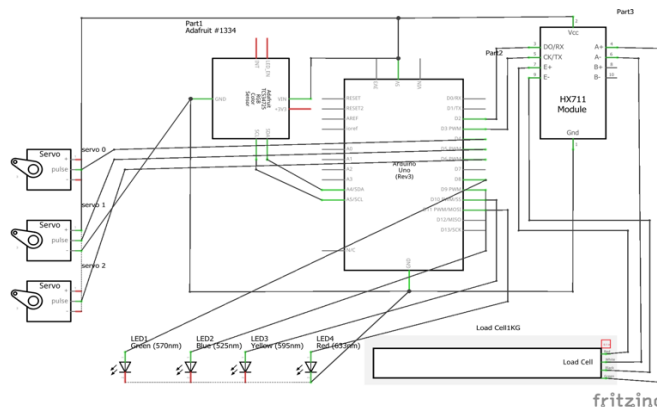
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pin Out Wiring

Pinout wiring adalah skema yang menunjukkan bagaimana komponen-komponen sistem dihubungkan secara elektronik. Dalam konteks sistem sortir otomatis, ini akan mencakup:



Gambar 2. Pinout wiring sistem sortir otomatis Breadboard View



Gambar 3. Pinout wiring sistem sortir otomatis Schematic View

3.2 Implementasi Sistem

Pada implementasi dari sistem sortir otomatis untuk jeruk citrus telah berhasil dikembangkan. Sistem ini mengintegrasikan beberapa komponen utama yang bekerja secara sinergis untuk mencapai proses sortir yang efisien dan akurat. Alur kerja system ini adalah:

- Jeruk yang telah dipanen dimasukkan ke dalam sistem sortir secara individual.
- Setiap buah diarahkan oleh servo 1 menuju sensor Loadcell dan sensor warna untuk pengukuran berat dan identifikasi warna.
- Berdasarkan data yang diperoleh, sistem menentukan grade buah (A, B, atau C). Lampu LED menyala sesuai dengan grade yang ditentukan.
- Secara bersamaan, servo 2 bergerak menuju wadah yang sesuai, dan servo 3 melemparkan buah ke dalam wadah tersebut.
- Setelah buah tersortir, servo 1 kembali beraksi untuk memasukkan buah berikutnya ke dalam jalur sortir.



Gambar 4. Purwarupa Sistem Sortir Buah Jeruh

3.3 Pengujian Sistem

Dalam rangka memvalidasi efektivitas dan reliabilitas sistem sortir otomatis jeruk citrus, sebuah serangkaian pengujian test case independent path telah dilakukan. Pengujian ini dirancang untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam berbagai skenario operasional, memastikan bahwa setiap komponen sistem bekerja sesuai dengan fungsi yang telah ditetapkan. Berikut ini adalah Tabel 7 yang merangkum hasil dari pengujian tersebut. Tabel ini mencakup berbagai jalur (path) yang diuji, menggambarkan proses pengujian dari awal hingga akhir, dan menunjukkan apakah hasilnya sesuai dengan ekspektasi. Setiap path menggambarkan urutan operasi yang berbeda, mulai dari inisiasi sistem hingga proses akhir seperti

penyimpanan data hasil grading ke dalam database. Hasil pengujian ini penting untuk memverifikasi bahwa sistem dapat secara akurat dan konsisten melakukan sortir jeruk berdasarkan berbagai parameter seperti warna dan berat.

