

Artikel Penelitian (Teknik Elektro)

Prediksi Kematangan Tomat Menggunakan Sensor Warna dengan Metode KNN (K-Nearest Neighbor)

Ibsen Galih Romagusta *, Elta Sonalitha, Subairi

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang, Malang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 29 Juli 2024
Revisi Akhir: 07 Agustus 2024
Diterbitkan Online: 09 Agustus 2024

KATA KUNCI

Buah Tomat
Esp32
Sensor Warna TCS3200
K-Nearest Neighbor

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 821-8252-6164
E-mail: ig.romagusta@gmail.com

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat prediksi tingkat kematangan tomat berdasarkan tingkat kematangan yaitu mentah, setengah matang, dan matang dengan menggunakan metode KNN (K-Nearest Neighbor) dengan tujuan awal mengembangkan alat pendeteksi kematangan buah untuk membantu daerah setempat khususnya para petani buah tomat. Dan yang melatar belakangi dibuatnya penelitian ini adalah buah memiliki tingkat kematangan dalam kurung waktu yang singkat. Sehingga dalam proses pengiriman keluar kota buah harus didalam keadaan mentah dan ketika sampai tujuan buah menjadi matang. Beberapa faktor yang mengakibatkan menurunnya kualitas dan kuantitas produksi dari lahan pertanian buah disebabkan memiliki sifat mudah rusak dan pembusukan awal pada buah tomat diakibatkan oleh infeksi jamur, mengakibatkan berair dan berbau busuk, sehingga dalam produksi dan pemasaran buah tomat yang merugikan pedagang dipasar regional maupun internasional

Pada penelitian ini menggunakan metode KNN yaitu sebuah metode untuk mencari tingkat kematangan buah tomat dengan sebuah algoritma untuk melakukan klasifikasi terhadap objek dengan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut dengan esp32 sebagai mikrokontroler, tcs3200 sebagai pembaca warna kulit buah tomat, dan lcd I2c 16x2 sebagai monitoring hasil pembacaan warna dan data.

Hasil penelitian terdiri dari beberapa data mulai dari data training dan data uji dari 10 tomat mentah, 10 percobaan tomat setengah matang, dan 10 matang. Implementasi metode KNN pada sistem pendeteksi kematangan buah tomat berdasarkan jarak terdekat dari data uji dan 30 data *training* dimana menghasilkan prediksi termasuk pada saat pengujiannya dengan tomat matang atau katagori 3 pada setiap pengujiannya dengan $K=1$, $K=5$, $K=9$.

PENDAHULUAN

Buah tomat adalah sayuran dari daerah subtropis dan tropis yang paling banyak menghasilkan setiap tahunnya berdasarkan hasil pertanian dan populasi manusia yang terus bertambah. Indonesia memiliki potensi besar sebagai penghasil buah tomat tropis yang mampu bersaing di pasar ekspor manca negara, namun hal tersebut harus didukung dengan kualitas dari sumber daya genetik buah-buahan lokal yang dihasilkan. Beberapa faktor yang mengakibatkan menurunnya kualitas dan kuantitas produksi dari lahan pertanian buah disebabkan memiliki sifat mudah rusak dan pembusukan awal pada buah tomat diakibatkan oleh infeksi jamur, mengakibatkan berair dan berbau busuk, sehingga dalam produksi dan pemasaran buah tomat yang merugikan pedagang dipasar regional maupun internasional [1]. Wilayah indonesia tergolong beriklim basah, sehingga berbagai jenis tumbuh-tumbuhan terutama buah-buahan dapat tumbuh dengan subur [2]. Masalah yang lain pada buah yaitu memiliki tingkat kematangan dalam kurung waktu yang singkat. Sehingga dalam proses pengiriman keluar kota buah harus didalam keadaan mentah dan ketika sampai tujuan buah menjadi matang.

