

Klasifikasi Tingkat Kematangan Tomat Menggunakan Fuzzy Logic Berdasarkan Ekstraksi Citra Warna dan K-means Clustering

Zainatul Khasanah^{1*}
Risqillah Ayu Puspita S¹

AFILIASI :

- ¹⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Jember

ALAMAT:

Universitas Jember, Jalan Kalimantan Tegal Boto, Nomor 37, Jember, Jawa Timur 68121

KORESPONDENSI:

Zainatul Khasanah
211810201058@mail.unej.ac.id
+6287757155176

KATA KUNCI:

Fuzzy logic, Tingkat Kematangan, Lab, RGB, Tomat, K-means Clustering

JEI

<https://journal.unej.ac.id/JEI>
jei@unej.ac.id
FMIPA UNIVERSITAS JEMBER
ISSN:3032 3398

ABSTRAK:

Penelitian ini mengkaji penerapan fuzzy logic untuk mengidentifikasi tingkat kematangan tomat berdasarkan warna kulit. Pematangan tomat merupakan faktor krusial yang memengaruhi kualitas dan nilai jual produk. Identifikasi manual tingkat kematangan sering kali rawan kesalahan dan inkonsistensi. Dalam penelitian ini, metode fuzzy logic digunakan untuk mengatasi masalah tersebut melalui ekstraksi citra menggunakan metode K-means clustering di ruang warna Lab. Setelah proses ekstraksi, citra dikonversi kembali ke ruang warna RGB. Gambar tomat diperoleh dengan menggunakan wadah mika untuk mengontrol intensitas cahaya, kemudian diproses menggunakan morfologi dan deteksi tepi canny untuk isolasi objek. Nilai RGB dari tomat yang telah diisolasi dimasukkan ke dalam sistem fuzzy logic untuk diklasifikasikan menjadi enam tingkat kematangan: unripe, breaker, turning, pink, light red, dan red. Hasil menunjukkan bahwa sistem fuzzy logic memiliki akurasi sebesar 96,59% pada data latih dan 88,24% pada data uji. Penelitian ini juga menemukan bahwa intensitas cahaya memengaruhi nilai RGB, yang berdampak pada hasil klasifikasi. Solusi yang diusulkan untuk meningkatkan akurasi adalah dengan menggunakan histogram equalization untuk menormalisasi citra. Penelitian ini menawarkan solusi yang lebih akurat dan konsisten dalam identifikasi tingkat kematangan tomat, yang berpotensi meningkatkan efisiensi penanganan dan distribusi.

PENDAHULUAN

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan sering dikonsumsi oleh masyarakat [1]. Tomat tidak hanya digunakan sebagai bahan makanan, tetapi juga memiliki manfaat kesehatan yang signifikan karena kandungan vitamin, mineral, dan antioksidannya [2]. Proses pematangan tomat adalah salah satu faktor kunci yang menentukan kualitas dan nilai jual dari tomat itu sendiri. Identifikasi tingkat kematangan tomat secara akurat menjadi penting untuk memastikan kualitas produk yang baik dari tahap pascapanen hingga sampai ke konsumen.

Tingkat kematangan tomat biasanya diidentifikasi berdasarkan perubahan warna kulitnya. Warna kulit tomat mengalami perubahan dari hijau, kuning, hingga merah seiring dengan proses pematangannya. Identifikasi ini sering kali dilakukan secara manual oleh tenaga kerja manusia, yang rentan terhadap kesalahan dan inkonsistensi [3] [4]. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang lebih akurat dan konsisten untuk mengidentifikasi tingkat kematangan tomat.

Fuzzy logic merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah identifikasi tingkat kematangan tomat. *Fuzzy logic* adalah metode komputasi yang meniru cara berpikir manusia dalam menangani data yang tidak pasti dan samar [5]. Dengan *fuzzy logic*, berbagai tingkat kematangan tomat dapat didefinisikan dalam bentuk himpunan fuzzy, yang memungkinkan identifikasi tingkat kematangan yang lebih fleksibel dan adaptif dibandingkan metode konvensional.