Tabel 7. Hasil Pengujian Test Case

No	Proses Pengujian	Hasil
1	Mulai, Alat sistem sortir jeruk hidup. Servo 1 akan bergerak mendorong jeruk masuk. Jeruk masuk, sensor loadcell dan warna membaca berat dan warna Identifikasi warna buah sesuai rule Menampilkan hasil serial warna dan berat ke serial Python mengambil data serial Python menyimpan data serial hasil grading ke database Selesai	Sesuai
2	Mulai, Alat sistem sortir jeruk hidup. Servo 1 akan bergerak mendorong jeruk masuk. Jeruk masuk, sensor loadcell dan warna membaca berat dan warna Identifikasi warna buah sesuai rule Menampilkan hasil serial warna dan berat ke serial Motor servo menarik jeruk keluar box sensor Python mengambil data serial Python menyimpan data serial hasil grading ke database Selesai	Sesuai
3	Mulai, Alat sistem sortir jeruk hidup. Servo 1 akan bergerak mendorong jeruk masuk. Jeruk masuk, sensor loadcell dan warna membaca berat dan warna Identifikasi warna buah sesuai rule Menampilkan hasil serial warna dan berat ke serial Python mengambil data serial Identifikasi berat buah sesuai rule Apakah jeruk memenuhi kualitas 1? Proses grade A Menyalakan LED sesuai Grade A Arahkan Motor servo sesuai Grade Motor servo menarik jeruk keluar box sensor Python menyimpan data serial hasil grading ke database Selesai	Sesuai
4	Mulai, Alat sistem sortir jeruk hidup. Servo 1 akan bergerak mendorong jeruk masuk. Jeruk masuk, sensor loadcell dan warna membaca berat dan warna Identifikasi warna buah sesuai rule Menampilkan hasil serial warna dan berat ke serial Python mengambil data serial Identifikasi berat buah sesuai rule Apakah jeruk memenuhi kualitas 1? Tidak Apakah jeruk memenuhi kualitas 2? Proses grade B Menyalakan LED sesuai Grade B Arahkan Motor servo sesuai Grade Motor servo menarik jeruk keluar box sensor Python menyimpan data serial hasil grading ke database Selesai	Sesuai
5	Mulai, Alat sistem sortir jeruk hidup. Servo 1 akan bergerak mendorong jeruk masuk. Jeruk masuk, sensor loadcell dan warna membaca berat dan warna Identifikasi warna buah sesuai rule Menampilkan hasil serial warna dan berat ke serial Python mengambil data serial Identifikasi berat buah sesuai rule Apakah jeruk memenuhi kualitas 1? Tidak Apakah jeruk memenuhi kualitas 2? Apakah jeruk memenuhi kualitas 2? Tidak Apakah jeruk memenuhi kualitas 3? Proses grade C Menyalakan LED sesuai Grade C Arahkan Motor servo sesuai Grade Motor servo menarik jeruk keluar box sensor Python menyimpan data serial hasil grading ke database Selesai	Sesuai
6	Mulai, Alat sistem sortir jeruk hidup. Servo 1 akan bergerak mendorong jeruk masuk. Jeruk masuk, sensor loadcell dan warna membaca berat dan warna Identifikasi warna buah sesuai rule Menampilkan hasil serial warna dan berat ke serial Python mengambil data serial Identifikasi berat buah sesuai rule Apakah jeruk memenuhi kualitas 1? Tidak Apakah jeruk memenuhi kualitas 2? Apakah jeruk memenuhi kualitas 2? Tidak Apakah jeruk memenuhi kualitas 3? Tidak Proses grade D Menyalakan LED sesuai Grade D Arahkan Motor servo sesuai Grade Motor servo menarik jeruk keluar box sensor Python menyimpan data serial hasil grading ke database Selesai	Sesuai

3.4 Pembahasan

Dalam penelitian ini, hasil pengujian sistem sortir otomatis jeruk citrus menunjukkan efektivitas dan keandalan komponen seperti mikrokontroler Arduino, sensor loadcell, dan sensor warna. Integrasi antara komponen-komponen ini berjalan lancar, dengan algoritma rule-based yang efektif dalam mengklasifikasikan jeruk berdasarkan warna dan berat. Automasi proses sortir tercapai sepenuhnya, menunjukkan potensi signifikan dalam mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan meningkatkan efisiensi. Konsistensi hasil pengujian menegaskan keandalan sistem, sementara juga menyoroti peluang untuk peningkatan lebih lanjut, terutama dalam kecepatan proses dan sensitivitas sensor. Keseluruhan hasil ini menunjukkan kemajuan penting dalam otomatisasi proses sortir dalam industri pertanian.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, pengembangan sistem sortir otomatis untuk jeruk citrus berhasil menunjukkan efektivitas dan keandalan, dengan komponen utama seperti mikrokontroler Arduino, sensor loadcell, dan sensor warna yang bekerja secara efisien dalam mengklasifikasikan jeruk berdasarkan berat dan warna. Algoritma rule-based yang diimplementasikan memberikan klasifikasi yang akurat, dengan automasi penuh yang meningkatkan efisiensi proses dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual. Untuk penelitian mendatang, fokus dapat diletakkan pada peningkatan kecepatan proses dan sensitivitas sensor, serta adaptasi sistem untuk berbagai jenis jeruk, yang akan membuka jalan bagi peningkatan efisiensi dan aplikasi yang lebih luas dalam industri pertanian.

REFERENCES

- [1] Iiu Wenzhong, "Interfruit : Deep Learning Network for Classifying Fruit Images," bioRxiv, 2020.

