

SISTEM KLASIFIKASI KESIAPAN PANEN TANAMAN PAKCOY BERBASIS PENGOLAHAN CITRA KAMERA TUNGGAL MENGGUNAKAN METODE K - NEAREST NEIGHBOR

Pakcoy Maturity Classification System Based on Image Processing for Single Camera Image Using K – Nearest Neighbor

Mas Aly Afandi¹, Lisa Pangesti², Anggun Fitriani Isnawati³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. DI Panjaitan No.128, Purwokerto – Jawa Tengah, Indonesia
Telp. (0281) 641629, Fax. (0281) 641629
E-mail : aly@ittelkom-pwt.ac.id

(Makalah diterima, 19 Mei 2021 – Disetujui, 03 Desember 2021)

ABSTRAK

Sawi Pakcoy (*Brasica rapa L.*) merupakan salah satu tanaman jenis sawi-sawian yang diminati sebagai sayuran konsumsi di Indonesia. Pakcoy memiliki potensi yang tinggi untuk terus dibudidayakan di Indonesia karena waktu budidaya yang relatif cepat dan tidak membutuhkan biaya perawatan yang tinggi. Metode hidroponik adalah salah satu metode budidaya sawi Pakcoy yang lazim dilakukan di Indonesia. Dalam rangka mendorong percepatan implementasi smart farming di Indonesia, berbagai metode yang mendukung pertanian di Indonesia telah dikembangkan. Salah satu kajian teknologi yang dapat di implementasikan untuk mendorong perkembangan budidaya pakcoy adalah teknologi pengolahan citra. Pemanfaatan teknologi pengolahan citra di bidang pertanian dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tanaman yang telah siap panen dan belum. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pengolahan citra yang dapat di implementasikan dalam mengklasifikasi tanaman Pakcoy yang telah siap panen atau belum menggunakan penciri histogram dan pemilah K – Nearest Neighbor. Berdasarkan hasil data yang didapatkan, sistem mampu membedakan tanaman Pakcoy yang telah matang dan belum matang dengan tingkat akurasi sebesar 87,43%, tingkat presisi sebesar 87%, dan tingkat recall sebesar 86,13%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode pengolahan citra yang diajukan mampu memberikan hasil yang memuaskan. Teknologi ini dapat digunakan untuk menunjang otomatisasi dalam budidaya sawi Pakcoy dengan metode hidroponik dalam rangka implementasi smart farming di Indonesia.

Kata kunci: hidroponik, budidaya, *smart farming*, teknologi, histogram

ABSTRACT

Pakcoy (Brasica rapa L.) is a kind of mustard greens that is in demand as a vegetable for consumption in Indonesia. Pakcoy has a high potential to be cultivated in Indonesia because of the relatively fast cultivation time and does not require high maintenance costs. Hydroponic is one of the most common method for cultivating Pakcoy practiced in Indonesia. In order to accelerate the implementation of smart farming in Indonesia, various methods and technology that support agriculture in Indonesia have been developed. One of the technological studies that can be implemented to encourage the development of Pakcoy cultivation is image processing technology. Image processing technology in agriculture can be used to classify and identify plants that are ready for harvest and not. This research aims to create an image processing system that can be implemented in classifying and identifying Pakcoy plants that are ready for harvest or not using K – nearest Neighbor. Based on the results of the data obtained, the system was able to distinguish between ripe and immature Pakcoy plants with an accuracy rate of 87,43%, a precision level of 87%, and a recall rate of 86,13%. These results indicate that the proposed image processing method is capable of providing satisfactory results. This technology can be used to support automation in Pakcoy mustard cultivation using the hydroponic method in the context of implementing smart farming in Indonesia.

Key words: hydroponics, cultivating, *smart farming*, technology, histogram

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era revolusi industri 4.0 telah merambah ke berbagai sektor. Salah satu sektor yang mengalami perkembangan teknologi adalah sektor pertanian (Agarwal *et al.*, 2019). Perkembangan teknologi yang sangat cepat dan menuntut adanya adaptasi pada semua bidang pertanian terutama di negara Indonesia. Perkembangan teknologi pertanian yang cepat tersebut tidak lepas dari kebutuhan dasar manusia untuk makan. Beberapa makanan yang sehat seperti buah dan sayuran didapatkan dari proses pertanian. Penggunaan teknologi modern pada bidang pertanian dituntut untuk berkembang di berbagai proses budidaya tanaman seperti *urban farming*, *smart farming*, *farmlbot*, *vertical farming*, hidroponik, pertanian di gurun, pertanian di laut, dan modifikasi genetik.