Penelitian ini akan membahas bagaimana *fuzzy logic* dapat diterapkan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan tomat berdasarkan warna kulitnya. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih akurat dan konsisten dalam proses identifikasi tingkat kematangan tomat, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam penanganan dan distribusi tomat.

Artikel ini dimulai dengan peninjauan literatur terkait proses pematangan tomat dan metode identifikasi tingkat kematangan yang ada [6]. Selanjutnya, dijelaskan konsep dasar dan penerapan *fuzzy logic* dalam identifikasi tingkat kematangan tomat. Artikel ini juga akan mempresentasikan hasil eksperimen yang menunjukkan efektivitas metode *fuzzy logic* dalam identifikasi tingkat kematangan tomat. Beberapa hal yang membedakan dari artikel ini dengan artikel pada penelitian sebelumnya yaitu terletak pada penggunaan metode ekstraksi dalam mendeteksi tepi dan nilai RGB yang diinputkan. Artikel ini menggunakan metode *canny* dengan *threshold otsu*, sedangkan artikel sebelumnya menggunakan metode *otsu*. Artikel ini menggunakan nilai rata-rata R-G, sedangkan artikel sebelumnya menggunakan nilai R-G secara langsung tanpa dirata-ratakan terlebih dahulu.

METODE

Metode klasifikasi yang digunakan dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan tomat pada penelitian ini menggunakan *Fuzzy logic* dengan ekstraksi gambar menggunakan ruang warna L^*a^*b dan metode *K-mean clustering*. Pemilihan ruang warna L^*a^*b ini dilakukan karena ruang warna ini sangat cocok digunakan pada metode *K-mean clustering*. Ekstraksi gambar digunakan untuk mengisolasi objek (tomat) dari latar belakang. Hasil isolasi gambar menggunakan *K-mean clustering* kemudian dilakukan morfologi untuk menghilangkan noise dan mengembalikan bagian kecil dari tomat yang hilang (berlubang). Setelah dilakukan morfologi kemudian dilakukan deteksi tepi menggunakan *canny* dengan *threshold otsu* untuk mempermudah dalam pemisahan masing-masing tomat. Pemisahan satu dengan tomat yang lain dalam satu gambar menggunakan metode *Bounding Box*, kemudian diambil nilai RGB pada masing-masing tomat untuk dijadikan sebagai *input* (Rata-rata R-G) pada sistem *Fuzzy logic*. Sistem *Fuzzy logic* akan

mengkalsifikasi kematangan tomat menjadi 6 tingkat yaitu *unripe*, *breaker*, *turning*, *pink*, *light red* dan *red*.

Gambar yang digunakan pada penelitian ini digambar menggunakan *Handphone*, wadah mika dan tomat. Wadah mika digunakan sebagai tempat tomat yang dilubangi dibagian tengah atas sebagai lubang flash dan kamera (Gambar 1). Wadah ini dirancang sebagai media pengontrol untuk menghindari adanya cahaya luar yang masuk selain cahaya flash, sehingga intensitas cahaya dapat dikontrol.



Gambar 1. Pengambilan Gambar Tomat.