Warna merupakan kesan yang ditangkap mata dari kulit buah siam/ keprok lokal dan impor. Terdapat empat level atribut

warna buah tomat lokal dan impor yaitu, warna hijau, warna hijau kekuningan, warna kuning kehijauan, dan warna oranye. Warna hijau sendiri adalah warna. Kulit buah tomat yang keseluruhan kulitnya berwarna hijau, warna hijau kekuningan adalah warna buah tomat yang kulitnya didominasi warna hijau dan sedikit kuning, warna kuning kehijauan adalah warna buah yang kulitnya didominasi warna kuning hampir oranye dan sedikit warna hijau, warna oranye adalah warna kulit buah yang keseluruhan kulitnya berwarna oranye [3].

Sehubungan dengan hal tersebut, peneliti alat pendeteksi buah yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kematangan buah tomat dengan menggunakan metode KNN. Alat pendeteksi ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk menjawab kebutuhan petani tomat, tidak hanya itu, akan tetapi juga diharapkan dapat mengantarkan barang yang digunakan asli secara lokal, selain itu usaha terakhir diharapkan untuk dikenang menjadi hak paten atau memiliki hak cipta, dalam penelitian ini mengembangkan alat pendeteksi kematangan buah untuk membantu daerah setempat khususnya para petani buah tomat. Pada ulasan ini, metode KNN terbukti dapat melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran (*neighbor*) yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Dekat atau jauhnya *neighbor* biasanya dihitung berdasarkan jarak *Euclidean*. diperlukan suatu sistem klasifikasi sebagai sebuah sistem yang mampu mencari informasi. Metode KNN dibagi menjadi dua fase, yaitu pembelajaran (*training*) dan klasifikasi atau pengujian (*testing*)[4]. Pada fase pembelajaran, algoritma ini berfungsi untuk mengetahui tingkat kematangan buah berdasarkan warna pada buah.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas landasan teori dari sistem yang akan dibangun. Landasan teori ini akan mencakup Sistem Kontrol, NodeMCU ESP32, Arduino Software IDE, Sensor Warna TCS3200, Modul I2C, LCD, Metode K-NN (K-Nearest Neighbor). Semua diskusi ini sangat membantu dalam hal dukungan sistem yang akan disertakan agar sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan bagian integral dari sistem kehidupan modern. Sistem kontrol memungkinkan sistem menjadi stabil, akurat dan tepat waktu. Dapat dirancang untuk mewujudkan kontrol otomatis. sistem Oleh karena itu harus ada sesuatu yang dikendalikan, yaitu sistem fisik, biasa disebut sebagai pengontrol.

NodeMCU ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul *WiFi* dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar di pasaran, hanya saja ESP32 lebih kompleks dibandingkan ESP8266, cocok untuk sobat dengan proyek yang besar.

Arduino Software IDE

Software IDE mewakili *Incorporated Improvement Climate*, atau hanya iklim terkoordinasi yang digunakan untuk kemajuan. Arduino memakai bahasa pemrograman sendiri yang terlihat layaknya bahasa C, bahasa pemrograman Arduino (*Sketsa*) diperbaharui sehingga lebih mudah untuk pemula dalam melakukan pemrograman pertama kalinya. *Arduino IDE (Coordinated Improvement Climate)* ialah pemrograman yang dipakai untuk memprogram Arduino, secara keseluruhan, *Arduino IDE* adalah mode untuk memprogram Arduino *IDE*.

Sensor Warna TCS3200

TCS3200 merupakan konverter yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi *silicon photodiode* dan konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS *monolithic* yang tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang kotak (*duty cycle 50%*) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (*irradiance*). Sensor warna TCS3200 bekerja dengan cara membaca nilai intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED *super bright* terhadap objek, pembacaan nilai intensitas cahaya tersebut dilakukan melalui matrik 8x8 photodiode, dimana 64 photodiode tersebut dibagi menjadi 4 kelompok pembaca warna, setiap warna yang disinari LED akan memantulkan sinar LED menuju photodiode, pantulan sinar tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda, tergantung pada warna objek yang terdeteksi TCS3200 konverter mengubah warna ke frekuensi dengan cara membaca sebuah *array 8x8* photodiode, dimana, 16 photodiode mempunyai penyaring warna biru, 16 photodiode mempunyai penyaring warna merah, 16 photodiode mempunyai penyaring warna hijau dan 16 photodiode untuk warna terang tanpa penyaring.