Smart farming (Pertanian Cerdas) merupakan salah satu bentuk dari kemajuan dan pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang diterapkan pada bidang pertanian. *Smart farming* menerapkan teknologi seperti *big data*, *machine learning*, *Internet of Things* (IoT), *cloud computing* dan pengolahan citra (Sardal *et al.*, 2021). Penerapan teknologi *smart farming* dalam memanfaatkan teknologi IoT terlihat dalam penyederhanaan dan optimasi di banyak kegiatan pertanian (Farooq *et al.*, 2019). Sebagai contoh penerapan IoT untuk irigasi, penyiraman otomatis (Cruz *et al.*, 2017a; 2017b) dan otomatisasi dalam pemberian pupuk (Serikul *et al.*, 2018). Data yang diterima oleh perangkat IoT memiliki data yang cukup besar sehingga peran teknologi *big data* untuk mengolah data yang diterima dan merepresentasikan ke dalam sebuah informasi yang bermanfaat untuk proses budidaya. Proses representasi sehingga mendapatkan informasi dapat menggunakan konsep *machine learning*. Dalam proses pembelajaran pada *machine learning* membutuhkan sebuah konsep komputasi yang berjalan di *cloud* sehingga teknologi *cloud computing* dapat berperan untuk sektor pertanian. Pemanfaatan *smart farming* dapat membantu dalam mengelola pertanian agar lebih efisien, akurat, terkendali, dan optimal dalam melakukan budidaya tanaman baik itu buah dan sayur. Dengan penerapan teknologi, diharapkan sektor pertanian menjadi lebih baik. Salah satu teknologi yang mengalami kenaikan tren untuk dikembangkan dalam mendukung *smart farming* adalah pengolahan citra.

Pengolahan citra memiliki peranan penting dalam implementasi *smart farming* mulai dari proses semai hingga proses panen (Bhargava dan Bansal, 2021) (Sirisomboon, 2018). Beberapa implementasi pengolahan citra antara lain untuk meninjau kualitas tanah dan pupuk tanaman, mengenali penyakit pada tanaman,

menjadi penunjuk arah bagi robot pertanian dan lain sebagainya (Kaur *et al.*, 2018) (Duan *et al.*, 2020). Dari sekian banyak implementasi pengolahan citra di bidang pertanian salah satu tren yang menarik untuk dibahas adalah implementasi pengolahan citra untuk menentukan tingkat kesiapan panen untuk buah dan sayuran. Implementasi ini menuntut adanya pembelajaran pada data citra untuk mencirikan bagaimana suatu buah maupun sayur dikatakan telah siap dipanen baik dari tekstur warna, bentuk, maupun ukuran.

Dari sekian banyak varietas tanaman yang dikonsumsi di Indonesia, penelitian akan membahas penerapan pengolahan citra untuk proses budidaya tanaman Pakcoy (*Brasica rapa L.*). Sayur Pakcoy dipilih karena berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tanaman Pakcoy memiliki tingkat produktivitas sebesar 6,59 ton per hektar dengan tingkat produksi sebesar 1.503.446 ton (Badan Pusat Statistik, 2018). Hal ini tidak lepas dari jumlah permintaan Pakcoy untuk konsumsi di Indonesia yang tinggi dan proses budidayanya yang cepat. Meskipun Pakcoy tidak termasuk dalam komoditi ekspor, namun pertumbuhan produksi Pakcoy lebih tinggi dari tanaman kentang, bayam, dan kangkung. Metode budidaya Pakcoy yang cukup berhasil dan berpotensi untuk diterapkannya *smart farming* adalah budidaya dengan metode hidroponik. Proses penanaman hidroponik memungkinkan untuk diterapkannya teknologi IoT untuk otomatisasi sirkulasi air, otomatisasi pencampuran cairan nutrisi, dan otomatisasi untuk menjaga kadar pH dan kekeruhan air. Teknologi IoT untuk *smart farming* di hidroponik telah banyak dilakukan sehingga mendorong penerapan teknologi lain yang dapat meningkatkan efektivitas proses budidaya (Islam *et al.*, 2020) (Ahmed *et al.*, 2018). Teknologi lain yang terbukti dan telah banyak di implementasikan di banyak proses budidaya tanaman adalah teknologi pengolahan citra.