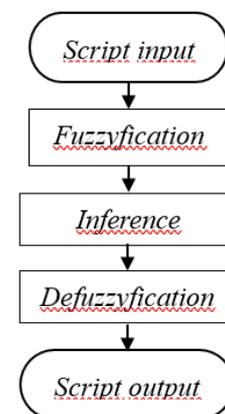
Desain Penelitian

Langkah awal sebelum pengklasifikasian, gambar tomat yang telah diambil (difoto) dilakukan segmentasi terlebih dahulu untuk mengisolasi objek (tomat), sehingga tomat dapat dipisahkan dari latar belakang. Metode pemisahan objek dan latar belakang yang digunakan adalah *K-means clustering* dengan membagi gambar menjadi 2 kelas (objek dan latar belakang). ruang warna yang digunakan untuk mengisolasi gambar yaitu ruang warna L^*a^*b , sehingga perlu dilakukan konversi dari RGB ke L^*a^*b . L menunjukkan kecerahan, a menunjukkan warna hijau hingga merah dan b menunjukkan warna biru hingga kuning. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan *K-means clustering* kemudian ditentukan region terkecil untuk dilakukan morfologi dengan menghilangkan noise diluar objek, citra dihaluskan (menggunakan median filter), dan menutup bagian objek yang berlubang (hilang). Warna citra setelah dimorfologi

kemudian dikembalikan pada warna aslinya (dalam keadaan terisolasi).

Objek (tomat) pada citra terdiri dari beberapa tomat (lebih dari satu), sehingga perlu dilakukan deteksi tepi untuk memperoleh tomat yang dapat dipisahkan antar satu tomat dengan tomat yang lain. Metode yang digunakan untuk deteksi tepi adalah metode *canny* dengan *threshold otsu*. Metode *canny* memerlukan citra *grayscale*, sehingga warna *pixel* pada citra tomat perlu dikonversi dari RGB ke *grayscale*. Setelah dilakukan deteksi tepi, warna tomat dikembalikan pada warna semua yakni RGB. Teknik pemisahan tomat dalam satu citra menggunakan *Bounding Box*. Teknik *Bounding Box* memiliki kelemahan dalam pemisahan tomat yang saling menempel satu sama lain, sehingga bagian samping tomat lain yang berdempetan akan ikut terdeteksi (meskipun sedikit). Hal ini dapat mempengaruhi nilai RGB *pixel* tomat yang diambil, karena akan dianggap sebagai nilai RGB tomat tersebut, ditambah lagi nilai yang akan diinputkan pada *fuzzy logic* menggunakan nilai rata-rata dari R-G pada *pixel* yang terdeteksi. Nilai rata-rata R-G pada setiap tomat yang dihasilkan kemudian diinputkan pada sistem *Fuzzy logic* untuk diklasifikasi tingkat kematangannya.

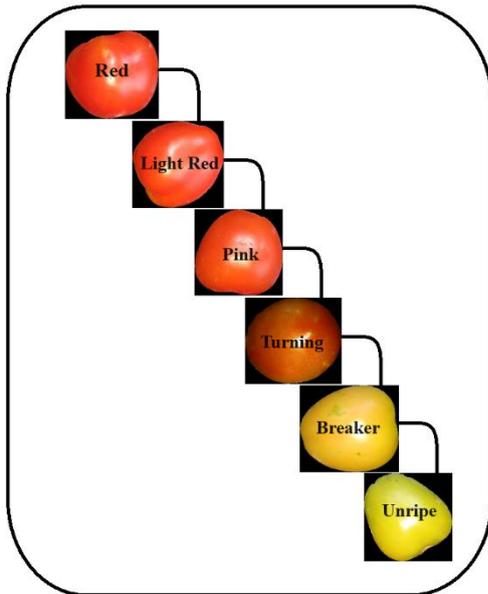
Sistem klasifikasi *Fuzzy logic* merupakan suatu sistem yang dapat digunakan dalam mengklasifikasian objek dengan nilai keabuan (0 hingga 1). Tahap-tahap dalam *Fuzzy logic* antara lain seperti pada Gambar 2 alir berikut:



Gambar 2. Tahap-tahap dalam *Fuzzy logic*.

Tabel 1. Tingkat Akurasi Sistem *Fuzzy logic*

Akurasi Sistem <i>Fuzzy logic</i>					
Jenis Data	Jumlah Data	Jumlah Tomat	Penebakan Benar	Penebakan Salah	Akurasi
Training	88	88	85	3	96,59
Testing	13	34	30	4	88,24



Gambar 4. Hasil Klasifikasi Tingkat Kematangan Tomat.