Modul I2C

Inter Integrated Circuit (I2C) merupakan standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. I2C/TWI LCD, adalah modul yang dipakai untuk mengurangi penggunaan kaki di LCD. Modul ini memiliki 4 pin yang akan dihubungkan ke Esp32. Esp32 uno sudah mendukung komunikasi I2C dengan module I2C lcd, maka dapat mengkontrol LCD Karakter 16x2 dan 20x4 hanya menggunakan 2 Pin yaitu Analog Input Pin 4 (SDA) dan Analog Input Pin 5 (SCL).

LCD

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik [8]. LCD merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan suatu ukuran besaran atau angka, sehingga dapat dilihat dan diketahui melalui tampilan layar kristalnya. Dimana penggunaan LCD dalam *logger* suhu ini menggunakan LCD dengan 16x2 karakter (2 baris 16 karakter). LCD 16x2 memiliki 16 nomor pin, dimana masing-masing pin memiliki tanda simbol dan juga fungsi-fungsinya. LCD 16x2 ini beroperasi pada *power supply* +5V, tetapi juga dapat beroperasi pada *power supply* +3V.

Metode K-NN

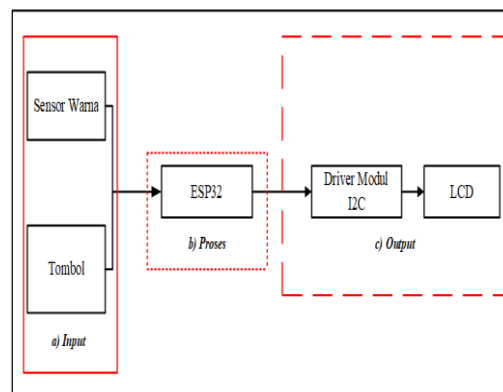
Klasifikasi KNN adalah metode non parametrik sederhana untuk klasifikasi. Terlepas dari kesederhanaan *algoritme*, kinerjanya sangat baik, dan merupakan metode tolok ukur yang penting. Klasifikasi KNN membutuhkan *metrik*

METODE PENELITIAN

Bagian ini akan menjelaskan strategi eksplorasi untuk interaksi rencana dan pemeriksaan informasi akhir untuk memutuskan kewajaran kerangka kerja dengan rencana yang telah dilakukan. Uji coba melalui tahapan pada setiap bagian yang dipakai berdasarkan perkembangan perangkat melalui kerangka kerja dengan dikoordinasikan setiap perangkat yang dipakai.

Blok Diagram

Dibutuhkan beberapa komponen elektronika dan *device* penunjang dalam perancangan perangkat keras atau *hardware* ini agar sistem dapat bekerja dan berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Maka dibuatlah blok dan alur kerja seperti pada gambar 1 di bawah ini.



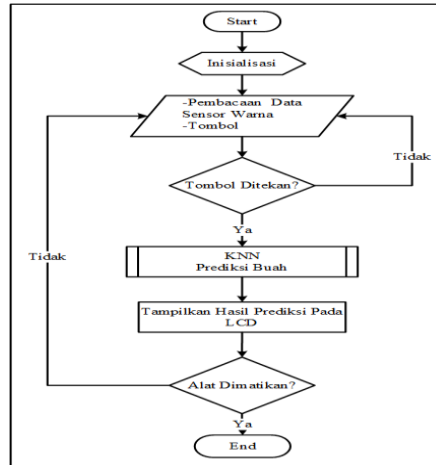
Gambar 1 Blok Diagram

Cara kerja setiap masing-masing blok diagram tersebut seperti berikut:

1. NodeMCU ESP32: Sebagai server dasar yang secara konstan memulihkan informasi dari mikrokontroler.
2. Sensor Warna: Perangkat yang membaca warna pada buah.
3. Tombol Saklar: Perangkat yang menghidupkan dan mematikan kerja alat yang telah diprogram.
4. Driver Modul I2C: Merupakan modul yang dipakai untuk mengurangi penggunaan kaki di LCD.
5. LCD: merupakan komponen yang berfungsi untuk menampilkan hasil yang telah diproses oleh *server* sehingga dapat dilihat dan diketahui melalui tampilan layar.

Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak berikut bertujuan mengontrol Esp32 yang diperoleh dari pembacaan sensor warna sehingga dapat membaca dengan teliti warna pada buah untuk menentukan kematangan buah. Tampilan *flowchart* seperti pada Gambar 2.

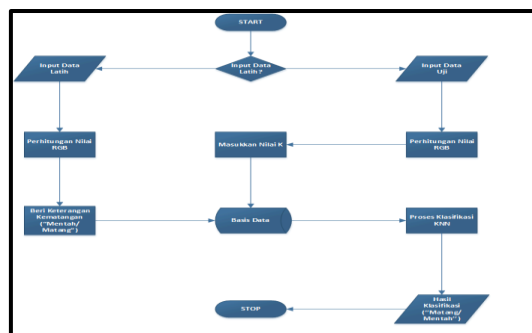


Gambar 2 *Flowchart System*

Pada gambar 2 *flowchart* diawali dengan inisialisasi, dilanjutkan dengan pengecekan sensor warna dan tombol agar dapat membaca nilai kematangan buah. Selanjutnya ketika tombol, jika ya maka lanjut ke metode prediksi K-NN dan jika tidak maka kembali ke pembacaan sensor warna dan tombol. Menampilkan hasil prediksi pada LCD. Saat alat dimatikan maka selesai dan jika belum dimatikan maka akan kembali ke pengecekan sensor warna.

Alasan menggunakan metode K-NN karena sangat mudah diterapkan dan dipahami, tetapi memiliki kelemahan utama yaitu menjadi sangat lambat seiring dengan bertambahnya ukuran data yang digunakan. Meskipun begitu, algoritma ini patut dipertimbangkan untuk dipelajari dan digunakan oleh pemula di bidang machine learning karena kesederhanaan dan kemudahannya. Demikianlah penjelasan mengenai algoritma K-Nearest Neighbor. Apabila tertarik mengenai artikel seputar algoritma machine learning seperti ini, sobat bisa memilih rubrik *Machine Learning* atau mengunjungi artikel sebelumnya mengenai algoritma *K-Means Clustering* yang juga menarik untuk dibaca.

Pada gambar 3 adalah tampilan *flowchart* dari metode K-NN.



Gambar 3. *Flowchart Metode K-NN*

Pada 3 *flowchart* diawali dengan start, kemudian dilanjutkan dengan input data latih, setelah itu akan masuk ke fase input data uji dan diteruskan mencari perhitungan nilai RGB, ketika nilai RGB dari kanan ditemukan maka akan dimasukkan nilai K, dan jika nilai RGB dari kiri sudah maka akan diberikan keterangan kematangan “Matang atau Mentah”, jika kedua RGB ditemukan maka akan diteruskan kebasis data lalu ke proses klasifikasi, kemudian muncul nilai klasifikasi “Matang atau Mentah”

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan dan pembuatan alat selesai, pada bab ini akan berisi tentang pengujian sistem pada alat yang di rangkai sesuai dengan perancangan pada bab sebelumnya untuk mengetahui apakah alat berjalan sesuai yang direncanakan.

Pengujian Output NodeMCU ESP32

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa system NodeMCU dapat berfungsi sebagai output maupun input (I/O). Pada pengujian ini hanya menggunakan LED yang berada di ESP32 yang dibikin supaya 2 detik hidup dan 2 detik mati.

Listing program untuk pengujian mikrokontroler NodeMCU output diketik menggunakan software Arduino IDE.



Gambar 4. Pengujian NodeMCU sebagai Output Indikator LED Nyala



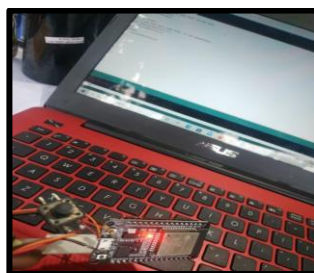
Gambar 5. Pengujian NodeMCU sebagai Output Indikator LED Mati

Pengujian Input ESP32

Pada pengujian ini membutuhkan push button yang digunakan sebagai indikator input. Untuk mengujinya maka hal pertama yang harus dilakukan adalah merangkai rangkaian push button pada pin D15 dan indikator led sebagai output pada pin D2. Pada kondisi push button tidak ditekan maka rangkaian mengeluarkan logika low dan jika ditekan akan mengeluarkan logika high.