- [2] W. H. Sugiharto and I. Ghozali, "Online Electronic Devices Monitoring System Menggunakan Rule Based System," vol. 21, no. January, 2017.
- [3] S. K. M. Hossain, S. A. Ema, and H. Sohn, "Rule-Based Classification Based on Ant Colony Optimization: A Comprehensive Review," *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2022. doi: 10.1155/2022/2232000.
- [4] J. Chhor, V. Fischer, F. Kröppel, and R. H. Schmitt, "Rule-based Decision Support for No-Code Digitalized Processes," in *Procedia CIRP*, 2022. doi: 10.1016/j.procir.2022.04.042.
- [5] R. Salah Gebril and H. Mohammed Ali, "ANALYZING THE BREAST CANCER DATA IN BMC USING THE TECHNIQUES OF ASSOCIATION RULES AND LINEAR DISCRIMINANT," *EPH - Int. J. Appl. Sci.*, 2016, doi: 10.53555/eijas.v2i3.139.
- [6] F. WAYESA, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A RULE BASED AFAAN OROMOO CONVERSATIONAL CHATBOTS," *Asian J. Curr. Res.*, 2022, doi: 10.56557/ajocr/2022/v7i38012.
- [7] P. Muro-Medrano, "Implementation of Rule-Based Information Svstems for Integrated Manufacturing," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 1994, doi: 10.1109/69.334880.
- [8] K. Ullah, I. Rashid, H. Afzal, M. M. W. Iqbal, Y. A. Bangash, and H. Abbas, "SS7 Vulnerabilities - A Survey and Implementation of Machine Learning vs Rule Based Filtering for Detection of SS7 Network Attacks," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, 2020, doi: 10.1109/COMST.2020.2971757.
- [9] P. G. Nightingale, D. Adu, N. T. Richards, and M. Peters, "Implementation of rules based computerised bedside prescribing and administration: Intervention study," *Ugeskr. Laeger*, 2000, doi: 10.1136/bmj.320.7237.750.
- [10] C. Reményi and S. Staudacher, "Systematic simulation based approach for the identification and implementation of a scheduling rule in the aircraft engine maintenance," *Int. J. Prod. Econ.*, 2014, doi: 10.1016/j.ijpe.2012.10.022.
- [11] J. Kokina and S. Blanchette, "Early evidence of digital labor in accounting: Innovation with Robotic Process Automation," *Int. J. Account. Inf. Syst.*, 2019, doi: 10.1016/j.accinf.2019.100431.
- [12] C. Hahnel, U. Kroehne, and F. Goldhammer, "Rule-based process indicators of information processing explain performance differences in PIAAC web search tasks," *Large-Scale Assessments Educ.*, 2023, doi: 10.1186/s40536-023-00169-5.
- [13] G. Pocsfalvi, A. Ambrosone, P. Del Gaudio, G. Puska, I. Fiume, and T. Silvestre, "Dissection of protein cargo of citrus fruit juice sac cells - derived vesicles reveals heterogeneous transport and extracellular vesicles subpopulations," 2018.
- [14] O. J. Adelaja, A. O. Oduola, A. T. Ande, O. O. Abiodun, and A. R. Adelaja, "Full Title: Toxicity potentials of selected insecticidal plant oils against," vol. 2, 2022.
- [15] Kementrian Pertanian Republik Indonesia, Direktorat Jenderal Hortikultura Tahun 2012. 2018.
- [16] F. Dimas Pramanta, L. Widya Susilo, and M. Rizal Fahmi, "Sistem Cerdas Penyortir Apel Berdasarkan Warna Dan Ukuran Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Pros. Sentrinov*, vol. 3, no. 1, pp. 216–225, 2021.
- [17] D. Arief, E. Fitra, R. Salambue, and P. History, "Modeling of Control System on Sorting Palm Fruit Machine by Using Arduino Microcontroller," *J. Ocean. Mech. Aerospace-Science Eng.*, vol. 52, no. 52, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: www.isomase.org.
- [18] D. T. K. Abdul Haris and R. N. Pratama, "Sistem Pernyortiran Buah Apel Manalagi Menggunakan Sensor Loadcell Dan Tcs 3200 Berdasarkan Berat Dan Warna Berbasis Arduino," *Petir*, vol. 11, no. 1, pp. 92–95, 2018, doi: 10.33322/petir.v11i1.14.
- [19] V. Chakole, P. Ilamkar, R. Gajbhiye, and S. Nagrale, "ORANGES SORTING USING ARDUINO MICROCONTROLLER (A Review)," pp. 1800–1802, 2019.
- [20] P. Sihombing, F. Tommy, S. Sembiring, and N. Silitonga, "The Citrus Fruit Sorting Device Automatically Based on Color Method by Using Tcs320 Color Sensor and Arduino Uno Microcontroller," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1235, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1235/1/012064.
- [21] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Jeruk keprok," 2009.
- [22] T. Batiuk and D. Dosyn, "Intelligent system for clustering users of social networks based on the message sentiment analysis," *Visnik Nacional'nogo universitetu "L'vivs'ka politehnika". Seriâ Informacijni Sist. ta mereži*, 2023, doi: 10.23939/sisn2023.13.121.
- [23] J. Stodola, P. Stodola, and J. Furch, "Intelligent Transport Systems," in *Challenges to National Defence in Contemporary Geopolitical Situation*, 2022. doi: 10.47459/cndcgs.2022.5.
- [24] C. Grosan and A. Abraham, "Intelligent Systems: A Modern Approach," *Intell. Syst. Ref. Libr.*, 2011, doi: 10.1007/978-3-642-21004-4.