Hasil klasifikasi kematangan menjadi 6 tingkat kematangan (Gambar 1) pada penelitian ini, terdiri dari *unripe*, *breaker*, *turning*, *pink*, *light red*, dan *red*. Secara kasat mata penentuan kematangan pada tingkat kematangan *pink*, *light red*, dan *red* cukup membutuhkan ketelitian, karena ketiganya memiliki kemiripan sehingga lebih sulit ditentukan dibandingkan 3 tingkat kematangan yang lain (*unripe*, *breaker* dan *turning*). Tingkat akurasi dari sistem klasifikasi kematangan tomat menggunakan *fuzzy logic* mencapai 96,59% pada data *training* dan 88,24% pada data *testing* (Tabel 1).

Klasifikasi tingkat kematangan tomat menggunakan *Fuzzy logic* dapat membantu manusia dalam mengklasifikasikan kematangan tomat dengan benar dibandingkan menggunakan penebakan manusia yang sifatnya subjektif, memiliki perbedaan persepsi dan dapat mengalami

kelelahan yang menyebabkan tidak konsisten dalam melakukan penebakan terutama pada tingkat kematangan yang memiliki kemiripan warna. Perbedaan persepsi setiap orang merupakan hal yang sering terjadi, karena penebakan yang benar membutuhkan keahlian intuisi melalui pengalaman sebelumnya. Keahlian dalam penebakan tidak cukup menjadi solusi dalam pengklasifikasian kematangan buah, karena membutuhkan waktu yang cukup lama dibandingkan menggunakan sistem klasifikasi otomatis seperti alat sortir yang merupakan bagian dari pengembangan machine learning seperti *Fuzzy logic*. Klasifikasi kematangan yang dirancang pada sistem ini terdiri dari 6 kematangan yaitu *unripe*, *breaker*, *turning*, *pink*, *light red* dan *red*.

Metode ekstraksi gambar pada penelitian ini memiliki kinerja yang kurang optimal dalam mengisolasi tomat hijau jika bersanding dengan tomat lain dalam satu gambar yang memiliki warna lebih dominan red, sedangkan jika pada gambar hanya terdiri dari satu tomat hijau, metode ekstraksi gambar pada penelitian ini dapat bekerja dengan optimal. Hal ini dapat terjadi karena tomat hijau dianggap sebagai daun (karena memiliki kesamaan warna), dibandingkan dengan tomat disekitarnya yang memiliki warna dominan red. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Goel dan Sehgal pada tahun 2015 [6].

Hasil yang diperoleh (Tabel 1) menunjukkan sistem *Fuzzy logic* yang dirancang bekerja cukup baik, dengan akurasi pada data *training* sebesar 96,59% dan akurasi pada data *testing* sebesar 88,24%. Sistem *Fuzzy logic* dapat menebak dengan benar sebanyak 85 dan menebak dengan salah

sebanyak 3 pada data *training* yang berjumlah 88 tomat, sedangkan pada data testing yang berjumlah 34 tomat, penebakan benar sebanyak 30 tomat, dan penebakan salah sebanyak 4 tomat. Berdasarkan hasil analisis dari nilai akurasi yang diperoleh dapat diketahui bahwa nilai RGB sangat sensitif terhadap intensitas cahaya luar, semakin tinggi intensitas cahaya luar maka semakin tinggi juga nilai RGB yang diperoleh, begitu juga sebaliknya. Terdapat beberapa penebakan salah dalam penelitian ini disebabkan karena gambar yang diklasifikasikan memiliki intensitas cahaya yang lebih rendah dibandingkan gambar yang lain, sehingga nilai rata-rata R-G yang diperoleh juga semakin kecil dan mempengaruhi hasil penebakan.

