BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian-Penelitian Sebelumnya

Penelitian-Penelitian Sebelumnya bertujuan untuk perbandingan dan acuan. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagai berikut.

Penelitian Hasan Mubarok, Sylviana Murni, dan Mayanda Mega Santoni (2021), berjudul "*Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna*" menunjukan bahwa penggunaan metode KNN untuk klasifikasi tingkat kematangan buah tomat dengan akurasi tinggi 88% pada nilai k=7 dan jarak *Euclidean*[2]. Namun, penelitian ini terbatas pada tiga tingkat kematangan tanpa mempertimbangkan faktor cahaya, bayangan, dan hanya menggunakan satu parameter fitur warna. Perlu perhatian lebih lanjut terhadap faktor-faktor tambahan untuk meningkatkan generalitas hasil klasifikasi.

Penelitian Suastika Yulia Riska dan Puji Subekti (2016), berjudul "*Klasifikasi Level Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Multi-SVM*" Menunjukan bahwa penggunaan metode Multi *Support Vector Machine* (SVM) memiliki akurasi cukup tinggi (77,84%) dalam mengklasifikasikan level kematangan buah tomat berdasarkan fitur warna R, G, dan A*[6], Meskipun demikian, penelitian ini memiliki kekurangan, yakni memerlukan banyak data latih dan membutuhkan waktu komputasi yang lama.

Penelitian Suwanto Sanjaya (2019), berjudul "*Penerapan Learning Vector Quantization Pada Pengelompokan Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna Buah*" Menunjukan bahwa penggunaan metode *Learning Vector Quantization* Menggunakan data citra buah tomat dari empat sisi untuk setiap buahnya dan Menggunakan *K-Fold Cross Validation* untuk pelatihan dan

pengujian bobot optimal[7]. Penelitian ini memiliki kekurangan yakni Tidak mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mempengaruhi kematangan buah tomat seperti tekstur, bentuk, dan ukuran.

Penelitian Nurhikmah Arifin, Chairi Nur Insan, dan Muh. Rafli Rasyid (2023), berjudul "*Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat menggunakan Computer Vision untuk Smart Agriculture*" Menunjukan bahwa penggunaan metode Computer Vision untuk Smart Agriculture memiliki akurasi 100%[1], tetapi memiliki kekurangan yaitu hanya menggunakan 240 citra tomat terdiri dari 180 data latih dan 60 data uji, tidak mempertimbangkan faktor cahaya dan bayangan, dan tidak melakukan validasi dengan data lapangan.

2.2 Definisi Klasifikasi

Klasifikasi data adalah proses menemukan karakteristik yang sama pada sekumpulan objek dalam basis data dan kemudian membaginya ke dalam kelas-kelas yang berbeda menggunakan model klasifikasi yang telah ditetapkan. Tujuan klasifikasi adalah untuk menemukan model set pelatihan yang membedakan atribut ke dalam kategori atau kelas yang tepat. klasifikasi dapat dilakukan dengan banyak cara baik secara manual maupun dengan bantuan teknologi. Klasifikasi yang dilakukan secara manual adalah klasifikasi yang dilakukan oleh manusia tanpa adanya bantuan dari algoritma cerdas komputer. Sedangkan klasifikasi yang dilakukan dengan bantuan teknologi, memiliki beberapa algoritma[8], diantaranya *Naïve Bayes*, *K-Nearest Neighbors*, *Support Vector Machine*, *Decision Tree*, dan Fuzzy.

Salah satu pekerjaan yang paling penting adalah klasifikasi. Sebuah pengklasifikasi dibuat dari kumpulan data yang telah dilatih dengan kelas yang telah ditetapkan. Pengelompokan atribut ke dalam kelas yang sesuai dikenal sebagai klasifikasi. Vektor fitur pelatihan yang tersedia dan kelas-kelasnya diketahui digunakan untuk merancang pemilah. Pengenalan pola ini disebut sebagai pembelajaran terbimbing.

2.2.1 Jenis-Jenis Metode Klasifikasi

Seperti yang telah dinyatakan sejumlah klasifikasi teknik telah diusulkan dalam literatur. Terutama proses klasifikasi dibagi menjadi beberapa kategori yang berbeda, yang dinamakan sebagai keputusan berbasis mengklasifikasi Beberapa metode klasifikasi tersebut diantaranya[9]:

1. *Naïve Bayes*

   Naïve Bayes Classifier merupakan sebuah metode klasifikasi yang berakar pada teorema Bayes. Ciri utama dari *Naïve Bayes Classifier* ini adalah asumsi yang sangat kuat (naïf) akan independensi dari masing-masing kondisi / kejadian. Sebelum menjelaskan *Naïve Bayes Classifier* ini, akan dijelaskan terlebih dahulu Teorema Bayes yang menjadi dasar dari metode tersebut.

