

IMPLEMENTASI ALGORITMA K-MEANS DAN DETEKSI TEPI LAPLACIAN OF GAUSSIAN PADA CITRA DIGITAL DAUN TIN UNTUK PENGELOMPOKKAN JENIS GREEN YORDAN, BROWN TURKEY, DAN RED PALESTINE

Ardita Rahastri Pertiwi

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

e-mail: ardita.20032@mhs.unesa.ac.id

Muhammad Jakfar

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Penulis Korespondensi : muhammadjakfar@unesa.ac.id

Abstrak

Algoritma *k-Means*, yang dikenal efektif dalam pengelompokan analisis citra digital, telah berhasil membedakan daun tin sehat dan sakit dengan akurasi tinggi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini diinisiasi untuk mengeksplorasi kemampuan algoritma *k-Means* dalam mengelompokkan jenis tanaman tin *Green Jordan*, *Brown Turkey*, dan *Red Palestine* berdasarkan karakteristik struktur bentuk daunnya. Untuk identifikasi karakteristik struktur bentuk daun, metode deteksi tepi Laplacian of Gaussian (LoG) digunakan karena kemampuannya meminimalisasi derau dan meningkatkan keakuratan pendeteksian tepi. Dengan menganalisis fitur morfologi seperti *area*, *perimeter*, dan *circularity* dari 105 citra digital daun tin, data numerik yang dihasilkan digunakan dalam pengelompokan menggunakan algoritma *k-Means*. Hasil pengelompokan ini dibandingkan dengan klasifikasi jenis daun tin yang sudah diketahui untuk memverifikasi ketepatan pengelompokan. Hasilnya, 77 dari 105 citra berhasil dikelompokkan ke dalam kluster yang tepat dengan akurasi sebesar 73.33%. Meskipun tidak ada standar literatur yang menyatakan akurasi tertentu sebagai indikator efektivitas mutlak, dalam konteks penelitian ini, akurasi 73.33% dianggap menunjukkan keberhasilan metode. Keberhasilan ini dianggap signifikan mengingat kompleksitas data dan variasi dalam citra daun tin yang dianalisis.

Kata Kunci: *k-Means*, LoG, Tin.

Abstract

The *k-Means* algorithm, renowned for its efficacy in clustering digital image analysis, has been successful in distinguishing between healthy and diseased fig leaves with high precision. This success has prompted a study to investigate the *k-Means* algorithm's ability to classify *Green Jordan*, *Brown Turkey*, and *Red Palestine* fig plant types based on their leaf structure characteristics. To identify these leaf structure characteristics, the Laplacian of Gaussian (LoG) edge detection method was employed for its noise reduction capability and improved edge detection accuracy. By analyzing morphological features such as *area*, *perimeter*, and *circularity* of 105 digital fig leaf images, the numerical data generated was utilized for clustering using the *k-Means* algorithm. The clustering results were then compared to the known fig leaf type classifications to verify the accuracy of the grouping. It was found that 77 out of the 105 images were correctly classified into the appropriate clusters, achieving an accuracy rate of 73.33%. Although there is no established literature standard for a specific accuracy to denote absolute effectiveness, within the context of this research, an accuracy of 73.33% is considered indicative of the method's success. This achievement is deemed significant considering the data's complexity and the variation in the fig leaf images analyzed.

Keywords: *k-Means*, LoG, Fig.

PENDAHULUAN

Algoritma *k-Means* adalah algoritma yang sangat populer digunakan karena kemampuan dalam mengelompokkan data secara akurat berdasarkan fitur-fitur tertentu seperti dalam pengelompokan hasil analisis citra digital (Jain, 2010).

Kelebihan dari algoritma *k-Means* untuk mengelompokkan hasil analisis citra digital telah dibuktikan beberapa peneliti, salah satunya oleh

Qomaruddin & Riana (2021) dengan judul "Segmentasi *k-Means* Citra Daun Tin dengan Klasifikasi Ciri *Gray Level Co Occurance Matrix*". Tujuan dari penelitiannya adalah mengelompokkan 80 citra digital daun tin yang sehat dan sakit menggunakan algoritma *k-Means* dengan analisis tekstur serta membandingkan kinerja algoritma *Decision Tree (C4.5)* dan *Naive Bayes* dalam melakukan klasifikasi penyakit. Hasil dari penelitian

menunjukkan bahwa akurasi ketepatan tertingginya mencapai 90%.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Qomaruddin & Riana (2021) menimbulkan pertanyaan lanjutan: apakah algoritma *k-Means* juga dapat mengelompokkan jenis-jenis tanaman tin berdasarkan karakteristik struktur bentuk dari citra digital daunnya?