Solusi untuk mengatasi permasalahan ini dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya dengan menormalisasi gambar menggunakan histogram *equalization*. Histogram *equalization* merupakan salah satu teknik normalisasi gambar dengan cara meningkatkan kontras gambar. Metode ini dapat mendistribusikan nilai intensitas *pixel* dalam gambar menjadi lebih merata, sehingga dapat memperbaiki kualitas visual gambar yang memiliki kontras rendah akibat pengaruh intensitas cahaya luar rendah. Oleh karena metode ini dapat menormalisasi nilai intensitas *pixel* pada gambar, maka metode ini dapat bekerja optimal meskipun tanpa pengontrolan cahaya, dan dapat dilakukan dengan lebih sederhana dibandingkan menggunakan wadah mika dan flash *Handphone* sebagai media pengontrol cahaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi dapat disimpulkan bahwa sistem klasifikasi tingkat kematangan tomat dengan menggunakan *fuzzy logic* bekerja cukup baik, dengan tingkat akurasi pada masing-masing data *training* dan data testing sebesar 96,59% dan 88,24%. Nilai akurasi yang diperoleh dipengaruhi oleh penebakan benar dan penebakan salah pada sistem *fuzzy logic*,

dimana penebakan salah disebabkan perbedaan intensitas pada gambar. Intensitas gambar yang rendah dapat mempengaruhi nilai RGB yang dihasilkan sehingga dapat mempengaruhi penebakan pada sistem *fuzzy logic*. Solusi untuk mengatasi permasalahan ini dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya dengan menormalisasi gambar menggunakan histogram *equalization*, sehingga kualitas visual gambar dengan kontras rendah (akibat pengaruh intensitas cahaya luar rendah) dapat diperbaiki dengan teknik yang lebih sederhana.

DEKLARASI

Penulis menyatakan bahwa penelitian yang telah dilakukan merupakan hasil kerja dari tim penulis. Data gambar tomat yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diambil secara langsung oleh penulis. Semua aspek yang terdapat dalam penelitian ini tidak memiliki konflik kepentingan yang berpengaruh terhadap hasil penelitian. Penelitian ini juga tidak mengandung plagiarisme karena penulis menghormati hak cipta dan privasi semua pihak yang bersangkutan.

REFERENSI

1. Aprilisa, S. and Sukemi, S., 2020, February. Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan K-Nearest Neighbor. In *Annual Research Seminar (ARS)* (Vol. 5, No. 1, pp. 170-173).
2. Muhajirin, M., dan Ashari, A. Perancangan Sistem Pengukur Detak Jantung Menggunakan Arduino Dengan Tampilan Personal Computer. *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 2018; 8(1) : 31-41.
3. Noviyanto, A., 2009. Klasifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Metode Perbandingan Kadar Warna. *Yogyakarta: Universitas Gajah Mada*.

4. Meranda, A., N. Alfarizal, N. L. Husni, D.A. Pratama, Y. Irdyanti, dan A.S. Handayani. Perancangan Deteksi Suara Paru-Paru Berbasis DSP TMS320C6416T dan Module Wireless. *Jurnal Teknika*. 2020;14(2) : 175 – 184.
5. Anggriawan, M.A., Ichwan, M. and Utami, D.B., 2017. Pengenalan tingkat kematangan tomat berdasarkan citra warna pada studi kasus pembangunan sistem pemilihan otomatis. *Jurnal teknik informatika dan sistem informasi*, 3(3).
6. Sanjaya, S., 2022. Aplikasi Pengenalan Tingkat Kematangan Buah Tomat Menggunakan Fitur Warna Hsv Berbasis Android. *Jurnal Teknoinfo*, 16(1), pp.26-33.
7. Suryadi, A., Putri, M.V. and Febrianti, E.L., 2022. Pengolahan Citra Digital Dan Logika Fuzzy Dalam Identifikasi Tingkat Kematangan Buah. *Journal of Science and Social Research*, 5(2), pp.187-191.
8. Goel, N. and Sehgal, P., 2015. Fuzzy classification of pre-harvest tomatoes for ripeness estimation—An approach based on automatic rule learning using decision tree. *Applied Soft Computing*, 36, pp.45-56.