Penerapan teknologi pengolahan citra untuk mendukung pertanian telah banyak digunakan. Beberapa penelitian pengolahan citra digunakan memprediksi kematangan dari berbagai tanaman seperti tanaman obat (Mukherjee *et al.*, 2017). Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa pengolahan citra dapat diterapkan untuk memprediksi kematangan dengan tingkat akurasi yang baik. Penelitian lain dilakukan untuk mengukur kematangan buah Bayberry (Kai *et al.*, 2021). Penelitian menggunakan fitur morfologi dari buah Bayberry untuk menentukan kematangan buah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa fitur morfologi dapat digunakan untuk memprediksi kematangan buah. Penelitian lain tentang pengolahan citra juga dilakukan di tanaman Mustard (Mandal *et al.*, 2012). Penelitian menggunakan *metode harmony search*. Hasil dari penelitian menunjukkan algoritma yang digunakan dapat digunakan untuk mengukur kematangan tanaman Mustard. Dari

berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan potensi yang cukup besar dari penerapan pengolahan citra untuk mengukur tingkat kematangan komoditas pertanian. Salah satu komoditas pertanian yang dapat menggunakan pengolahan citra untuk memprediksi kematangan adalah tanaman Pakcoy.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknologi pengolahan citra dalam meningkatkan proses budidaya tanaman Pakcoy. Implementasi pengolahan citra dapat dilakukan untuk memantau dan mengklasifikasikan tanaman Pakcoy yang sudah siap panen dan belum siap. Penelitian ini menggunakan metode histogram sebagai pencari dan metode $K - Nearest Neighbor$ (K-NN) untuk mengklasifikasikan. Hal ini sangat bermanfaat khususnya untuk menentukan kapan tanaman dapat dipanen dengan tingkat pertumbuhan yang paling baik. Dengan mengetahui informasi tersebut, banyaknya produksi dan kesehatan tanaman dapat selalu dipantau sehingga proyeksi untuk produktivitas kebun Pakcoy dapat ditingkatkan.

BAHAN DAN METODE

Pengolahan Citra

Citra adalah sebuah fungsi intensitas cahaya 2 dimensi $f(x,y)$ dimana parameter x adalah posisi baris dan parameter y adalah posisi kolom, sedangkan f adalah intensitas warna dari citra pada koordinat yang ditentukan dari nilai x dan nilai y . Istilah citra sering disebut juga dengan citra digital atau gambar digital (*digital image*). Citra digital umum digunakan untuk menjelaskan sebuah citra atau gambar yang telah diubah sehingga citra tersebut dapat diproses dengan komputer. Pengolahan citra mengandung makna kegiatan untuk mengubah atau memanipulasi citra agar dapat digunakan untuk suatu tujuan tertentu. Setiap titik dalam citra mempunyai intensitas warna tergantung dari model warna yang digunakan. Pengolahan citra memungkinkan untuk mengubah atau memanipulasi titik-titik pixel pada citra agar dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Penelitian ini menggunakan konsep

pengolahan citra untuk memprediksi kesiapan panen tanaman Pakcoy.

Model warna adalah spesifikasi sistem koordinat dan subruang di dalam citra digital yang diwakili oleh satu titik. Beberapa model warna yang umum digunakan adalah Red, Green, dan Blue (RGB) untuk monitor warna dan kategori luas kamera video berwarna. Jenis model warna lain yang terdapat dalam pengolahan citra adalah model Cyan, Magenta, Yellow (CMY) dan Cyan, Magenta, Yellow, Black (CMYK). Model warna RGB merupakan model warna yang terdiri atas 3 warna primer yaitu merah, hijau, dan biru yang dikombinasikan untuk menghasilkan bermacam – macam warna. Masing – masing warna primer memiliki nilai sebesar 8-bit untuk tiap satuan tingkat intensitas. Dengan adalah intensitas dan kombinasi warna primer akan menghasilkan berbagai warna.

Tabel 1 menunjukkan mengenai rentang intensitas warna untuk menunjukkan komposisi di warna yang berbeda. Komposisi yang berbeda menghasilkan warna yang berbeda. Teori ini menjadi dasar yang digunakan pada penelitian ini untuk mencirikan sebuah citra Pakcoy yang diberikan telah siap untuk dipanen atau belum. Pakcoy yang siap panen akan memiliki dominan warna yang berbeda dengan yang belum siap panen.

Histogram merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menggambarkan statistik intensitas warna pada gambar dalam bentuk visual agar mudah ditafsirkan dalam bentuk format. Histogram dapat dimanfaatkan untuk membuat pencari dalam sebuah gambar. Secara umum, histogram adalah sebuah frekuensi dari distribusi piksel – piksel pada citra yang mendeskripsikan intensitas spesifik pada suatu citra. Citra dengan kanal lebih dari 1 dapat memiliki histogram untuk tiap – tiap kanalnya, sedangkan untuk citra 1 kanal (*grayscale*) memiliki 1 buah histogram. Sebuah histogram (h) secara umum mempunyai nilai intensitas dengan rentang $I_{(u,v)} \in [0, K-1]$ dimana nilai dari K adalah intensitas dari warna 8-bit citra yaitu $K= 2^8=256$. Sebuah histogram didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$h(i)=\text{card}\{(u,v) \mid I(u,v)=i\}^1 \quad (1)$$