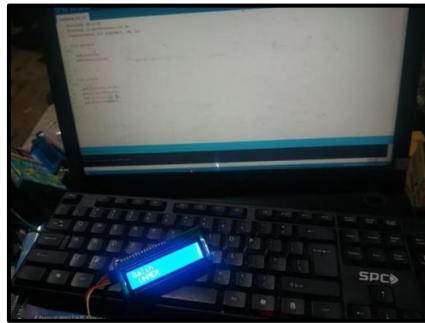
Gambar 6. Pengujian NodeMCU sebagai Input Indikator LED Nyala



Gambar 7. Pengujian NodeMCU sebagai Input Indikator LED Mati

Pengujian LCD I2C

Pengujian LCD dilakukan dengan menggabungkan LCD 16x2 dengan ESP32. pin GND pada LCD disambungkan ke pin GND pada ESP32, dilanjut dengan menggabungkan kaki VCC pada LCD ke pin VIN pada ESP32, dilanjut menggabungkan pin SDA pada LCD ke pin D4 pada ESP32, lalu yang terakhir menggabungkan pin SCL pada LCD ke pin D5 pada ESP32.



Gambar 8 Hasil Pengujian LCD I2C

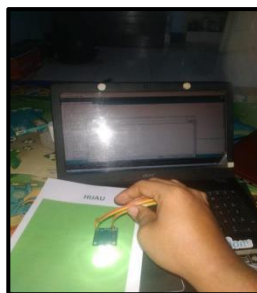
Pengujian Sensor Warna TCS3200

Pengujian sensor warna TCS3200 dilakukan dengan menggabungkan sensor warna TCS3200 dengan ESP32 sebagai pengolah sinyal dengan memasukkan coding tertentu. Untuk mengetahui sensor warna TCS3200 berfungsi membaca warna diperlukan kertas warna untuk pembacaan warnanya.

Langkah pertama pin GND pada sensor TCS3200 digabungkan ke pin GND pada ESP32, dilanjutkan dengan menggabungkan pin VCC pada sensor TCS3200 ke pin 3v3 pada ESP32, setelah itu adalah pin S0 pada sensor TCS3200 ke pin D21 pada ESP32, dilanjutkan pin S1 pada sensor TCS3200 digabungkan ke pin D22 pada ESP32, dilanjutkan pin S2 pada sensor TCS3200 digabungkan ke pin D25 pada ESP32, dilanjutkan lagi menggabungkan pin S3 pada sensor TCS3200 ke pin D26 pada ESP32, dan yang terakhir adalah menggabungkan pin OUT pada sensor TCS3200 ke pin D27 pada ESP32.



Gambar 9 Pembacaan Kertas Warna Merah



Gambar 10 Pembacaan Kertas Warna Hijau



Gambar 11 Pembacaan Kertas Warna Biru



Gambar 12 Pembacaan Kertas Warna Putih

Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian keseluruhan alat yaitu dengan menggabungkan keseluruhan perangkat keras meliputi ESP32, LCD, dan sensor TCS3200. Setelah perangkat keseluruhan digabung selanjutnya kita gabungkan juga coding LCD dan juga sensor warna TCS3200. Gambar penggabungan alat dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 13. Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Penggabungan dimulai dengan menggabungkan pin LCD ke pin ESP32 yaitu menggabungkan pin SDA pada LCD ke pin D4 pada ESP32, lalu yang terakhir menggabungkan pin SCL pada LCD ke pin D5 pada ESP32.

Setelah pin LCD digabung ke pin ESP32 selanjutnya adalah penggabungan pin pada sensor TCS3200 ke pin ESP32, yaitu pin S0 pada sensor TCS3200 ke pin D21 pada ESP32, dilanjutkan pin S1 pada sensor TCS3200 digabungkan ke pin D22 pada ESP32, dilanjutkan pin S2 pada sensor TCS3200 digabungkan ke pin D25 pada ESP32, dilanjutkan lagi menggabungkan pin S3 pada sensor TCS3200 ke pin D26 pada ESP32, dan yang terakhir adalah menggabungkan pin OUT pada sensor TCS3200 ke pin D27 pada ESP32.