Di Indonesia, jenis tanaman tin yang paling sering dijumpai adalah *Green Yordan*, *Brown Turkey*, dan *Red Palestine* (Dewi, Nursita., 2013 yang dikutip oleh Damanik, M.K., 2022). Penting untuk membedakan ketiga jenis tanaman tin ini karena setiap varietas memiliki ciri masing-masing yang mempengaruhi aspek seperti rasa buah, ketahanan terhadap penyakit, dan kebutuhan pertumbuhan. Sejauh ini, perbedaan yang paling jelas dari ketiga varietas tersebut terletak pada buahnya, lantas bagaimana orang awam dapat mengenali ketiga jenis tanaman tin tadi ketika belum berbuah dan sedang tidak didampingi petani atau ahli botani? Pilihan untuk menggunakan gambar daun sebagai media identifikasi muncul karena daun merupakan bagian tanaman tin yang mudah ditemukan dan didokumentasikan.

Dalam proses identifikasi karakteristik struktur bentuk citra digital daun tin jenis *Green Yordan*, *Brown Turkey*, dan *Red Palestine*, perlu diterapkan suatu metode deteksi tepi. Deteksi tepi *Laplacian of Gaussian* (LoG) dipilih pada penelitian ini karena menurut Rizal Adi Saputra et al, (2022), LoG mampu meminimalisasi derau (*noise*) pada citra digital, sehingga analisis fitur morfologi atau struktur bentuk seperti *area*, *perimeter*, dan *circularity* yang memfasilitasi proses pengelompokan citra digital oleh algoritma *k-Means* dapat teridentifikasi lebih jelas (Pratt, 2001).

Rizal Adi Saputra et al, (2022) telah menguji kemampuan deteksi tepi LoG dalam menganalisis citra digital untuk dikelompokkan dengan algoritma *k-Means* melalui penelitiannya yang berjudul "Deteksi Uang Palsu Rupiah dengan Menggunakan Metode Deteksi Tepi *Laplacian of Gaussian* (LoG) dan Algoritma *K-Means Clustering*". Dari penelitian tersebut diperoleh akurasi pengenalan pada uang asli mencapai 85% sedangkan pada uang palsu 40%, sehingga rata-rata akurasinya adalah 62.5%. Dalam konteks ini, metode tersebut dapat dikatakan efektif dalam beberapa aspek, terutama dalam deteksi uang asli, tetapi masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi keseluruhan.

Dengan demikian, fokus utama dan tujuan pada penelitian yang akan dilakukan oleh Penulis adalah untuk mengetahui apakah algoritma *k-Means* dapat diimplementasikan dalam pengelompokan tanaman tin jenis *Green Yordan*, *Brown Turkey*, dan

Red Palestine berdasarkan citra digital daun dengan deteksi tepi *Laplacian of Gaussian* (LoG) dan berapa nilai akurasi ketepatannya.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar penggunaan algoritma *k-Means* secara optimal dengan pemanfaatan deteksi tepi LoG untuk aplikasi pengelompokan citra yang lebih efektif dan akurat.

KAJIAN TEORI

A. Algoritma *K-Means*

K-Means adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristiknya. Tujuan utama dari algoritma *k-Means* adalah untuk membuat kedekatan antar data yang ada dalam satu kelompok (*intra-cluster*) maksimal dan membuat kedekatan data yang berbeda kelompok (*inter-cluster*) minimal (Steinley, 2006). Salah satu aspek kunci dalam algoritma *k-Means* adalah penggunaan jarak Euclidean sebagai metrik jarak yang paling umum karena memungkinkan perhitungannya lebih efisien dari jarak antara titik data dan pusat kluster (Anton & Rorres, 2005).

Jain (2010) menyatakan bahwa keunggulan algoritma *k-Means* tidak hanya terletak pada kemudahan penerapannya, tetapi juga pada efisiensi dan ketepatan dalam mengelompokkan data berdasarkan fitur-fitur spesifik, terutama dalam analisis citra digital.

B. Citra Digital

Citra digital adalah representasi visual dari suatu objek yang tersusun dari sekumpulan poin atau *pixel* (*picture element*) yang mempunyai nilai warna tertentu dan direpresentasikan dalam nilai numerik. Citra digital dihasilkan melalui proses digitalisasi yang kemudian disimpan dalam bentuk format JPEG atau JPG, PNG, GIF, TIFF, BMP, EPS, AI, dan SVG (Comer, Douglas. E., 2019). Selain bentuk format penyimpanan, resolusi citra digital juga perlu diperhatikan karena merujuk kepada jumlah detail yang dapat citra tunjukkan (Gonzalez, R. C., & Woods, R. E., 2008).

Salah satu format warna piksel dalam citra digital yang paling populer adalah *grayscale*. Dalam format *grayscale*, informasi warna dari suatu citra digital dikonversi menjadi kisaran antara hitam (0) dan putih (255) atau variasi abu-abu di antaranya. Format *grayscale* lebih sederhana dibandingkan dengan citra berwarna tetapi masih mampu mempertahankan informasi tingkat keabuan atau intensitas piksel pada setiap titik gambar (Gonzalez, R. C., & Woods, R. E., 2008). Dalam konteks pengolahan citra digital, *grayscale* sering digunakan sebelum melakukan operasi-operasi selanjutnya

seperti deteksi tepi dengan metode *Laplacian of Gaussian* (LoG).