Tabel 1. Intesitas Warna Skunder dan Primer

Warna	Rentang Warna <i>Red</i>	Rentang Warna <i>Green</i>	Rentang Warna <i>Blue</i>
Hijau	0 – 173	100 – 255	0 – 170
Biru	0 – 240	0 – 248	112 – 255
Merah	128 – 255	0 – 160	0 – 128
Kuning	75 – 225	102 – 255	0 – 50
Magenta	75 – 255	0 – 230	128 – 255
Cyan	0 – 224	128 – 255	20 – 255

Pada Persamaan (1) dimana $h(i)$ merupakan histogram yang tersusun oleh banyaknya piksel dan intensitas. Oleh karena itu, $h(0)$ adalah banyaknya piksel dengan nilai intensitas 0, $h(1)$ banyaknya piksel dengan nilai intensitas 1, dan seterusnya. Hingga akhirnya $h(255)$ adalah semua piksel putih dengan intensitas maksimum 255 atau sama dengan $K-1$. Hasil dari komputasi histogram adalah vektor satu dimensi h dengan panjang K .

K – Nearest Neighbor

Algoritma *K – Nearest Neighbor* merupakan sebuah metode untuk klasifikasi terhadap objek dengan mengelompokkan data berdasarkan jarak antar data dengan beberapa data yang lain atau tetangga (*neighbor*) terdekat. Data diproyeksikan keruang dengan dimensi banyak, dimana masing-masing dimensi merepresentasikan fitur atau penciri dari data yang diklasifikasikan. Ruang ini dibagi menjadi bagian-bagian berdasarkan klasifikasi data. Nilai K adalah sebuah konstanta yang menyatakan berapa banyak data memiliki kemiripan dengan tetangganya. Secara umum, nilai dari K yang tinggi akan berdampak pada pengurangan efek noise tetapi membuat batasan antar setiap klasifikasi menjadi lebih kabur. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur jarak kedekatan antar data dengan data lain adalah *Euclidean distance*, *Manhattan distance*, *Chebyshev distance*.

Euclidean distance merupakan salah satu metode untuk mengukur jarak antar data di dimensi banyak. *Euclidean distance* merupakan salah satu dari metode jarak yang digunakan untuk mengukur kemiripan fitur terhadap citra yang lain. Metode ini didapatkan dari representasi citra di dimensi banyak (*hyperspace*) sehingga memungkinkan untuk mengukur jarak kemiripan dua citra yang berbeda. Metode *Euclidean distance* dapat dipahami secara bertahap dengan menggambarkan vektor 2 dimensi yang merepresentasikan 2 citra yang berbeda. Kedua vektor ini direpresentasikan dalam diagram kartesian x dan y . Masing-masing dari vektor tersebut memiliki pada nilai pada bidang x dan y .

Gambar 1 memperlihatkan dengan jelas bahwa jarak dari kedua vektor tersebut didapatkan dengan menarik garis diagonal yang lurus dari 1 titik ke titik yang lainnya.

Penggambaran ini mirip dengan mencari resultan dari dua buah vektor. Metode *Euclidean distance* dapat direpresentasikan kedalam sebuah persamaan.

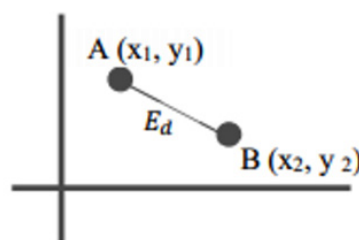
$$E_d = \sqrt{\sum_1^x \sum_1^y (A_{x,y} - B_{x,y})^2} \quad (2)$$

Persamaan (2) menunjukkan bahwa jarak dinyatakan dalam kemiripan antar fitur. Fitur direpresentasikan dalam x dan y . $A_{x,y}$ berarti fitur dari citra A yang ke x dan y yang kemudian di ukur kemiripan atau jaraknya dengan fitur dari citra B yang ke x dan y . Fitur pada citra A dibandingkan dengan fitur yang sama pada citra B . Penelitian ini menggunakan fitur histogram atau intensitas yang artinya intensitas di nilai x dan y yang sama akan diukur jarak dari citra masukan terhadap citra pada basis data.

Desain Sistem

Pembuatan Sistem klasifikasi pada penelitian ini memiliki beberapa langkah. Langkah pertama adalah mempersiapkan basis data untuk citra tanaman Pakcoy. Penelitian ini telah mengumpulkan basis data sebanyak 200 citra tanaman Pakcoy yang terdiri dari 100 citra tanaman Pakcoy yang telah siap panen dan 100 citra tanaman Pakcoy yang belum siap panen. Keseluruhan dari dataset tersebut akan diekstrak penciri histogramnya. Prediksi tingkat kematangan didasarkan pada nilai histogram tersebut.