2. *K-Nearest Neighbors*

   Algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. KNN adalah algoritma *supervised learning*, di mana hasil dari query instance yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas kategori pada algoritma KNN, di mana kelas yang paling banyak muncul akan menjadi kelas hasil dari klasifikasi ini.

3. *Support Vector Machine*

   SVM merupakan teknik pembelajaran mesin yang beroperasi berdasarkan prinsip minimalisasi risiko struktural (SRM), yang bertujuan untuk menemukan hyperplane optimal yang memisahkan dua kelas dalam satu ruang input. *Support Vector Machines* (SVMs) pertama kali diperkenalkan oleh Vapnik pada tahun 1992 sebagai serangkaian konsep luar biasa yang harmonis di bidang pengenalan pola.Sebagai teknik pengenalan pola, SVM masih tergolong baru. Namun, evaluasi kemampuannya dalam berbagai aplikasi

menunjukkan bahwa ini adalah yang tercanggih di bidang pengenalan pola.

4. *Decision Tree*

   Decision tree merupakan metode klasifikasi yang sering dipakai untuk menyelesaikan masalah. *Decision tree* memiliki beberapa *node*, yaitu root node, internal node, dan leaf node. Prinsip entropi digunakan untuk menentukan atribut yang akan menjadi titik pemisah (split) pada pohon. Pada *decision tree*, setiap node internal membagi ruang ke dalam dua bagian atau lebih berdasarkan fungsi diskrit dari nilai atribut input.

5. Fuzzy

   Logika fuzzy adalah logika yang kabur atau mengandung unsur ketidakpastian. Perkembangan logika ini dimulai di Amerika Serikat pada tahun 1960. Saat ini logika fuzzy banyak digunakan di negara-negara maju khususnya Jepang. Logika fuzzy digunakan untuk mengontrol berbagai perangkat seperti AC dan mesin cuci. Logika ini cenderung lebih praktis digunakan karena sederhana, mudah dipahami, fleksibel, baik dan ekonomis.

2.2.2 Proses Klasifikasi

Proses klasifikasi data adalah proses untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa kelas atau kategori berdasarkan kriteria tertentu. Proses ini berguna untuk memudahkan analisis, interpretasi, dan pengambilan keputusan berdasarkan data. Proses klasifikasi data dapat dilakukan dengan berbagai metode. Peneliti akan menggunakan metode KNN dalam pengklasifikasian tingkat kematangan buah tomat.

2.3 Buah Tomat

Buah Tomat adalah buah yang dapat tumbuh dengan baik di dataran tinggi, dataran sedang, dan dataran rendah. Masyarakat banyak membudidayakan tanaman ini. Tanaman ini sangat disukai karena rasanya yang enak, sedikit asam, dan segar.

Tanaman tomat adalah tanaman musiman yang dapat ditanam sepanjang tahun dan berumur sekitar tiga hingga empat bulan. Tomat, yang termasuk dalam keluarga *Solanaceae* dan memiliki nama ilmiah *Lycopersicum Esculentum Mill*, memiliki banyak manfaat kesehatan, terutama bagi tubuh manusia. Tomat juga merupakan jenis hortikultura yang memiliki banyak manfaat. Itu dapat digunakan sebagai buah, sayuran, bumbu, minuman, penambah nafsu makan, kosmetik, pewarna makanan, dan obat[10].

Buah tomat adalah adalah buah sayur yang mengalami perubahan tingkat kematangan dalam waktu relatif singkat, sehingga dibutuhkan metode seleksi yang efektif agar buah tomat dapat dipanen pada tingkat kematangan yang tepat dan menghindari pembusukan. Biasanya, proses pemilihan kematangan tomat dilakukan dengan memperhatikan perubahan warna pada buah. Tingkat kematangan tomat dapat dibagi menjadi enam kategori berdasarkan warnanya, yaitu: *green* (100% hijau), *breakers* (kemerahan kurang dari 10%), *turning* (kemerahan antara 10%-30%), *pink* (kemerahan antara 30%-60%), *light red* (kemerahan antara 60% 90%), dan *red* (kemerahan lebih dari 90%). Oleh karena itu, warna buah sangat penting dalam proses pengklasifikasian buah tomat[2].