Metode K-NN (K-Nearest Neighbor)

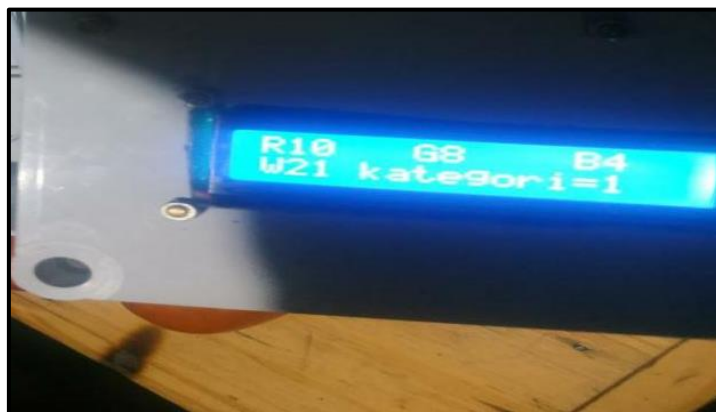
K-nearest neighbor atau KNN adalah algoritma yang berfungsi untuk melakukan klasifikasi suatu data berdasarkan data pembelajaran (*train data sets*), yang diambil dari k tetangga terdekatnya (*nearest neighbor*). Dengan k merupakan banyaknya tetangga terdekat. Pada metode knn ini ada pula rumus untuk klasifikasi diawali dengan menghitung distance dengan rumus *Eucliden Distance*.

$$\text{Distance} = \sqrt{(a_t - a)^2 + (b_t - b)^2 + (c_t - c)^2 + (d_t - d)^2}$$

Tabel 1. Data Hasil Klasifikasi Tomat Mentah Menggunakan Metode KNN

NO	R	G	B	W	Katagori	Distance	K=1	K=5	K = 9
1	15	11	7	28	1	9.591663			1
2	15	11	7	30	1	11.13553			
3	13	10	6	25	1	5.744563	1	1	1
4	14	11	7	28	1	9.110434			1
5	13	10	6	26	1	6.480741		1	1

6	15	11	7	30	1	11.13553		
7	13	10	6	26	1	6.480741	1	1
8	14	10	6	27	1	7.745967		1
9	14	10	7	29	1	9.643651		
10	13	10	5	26	1	6.244998	1	1
11	19	10	6	31	2	13.74773		
12	15	5	5	20	2	6	2	2
13	17	7	6	25	2	8.3666		2



Gambar 14. Implementasi Metode KNN pada System

Tabel 2. Data Hasil Klasifikasi Tomat Setengah Matang Menggunakan Metode KNN

NO	R	G	B	W	Katagori	Distance	K=1	K=5	K = 9
1	15	11	7	28	1	14.21267			
2	15	11	7	30	1	15.81139			
3	13	10	6	25	1	10.63015		1	1
4	14	11	7	28	1	13.96424			
5	13	10	6	26	1	11.40175		1	1
6	15	11	7	30	1	15.81139			
7	13	10	6	26	1	11.40175		1	1
8	14	10	6	27	1	12.40967			1
9	14	10	7	29	1	14.31782			
10	13	10	5	26	1	11.18034		1	1
11	19	10	6	31	2	17.46425			
12	15	5	5	20	2	5.477226	2	2	2
13	17	7	6	25	2	10.86278		2	2
14	19	8	6	28	2	14.49138			
15	19	7	6	27	2	13.49074			
16	20	8	7	29	2	16.03122			
17	19	8	6	27	2	13.74773			
18	20	9	8	31	2	18.08314			
19	18	8	6	26	2	12.4499			2
20	21	8	8	29	2	16.88194			
21	20	7	7	22	3	11.44552			3



Gambar 15. Implementasi Metode KNN pada System

Tabel 3. Data Hasil Klasifikasi Tomat Matang Menggunakan Metode KNN

R	G	B	W	Katagori	Distance	K=1	K=5	K = 9
20	9	8	31	2	7.071068		2	2
18	8	6	26	2	12.16553			
21	8	8	29	2	8.3666			
20	7	7	22	3	15.29706			
27	11	10	37	3	6.403124	3	3	3
27	10	10	33	3	7.071068		3	3
25	10	10	31	3	7.615773			3
26	10	10	33	3	6.557439		3	3
27	11	11	34	3	7.549834			3
27	10	10	33	3	7.071068		3	3
25	10	10	32	3	6.855655		3	3
28	11	11	35	3	7.81025			3
27	11	11	33	3	8			
23	7	7	37	?				