Gambar 2 memberikan gambaran langkah awal yang dilakukan untuk mempersiapkan basis data. Basis data citra yang terdiri dari 100 citra Pakcoy siap panen dan 100 citra Pakcoy yang belum siap panen akan melalui proses *preprocessing*. *Preprocessing* terdiri dari penyeragaman dimensi dari citra yang digunakan. Citra pada basis data tanaman Pakcoy memiliki dimensi yang besar dengan ukuran 2842 x 4272 piksel. Ukuran tersebut sangat besar sehingga membutuhkan penyesuaian. Penyesuaian yang dilakukan pada tahap *preprocessing* adalah perubahan dimensi pada citra dengan tujuan menyederhanakan citra agar lebih cepat dalam mengklasifikasikan citra. Ukuran seluruh basis data akan diubah dari 2842 x 4272 piksel menjadi 231 x 265 piksel. Setelah penyesuaian dimensi citra langkah kedua adalah melakukan *processing*. Tahap



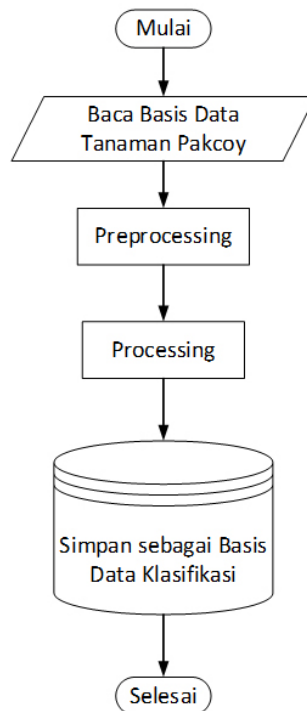
Gambar 1. Representasi *Euclidean Distance* di Ruang 2 Dimensi

(Mas Aly Afandi, Lisa Pangesti, Anggun Fitriani Isnawati)

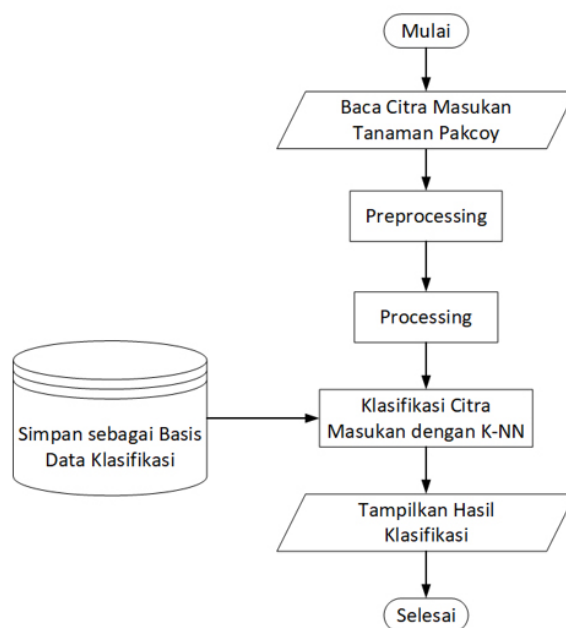
processing merupakan tahap perhitungan histogram pada masing-masing citra. Histogram yang dihitung adalah histogram yang berada pada kanal hijau untuk masing-masing citra. Hasil dari histogram tersebut kemudian akan diubah menjadi vektor baris sehingga membentuk basis data klasifikasi. Basis data klasifikasi merupakan kumpulan nilai histogram pada kanal hijau 8-bit. Basis data klasifikasi memiliki bentuk layaknya sebuah matriks dengan ukuran data 400 x 255. Nilai 400 merupakan

representasi dari seluruh citra yang dikumpulkan pada tahap awal dan 255 adalah nilai histogram pada kanal hijau dengan intensitas 8-bit.

Gambar 3. Menjelaskan bagaimana sistem secara keseluruhan bekerja. Setelah basis data klasifikasi didapatkan, sistem telah siap untuk mengklasifikasikan citra masukan. Citra masukan akan mengalami proses yang sama yaitu *preprocessing* untuk mengubah dimensi citra menjadi 231 x 265, kemudian *processing* untuk



Gambar 2. Diagram Alir Persiapan Basis Data Klasifikasi



Gambar 3. Diagram Sistem Klasifikasi

mendapatkan histogram dari kanal hijau, kemudian hasil histogram tersebut akan diukur kedekatan jaraknya menggunakan metode K-NN yang berbasis *Euclidean distance*. Apabila citra masukan memiliki nilai kedekatan yang tinggi dengan database klasifikasi siap panen, maka citra masukan akan diklasifikasikan sebagai citra Pakcoy yang siap panen. Apabila citra masukan memiliki nilai kedekatan yang tinggi dengan *database* klasifikasi belum siap panen, maka citra masukan akan diklasifikasikan sebagai citra Pakcoy yang belum siap panen.