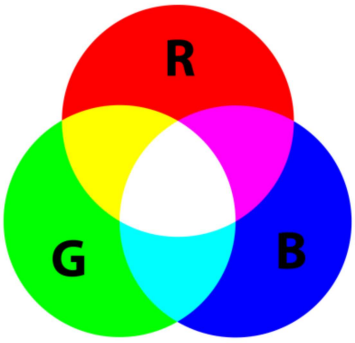
Tomat kaya akan nutrisi seperti alkaloid solanin, asam malat, asam sitrat, adenin, serta vitamin B1, B2, B6, C, dan E. Berbagai vitamin ini efektif dalam pengobatan penyakit seperti stomatitis, beri-beri, dan radang saraf.

Beberapa manfaat tomat antara lain: menjaga kesehatan mata, menyehatkan kulit, menurunkan tekanan darah, menyehatkan jantung, membantu kesehatan pencernaan, mencegah sembelit, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, mengurangi kerontokan rambut, mencegah hipertensi, mengobati luka supaya tidak infeksi, meningkatkan mood, meningkatkan fungsi otak, menjaga kekuatan sistem imun tubuh, menjaga kekuatan tulang, sendi dan otot, mengatasi kulit berminyak, mengatasi berbagai masalah kulit wajah seperti jerawat dan komedo, dan melembabkan serta mencerahkan kulit.

Tomat juga merupakan sumber penting vitamin A yang mendukung pertumbuhan, fungsi reproduksi, kesehatan penglihatan, dan sistem kekebalan tubuh. Vitamin C yang terdapat pada tomat membantu menjaga kesehatan gusi dan gigi Anda. Jus tomat utuh kaya akan vitamin dan mineral yang berperan penting dalam menjaga kesehatan tubuh[11].

2.4 Red Green Blue (RGB)

Red Green Blue (RGB) merupakan sebuah model warna yang terdiri dari tiga komponen warna utama yaitu merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue). Model warna RGB biasanya digunakan dalam tampilan elektronik seperti televisi, monitor komputer, dan kamera digital. Representasi warna RGB dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Saturasi Warna RGB

Setiap komponen warna dalam model RGB memiliki rentang nilai dari 0 hingga 255. Nilai 0 menunjukkan intensitas terendah (gelap) sedangkan nilai 255 menunjukkan intensitas tertinggi (terang). Kombinasi dari tiga komponen warna RGB dengan intensitas yang berbeda-beda dapat menghasilkan berbagai macam warna[12][13].

2.4.1 Kelebihan dan Kekurangan Model Warna RGB

Model warna RGB memiliki beberapa kelebihan, antara lain[13]:

1. Mudah dipahami dan diimplementasikan secara teknis
2. Sesuai dengan cara kerja sistem penglihatan manusia yang juga didasarkan pada tiga komponen warna utama.
3. Dapat merepresentasikan berbagai macam warna dengan kombinasi RGB yang berbeda-beda.

Namun, model warna RGB juga memiliki beberapa kekurangan antara lain[13]:

1. Tidak sesuai dengan persepsi warna manusia secara *intuitif*, karena manusia lebih mudah memahami warna berdasarkan atribut seperti *hue*, *saturation*, dan *brightness*
2. Rentan terhadap perubahan kondisi pencahayaan, sehingga warna yang dihasilkan dapat berbeda-beda tergantung pada sumber cahaya yang digunakan.
3. Tidak efisien dalam merepresentasikan warna-warna yang tidak terlalu jenuh (desaturated), karena membutuhkan kombinasi nilai RGB yang cukup kompleks.

2.5 Pengolahan Citra

Pengolahan Citra biasanya bertujuan untuk membuat gambar lebih mudah diinterpretasikan oleh manusia atau komputer. Pengolahan citra bertujuan mengubah citra menjadi citra baru, artinya masukannya berupa citra dan keluarannya juga berupa citra tetapi kualitasnya lebih baik dari citra masukan.

Citra digital pada umumnya menunjuk pada pemrosesan citra 2 dimensi menggunakan komputer. Dalam konteks lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan semua data dua dimensi. Citra digital adalah *array* atau larik yang berisi nilai-nilai riil dan kompleks yang diwakili dengan deretan bit tertentu. Salah satu alat yang dapat menghasilkan citra digital adalah sensor.