Gambar 16. implementasi metode KNN pada system.

Tabel 4. *Confuse Matrik* Dapat Dilihat

	Mentah	Setengah Matang	Matang
Mentah	12	9	0
Setengah Matang	3	6	2
Matang	0	1	14

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian dan analisis maka di tarik beberapa kesimpulan antara lain: Sistem kontrol pada alat menggunakan Esp32 dan pendeteksian kematangan buah tomat berdasarkan pembacaan sensor warna TCS3200 dengan nilai merah, biru, hijau, dan putih. Implementasi metode KNN pada sistem pendeteksi kematangan buah tomat berdasarkan jarak terdekat dari data uji dan 30 data *training* dimana menghasilkan prediksi termasuk pada saat pengujiannya dengan tomat matang atau katagori 3 pada setiap pengujiannya dengan $K=1$, $K=5$, $K=9$. Hasil prediksi ditampilkan pada LCD 16x2 beserta nilai merah, hijau, biru, dan putih dengan prediksi kematangan menggunakan 3 tingkat kematangan buah. Kategori 1 untuk mentah, kategori 2 untuk setengah matang dan kategori 3 untuk matang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dian Jayanti, Hermawati. (2011). Pengendalian Mutu Proses Pembuatan Minyak Atsiri Daun Cengkeh (Clove Leaf Oil). UNS-F. Pertanian Prog. D III Teknologi Hasil Pertanian-H.3108011-2011,1-2
- [2] Gst, Ngrh Ag, Paranatha, Ni Made, Wartini, Ida, Bagus Wayan, Gunam. (2013) KARAKTERISTIK MINYAK ATSIRI BUNGA KAMBOJA CENDANA (*Plumeria alba*) PADA PERLAKUAN LAMA PROSES DISTILASI. Fakultas Teknologi Pertanian, UNUD.(1)1
- [3] M.T., S.Kom., Putri Sujana, Aprianti. (2017). Pengantar Sistem Kendali. Teknik Kendali – TK35301, 5-10
- [4] Bustaman, Sjahrul.(2011). POTENSI PENGEMBANGAN MINYAK DAUN CENGIH SEBAGAI KOMODITAS EKSPOR MALUKU. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Jalan Tentara Pelajar No 10, Bogor 16114
- [5] Refliansyah, “Aplikasi LCD Thin Film Transistor (TFT) Touchscreen Pada Rancang Bangun Pintu Rumah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560,” 2016
- [6] Eprints.polsri.ac.id. Arduino Uno. Diakses pada 5 Oktober 2022, dari <http://eprints.polsri.ac.id/4582/3/File%203%20-%20BAB%20II.pdf>
- [7] Sariati, Ni Kadek, Yuni Pratiwi, Ni Luh Ari, Liani, Kadek Delita. (2017). ISOLASI MINYAK ATSIRI BUNGA CENGKEH MENGGUNAKAN METODE DESTILASI UAP AIR.
- [8] Zenius.net. (2022, 27 Juni). Apa itu Destilasi – Pengertian, Alat, Proses, dan Contoh. Diakses pada 5 Oktober 2022, dari <https://www.zenius.net/blog/apa-itu-destilasi>
- [9] Trivusi.web.id. (2022, 9 Oktober). Penjelasan Lengkap Mengenai Logika Fuzzy (Fuzzy Logic). Diakses pada 6 Oktober 2022, dari <https://www.trivusi.web.id/2022/05/pengertian-fuzzy-logic.html>
- [10] Teknikelektronika.com. Pengertian Saklar Listrik dan Cara Kerjanya. Diakses pada 6 Oktober 2022, dari <https://teknikelektronika.com/pengertian-saklar-listrik-cara-kerjanya/>