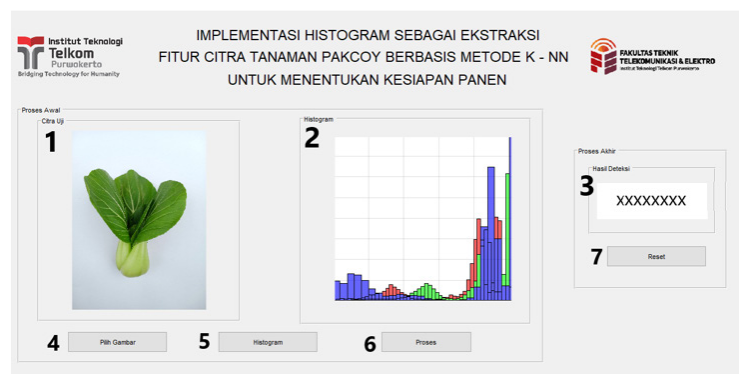
Dari desain sistem yang telah dijelaskan, kemudian dibuatlah sebuah *Graphical User Interface* (GUI) agar sistem perangkat lunak yang dibuat dapat menjadi sistem *standalone*. GUI yang dibuat menjalankan prinsip-prinsip sistem yang telah dijabarkan pada Gambar 3. GUI dapat bermanfaat untuk implementasi sistem ke penerapan *smart farming*. Dengan menggunakan GUI memungkinkan untuk para petani dapat melihat hasil dari prediksi yang dihasilkan oleh sistem.

Gambar 4 memberikan gambaran terkait GUI yang telah dibuat pada penelitian ini. Angka 1 menunjukkan gambar yang digunakan sebagai citra masukan. Angka 2 menunjukkan histogram yang telah didapatkan dari citra masukan. Angka 3 menunjukkan hasil dari klasifikasi apakah citra masukan siap panen atau belum siap panen. Angka 4 adalah tombol untuk memilih citra masukan. Angka 5 adalah tombol untuk membentuk histogram dari citra masukan. Angka 6 menunjukkan tombol yang

digunakan untuk proses klasifikasi dan melaksanakan prosedur klasifikasi dengan K-NN dan *Euclidean distance*. Angka 7 menunjukkan tombol yang digunakan untuk mereset sistem apabila ingin mengklasifikasikan dengan citra input lain.

Sistem ini kemudian digunakan untuk mengklasifikasi citra masukan sebanyak 200 citra untuk menguji keandalan sistem. Keandalan sistem diukur menggunakan *confusion matrix*.

Tabel 2 menggambarkan bagaimana data akan diuji keandalannya. Pada Tabel 2 terdapat *actual value* dan *predicted value* dimana *actual value* adalah informasi citra input yang telah diketahui statusnya apakah siap panen atau belum siap panen. *Predicted value* adalah hasil dari prediksi yang dikeluarkan oleh sistem pada penelitian ini. Apabila citra masukan dengan *actual value* adalah siap panen dan diprediksi siap panen, artinya *actual value* dan *predicted value* sama dalam membaca status siap panen maka nilai *True Positive* (TP) akan bertambah. Apabila *actual value* adalah tidak siap panen dan diprediksi oleh sistem belum siap panen maka artinya *actual value* dan *predicted value* sama dalam membaca status belum siap panen sehingga nilai *True Negative* (TN) akan bertambah. Apabila *actual value* adalah siap panen dan diprediksi oleh sistem belum siap panen maka artinya *actual value* dan *predicted value* berbeda dalam membaca status sehingga citra input yang seharusnya siap panen, salah dibaca oleh sistem sebagai citra yang



Gambar 4. Tampilan *Graphical User Interface* (GUI)

Tabel 2. Confusion Matrix

N = 200		Actual Values	
		Positive	Negative
Predicted Values	Positive	TP	TN
	Negative	FP	FN

(Mas Aly Afandi, Lisa Pangesti, Anggun Fitriani Isnawati)

belum siap panen. Pada kondisi ini nilai *False Positive* (FP) akan bertambah karena sistem salah membaca citra yang siap panen dikenali sebagai citra belum siap panen. Apabila *actual value* adalah belum siap panen dan diprediksi oleh sistem sebagai citra siap panen maka artinya *actual value* dan *predicted value* berbeda dalam membaca status sehingga citra input yang seharusnya belum siap panen, salah dibaca oleh sistem sebagai citra yang siap panen. Pada kondisi ini nilai *False Negative* (FN) akan bertambah karena sistem salah membaca citra yang belum siap panen dikenali sebagai citra yang siap panen. Dari hasil TN, TP, FP, dan FN akan diukur akurasi presisi dan *recall* menggunakan formula.