Pengolahan citra digital memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pengolahan citra analog, antara lain[14]:

1. Dapat memproses citra dengan lebih fleksibel dan beragam.
2. Dapat melakukan modifikasi dan manipulasi citra dengan mudah.
3. Dapat melakukan penyimpanan dan pengambilan kembali citra dengan mudah.
4. Dapat melakukan transmisi citra dengan cepat melalui jaringan komunikasi.

2.5.1 Jenis-jenis Citra Digital

Citra digital dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain[12]:

1. Citra Biner (Binary Image)
   Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai pixel yaitu hitam dan putih. Pixel-pixel objek bernilai 1 dan pixel-pixel latar belakang bernilai 0.
2. Citra Grayscale (Grayscale Image)
   Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pixelnya, dengan kata lain nilai bagian Red = Green = Blue. Nilai-nilai tersebut berada dalam rentang 0-255. Citra grayscale setiap pixelnya memiliki nilai intensitas yang sama.
3. Citra Warna (Color Image)
   Citra warna merupakan citra digital yang memiliki kombinasi warna Red, Green dan Blue (RGB) pada setiap pixelnya. Setiap komponen warna memiliki rentang nilai 0-255.

2.6 Pemrograman Python

Python diciptakan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1990, hanya sebagai hobi. Dia menjadikannya bahasa pemrograman yang digunakan

secara luas dalam industri dan pendidikan karena sederhana, ringkas, dan sintak sintuitifnya.

Python adalah salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat interpreter, interaktif, dan berorientasi objek yang dapat digunakan hampir di semua platform, seperti Mac, Linux, dan Windows. Sintaksnya yang jelas membuatnya mudah dipelajari dan dapat digunakan bersama dengan modul siap pakai. Selain itu, *Python* memiliki struktur data tingkat tinggi yang efisien[15][16].

2.6.1 OpenCV

OpenCV *(Open Computer Vision)* adalah sebuah perangkat lunak berbasis library yang bersifat *Open-source* yang difokuskan pada pengolahan citra digital. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan kemampuan kepada komputer dalam melakukan berbagai proses pengolahan visual yang serupa dengan cara yang dilakukan oleh manusia. Dengan demikian, OpenCV berperan sebagai alat untuk memungkinkan komputer untuk memahami, menganalisis, dan memanipulasi citra secara efisien.

Library ini telah menyajikan beragam algoritma dasar dalam bidang visi komputer, mulai dari deteksi wajah hingga pengenalan pola, yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti penglihatan mesin, pengolahan gambar medis, dan analisis video. Dengan keberadaannya, OpenCV menjadi fondasi yang kuat bagi pengembangan berbagai aplikasi yang memerlukan pemrosesan citra digital secara efektif dan efisien[16].

2.7 Confusion Matrix

Matriks konfusi atau *confusion*, juga dikenal sebagai matriks klasifikasi atau tabel kontingensi, adalah sumber utama untuk estimasi akurasi dalam klasifikasi. Matriks konfusi untuk masalah klasifikasi dua kelas ditunjukkan pada Gambar 2.2. Untuk dua alasan, memperkirakan keakuratan model klasifikasi (atau pengklasifikasi) yang dihasilkan oleh algoritma pembelajaran yang diawasi sangat

penting. Pertama, dapat digunakan untuk memperkirakan keakuratan prediksi masa depan, yang dapat menunjukkan bahwa orang harus memiliki tingkat kepercayaan yang cukup terhadap output dari classifier dalam sistem prediksi. Untuk alasan kedua, dapat digunakan untuk memilih pengklasifikasi dari set yang diberikan (mengidentifikasi model klasifikasi yang ada dalam set).

		Predicted Class	
		yes	**no**
Actual Class	**yes**	TP	FN
	no	FP	TN

Gambar 2.2 *Confusion Matrix*

- *True Positive* (TP), diartikan memprediksi positif dan benar.
- *True Negative* (TN), diartikan memprediksi negatif dan benar.
- *False Positive* (FP), diartikan memprediksi positif dan salah.
- *False Negative* (FN), diartikan memprediksi negatif dan salah.