$$Presisi = \left(\frac{TP}{TP+FP} \right) \times 100 \% \quad (3)$$

$$Akurasi = \left(\frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \right) \times 100 \% \quad (4)$$

$$Recall = \left(\frac{TP}{TP+FN} \right) \times 100 \% \quad (5)$$

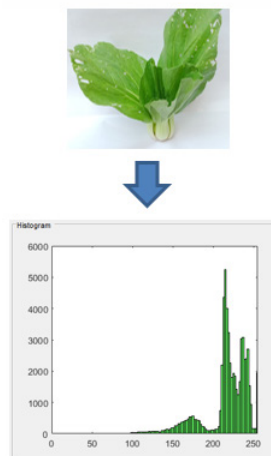
Dengan menggunakan Persamaan 3, 4, dan 5 dapat

diukur nilai presisi untuk mengetahui rasio prediksi benar positif terhadap terhadap keseluruhan citra yang diprediksi positif, nilai akurasi untuk mengetahui rasio yang diprediksi benar, baik benar dalam memprediksi citra benar dan benar dalam memprediksi citra salah terhadap keseluruhan data, dan *recall* merupakan rasio berapa data positif terhadap data yang benar positif.

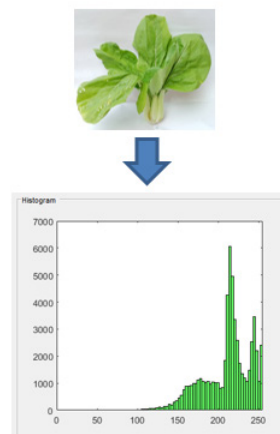
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memberikan hasil yang baik. Sistem mampu mengklasifikasikan citra Pakcoy baik yang telah siap panen dan yang belum siap panen dengan tingkat akurasi 87,43% sedangkan nilai presisi 87% dan nilai *recall* sebesar 86,13%. Nilai akurasi, presisi, dan *recall* didapatkan mengumpulkan hasil dari klasifikasi dari 200 data citra input yang dicatat hasil klasifikasinya.

Gambar 5 (a) merupakan tampilan saat proses citra Pakcoy yang belum siap panen menjadi masukan sistem. Sistem akan mengekstrak penciri dari citra Pakcoy yang belum siap panen menjadi bentuk histogram. Dari hasil



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Tampilan Citra Pakcoy Belum Siap Panen dan Histogramnya (b) Tampilan Citra Pakcoy Siap Panen dan Histogramnya

histogram tersebut dapat diketahui bahwa citra Pakcoy yang belum matang memiliki histogram dengan nilai 256 yang cukup kecil. Gambar 5 (b) merupakan tampilan saat proses citra Pakcoy yang siap panen menjadi masukan sistem. Sistem akan mengekstrak penciri dari citra Pakcoy yang siap panen menjadi bentuk histogram. Dari hasil histogram tersebut dapat diketahui bahwa citra Pakcoy yang siap panen memiliki histogram dengan nilai 256 yang cukup besar.

Tabel 3 merupakan hasil percobaan klasifikasi 200 citra input. Dari hasil tersebut didapatkan informasi bahwa total TP dari 200 proses klasifikasi adalah 87 dan nilai FP adalah 13. Artinya dari total 100 data citra Pakcoy yang siap panen, sistem mengklasifikasikan 87 citra adalah citra siap panen dan 13 adalah citra belum siap panen. Artinya sistem telah benar mengklasifikasikan 87 citra Pakcoy dengan benar yaitu citra siap panen sebagai citra siap panen dan mengklasifikasikan 13 citra yang

salah dikenali yaitu citra siap panen namun dikenali sebagai citra belum siap panen. Total nilai TN dari hasil klasifikasi adalah 86 dan total nilai FN adalah 14. Artinya, dari total 100 citra Pakcoy yang seharusnya terklasifikasi sebagai belum siap panen, benar dikenali sebagai belum siap panen sebanyak 86 kali dan salah diklasifikasikan sebanyak 14 kali.

$$Presisi = \left(\frac{87}{87 + 13} \right) \times 100 \% = 87\%$$

$$Akurasi = \left(\frac{87 + 86}{87 + 13 + 14 + 86} \right) \times 100 \% = 87,43\%$$

$$Recall = \left(\frac{87}{87 + 14} \right) \times 100 \% = 86,13\%$$

Hasil dari Tabel 3 kemudian disusun untuk menghitung nilai presisi, akurasi, dan recall menggunakan Persamaan 3, 4, dan 5. Nilai perhitungan dari presisi sebesar 87%, nilai akurasi sebesar 87,43% dan nilai recall sebesar 86,13%.

Tabel 3. Data Klasifikasi dengan 200 Citra Input

Citra Ke	Matrix TP	Matrix TN	Matrix FP	Matrix FN
1 – 10	0	8	0	2
11 – 20	0	10	0	0
21 – 30	0	8	0	2
31 – 40	0	7	0	3
41 – 50	0	6	0	4
51 – 60	0	9	0	1
61 – 70	0	10	0	0
71 – 80	0	9	0	1
81 – 90	0	9	0	1
91 – 100	0	10	0	0
101 – 110	5	0	5	0
111 – 120	8	0	2	0
121 – 130	10	0	0	0
131 – 140	10	0	0	0
141 – 150	10	0	0	0
151 – 160	8	0	2	0
161 – 170	7	0	3	0
171 – 180	9	0	1	0
181 – 190	10	0	0	0
191 – 200	10	0	0	0
Total	87	86	13	14

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini mendapatkan hasil yang memuaskan. Klasifikasi citra Pakcoy dapat dilakukan dengan baik menggunakan fitur penciri histogram dan pemilah $K - Nearest Neighbor$. Berdasarkan data yang telah diujikan nilai akurasi untuk metode yang diusulkan adalah 87,43% dengan nilai presisi sebesar 87% dan *recall* 86,13%. Nilai akurasi, presisi, dan *recall* yang didapatkan memberikan informasi bahwa sistem telah bekerja dengan baik dan dapat menunjang *smart farming* di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, P., V. Singh, G. L. Saini, and D. Panwar. 2019. Sustainable Smart-Farming Framework: Smart Farming. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5909-2.ch007>
- Ahmed, N., D. De, and I. Hussain. 2018. Internet of Things (IoT) for Smart Precision Agriculture and Farming in Rural Areas. *IEEE Internet of Things Journal* : 5(6) : 4890–4899. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2879579>
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia 2018. Retrieved from <https://www.bps.go.id/ublication/2019/10/07/9c5dede09c805bc38302ea1c/statistik-tanamansayuran-dan-buah---buah-semusim-indonesia-2018.html>
- Bhargava, A. and A. Bansal. 2021. Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 33 (3) : 243–257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.06.002>.
- Cruz, J. R. dela, R. G. Baldovino, A. A Bandala, and E. P. Dadios. 2017a. Water usage optimization of Smart Farm Automated Irrigation System using artificial neural network. 2017 5th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT7). page: 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICoICT.2017.8074668>
- Cruz, J. R. Dela, J. V Magsumbol, E. P. Dadios, R. G. Baldovino, F. B. Culibrina, and L. A. G. Lim. 2017b. Design of a fuzzy-based automated organic irrigation system for smart farm. 2017IEEE 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). page: 1–6. <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2017.8269500>
- Duan, Y., G.-B.Wang, O. A.Fawole, P. Verboven, X.-R. Zhang, D.Wu, and K. Chen, 2020. Postharvest precooling of fruit and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology* 100 : 278–291. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.027>
- Farooq, M. S., S. Riaz, A. Abid, K. Abid, and M. A Naeem. 2019. A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. *IEEE Access*, 7, 156237–156271. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949703>
- Islam, N., B. Ray, and F. Pasandideh. 2020. IoT Based Smart Farming: Are the LPWAN Technologies Suitable for Remote Communication? 2020 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT), 270–276. <https://doi.org/10.1109/SmartIoT49966.2020.00048>
- Kai, H., L. Huan, J. Zeyu, H. Tianlun, C. Zaili, and W. Nan. 2021. Bayberry maturity estimation algorithm based on multi-feature fusion. 2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA), 514–518. <https://doi.org/10.1109/ICAICA52286.2021.9498084>
- Kaur, H., B. K. Sawhney, and S. K Jawandha, 2018. Evaluation of plum fruit maturity by image processing techniques. *Journal of Food Science and Technology* 55 (8) : 3008–3015. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3220-0>
- Mandal, S. N., A. Ghosh, J. P.Choudhury, and S. R. B. Chaudhuri. 2012. Prediction of productivity of mustard plant at maturity using harmony search. 2012 1st International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT). page: 933–938. <https://doi.org/10.1109/RAIT.2012.6194559>
- Mukherjee, G., A.Chatterjee, and B. Tudu. 2017. Morphological feature based maturity level identification of Kalmegh and Tulsi leaves. 2017 Third International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN). page: 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICRCICN.2017.8234471>
- Sardal, N., A. Patel, and V. Sawant. 2021. Smart Farming. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7234-0_23
- Serikul, P., N. Nakpong, and N. Nakjuatong. 2018. Smart Farm Monitoring via the Blynk IoT Platform : Case Study: Humidity Monitoring and Data Recording. 2018 16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT and KE), 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICTKE.2018.8612441>

Sirisomboon, P. 2018. NIR Spectroscopy for Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. *Materials Today: Proceedings*, 5(10, Part 3), 22481–22486. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.619>