Sebagai catatan nilai prediksi adalah *positive* dan *negative*, sedangkan nilai aktual adalah true dan false. Setelah hasil dari nilai matriks konfusi didapat, maka performa matriks dapat diukur dengan[17]:

1. *Accuracy*, menjelaskan keakuratan model dalam hal ini klasifikasi yang benar.

$$Accuracy = \frac{TP \ + \ TN}{TP + TN \ + \ FP \ + \ FN} \qquad (2\text{-}1)$$

2. *Precision*, menjelaskan akurasi antara data yang diminta dan hasil prediksi yang diberikan oleh model.

$$Precision = \frac{TP}{TP \ + \ FP} \qquad (2\text{-}2)$$

3. *Recall* atau S*ensitivity* (True Positive Rate), menjelaskan keberhasilan model dalam mendapatkan informasi.

$$Recall = \frac{TP}{TP\ +\ FN} \quad (2\text{-}3)$$

4. *F-1 Score*, menjelaskan perbandingan rata-rata bobot precision dan recall pada saat yang sama.

$$F - 1\ Score = \frac{2\ x\ recall\ x\ precision}{recall\ +precision} \quad (2\text{-}4)$$

2.8 K-Nearest Neighbor (KNN)

Algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) adalah metode dalam *supervised learning* yang menggunakan mayoritas label kelas dari tetangga terdekat untuk mengklasifikasikan *instance* baru. Tujuan utama algoritma ini adalah untuk mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atribut yang dimilikinya dan data latih yang telah ada. K-NN bekerja dengan mencari tetangga terdekat dari *instance query* menggunakan metode perhitungan jarak, seperti *Euclidean Distance*, untuk menentukan klasifikasinya. *Euclidean Distance* adalah metode umum yang digunakan untuk mengukur kedekatan antara dua objek dengan menghitung panjang garis lurus di antara keduanya dalam ruang atribut, berikut merupakan rumus formula *Euclidean*:

$$d(x,y)\ =\ \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{training}^{i} -\ y_{testing}^{i})^2} \quad (2\text{-}5)$$

Keterangan:

d(x,y) = jarak

$x_{training}^{i}$ = data latih

$y_{testing}^{i}$ = data uji

i = variabel data

n = dimensi data

Jika hasil nilai dari rumus diatas besar maka akan semakin jauh tingkat keserupaan antara kedua objek dan sebaliknya jika hasil nilainya semakin kecil maka akan semakin dekat tingkat keserupaan antar objek tersebut. Objek yang dimaksud adalah data training dan data testing. Dalam algoritma ini, nilai k yang terbaik itu tergantung pada jumlah data. Ukuran nilai k yang besar belum tentu menjadi nilai k yang terbaik begitupun juga sebaliknya. Langkah-langkah untuk menghitung algoritma K-NN[18]:

1) Menentukan nilai k.
2) Menghitung kuadrat jarak *euclidean* (query instance) masing-masing objek terhadap data training yang diberikan.
3) Kemudian mengurutkan objek-objek tersebut ke dalam kelompok yang mempunyai jarak euclid terkecil.
4) Mengumpulkan label class Y (klasifikasi Nearest Neighbor).
5) Dengan menggunakan kategori Nearest Neighbor yang paling mayoritas maka dapat diprediksikan nilai query instance yang telah dihitung.

2.9 Desktop

Desktop adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan tampilan utama pada sistem operasi komputer, di mana pengguna dapat mengakses dan mengelola file, folder, dan aplikasi yang terinstal pada komputer mereka. Desktop juga merupakan tempat di mana pengguna dapat menempatkan ikon, widget, dan shortcut untuk mengakses berbagai fitur dan program dengan cepat dan mudah.

Fungsi utama dari desktop adalah sebagai *Graphical User Interface* (GUI) yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem operasi komputer secara visual dan intuitif. Beberapa fungsi desktop meliputi[19]:

- Menampilkan ikon dan *shortcut*
- Mengelola file dan folder
- Menjalankan aplikasi
- Menampilkan informasi sistem

2.10 Unified Modelling Language (UML)

Unified Modeling Language (UML) adalah bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk menentukan, memvisualisasikan, membangun, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak. UML menyediakan cara standar untuk menulis cetak biru sistem, meliputi konsep bisnis, fungsi, dan objek. UML juga dapat digunakan untuk memodelkan berbagai jenis aplikasi yang berjalan pada perangkat keras, perangkat lunak, sistem operasi, dan jaringan apa pun

UML terdiri dari beberapa jenis diagram yang berbeda, yang masing-masing berfokus pada aspek tertentu dari sistem. Diagram-diagram ini meliputi[20]:

- Diagram Kelas (Class Diagram)
- Diagram Objek (Object Diagram)
- *Use Case Diagram*
- *Activity Diagram*