C. Laplacian of Gaussian (LoG)

Laplacian of Gaussian (LoG) adalah salah satu metode untuk mendeteksi tepi pada citra digital yang mengombinasikan operator Laplacian dan operator Gaussian. Operator Laplacian adalah operator turunan kedua untuk mengukur perubahan gradien atau tingkat perubahan intensitas nilai piksel pada suatu titik dalam citra digital, sehingga dapat mendeteksi perubahan intensitas yang tajam pada citra digital yang dapat diinterpretasikan sebagai tepi citra digital. Sementara itu, operator Gaussian adalah operator filter yang digunakan untuk meratakan intensitas piksel-piksel citra digital dengan memberikan bobot lebih besar pada piksel di tengah dan bobot yang semakin mengecil seiring jarak dari piksel pusatnya untuk menciptakan efek penghalusan yang lebih kuat di sekitar piksel pusatnya, sehingga dapat meminimalisasi derau (*noise*) pada citra digital. Dengan menggabungkan kedua operator ini, metode LoG dapat mendeteksi tepi objek citra digital dengan lebih akurat dan tahan terhadap derau (Pratt, 2001).

Setelah filter LoG diterapkan, bentuk suatu objek pada citra digital dapat digunakan untuk mengembangkan pemahaman lebih lanjut tentang struktur dan karakteristik objek pada citra digital dengan dilakukan ekstraksi fitur morfologi yaitu:

- *Area* (luas) merupakan banyaknya piksel yang terdapat dalam suatu objek pada suatu gambar dua dimensi, diukur dalam satuan piksel persegi, untuk memberikan informasi tentang ukuran relatif dari objek tersebut. *Area* dihitung berdasarkan banyaknya piksel yang nilai intensitasnya lebih dari 0 yang dihitung 1, sedangkan nilai intensitas 0 dianggap sebagai latar belakang (Riswana, 2019).
- *Perimeter* (keliling) merupakan ukuran panjang batas yang mengelilingi suatu objek pada suatu gambar, diukur dalam satuan piksel. Perimeter diperoleh dengan mengidentifikasi dan menghitung banyaknya piksel dengan nilai intensitas lebih dari 0 yang berada pada wilayah *boundary region* (wilayah perbatasan), yaitu bagian paling tepi gambar atau yang memenuhi kriteria 8-arah konektivitas. Artinya, piksel dengan nilai intensitas lebih dari 0 dianggap sebagai bagian dari tepi jika berdekatan dengan setidaknya satu piksel yang nilai intensitasnya 0 dalam delapan arah yang mungkin (horizontal,

vertikal, dan diagonal). Setiap piksel tepi dengan nilai intensitas lebih dari 0 dihitung sebagai 1, sedangkan nilai intensitas 0 dianggap sebagai latar belakang (Riswana, 2019).

- *Circularity* (sirkularitas) mengukur sejauh mana suatu objek mendekati bentuk lingkaran. Sirkularitas mencapai nilai maksimum yaitu 1 saat objek memiliki bentuk lingkaran sempurna, dan nilainya mendekati 0 saat objek memiliki bentuk yang tidak teratur (Pratt, 2001). *Circularity* dapat dihitung dengan rumus:

$$Circularity = 4\pi \frac{Area}{Perimeter^2}$$

Dalam *circularity*, karena *area* diukur dalam satuan piksel persegi dan *perimeter* diukur dalam satuan piksel, maka piksel dari *area* dan *perimeter* saling menghilangkan pada perhitungan *circularity*, sehingga hasilnya tidak memiliki satuan (Pratt, 2001).

D. Tanaman Tin

Tin atau ara (*Ficus Carica L.*) merupakan tanaman berbuah yang berasal dari keluarga *Moraceae*. Tanaman tin berasal dari Asia Barat dan Asia Selatan, bahkan meliputi hampir seluruh negara di Timur Tengah (Widyaningrum., 2023). Ada lebih dari 800 varietas tanaman tin yang tersebar di seluruh dunia (Yusman et al., 2023), namun menurut Dewi, Nursita (2013) (yang dikutip oleh Damanik, M.K., 2022), jenis *Green Yordan*, *Brown Turkey*, dan *Red Palestine* adalah varietas tanaman tin yang paling terkenal dan sering ditemukan di Indonesia. Berikut adalah gambar beserta penjabaran perbedaan dari ketiganya.

1. Tin *Green Yordan*



Gambar 1. Tin *Green Yordan*
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Green Yordan adalah salah satu jenis tin yang populer di kalangan pecinta buah. Disebut-sebut sebagai “Raja Tin”, *Green Yordan* dikenal dengan rasa manis yang khas dan bijinya yang sedikit. Buah ini memiliki kulit hijau yang tetap meski sudah matang dan dagingnya berwarna putih kehijauan. Tin *Green Yordan* memiliki daun yang lebih tipis, tulang daunnya menjari dengan bagian

tengah lebih panjang dan runcing, memiliki 3 sampai 5 lobus utama, di bagian lobus yang dekat dengan tangkainya ada tambahan 2 lobus kecil, lekukan antar lobus daun terlihat lebih jelas, dan tepi daunnya bergerigi. Tumbuh (Hidayah, 2017).

2. Tin *Brown Turkey*



Gambar 2. Tin *Brown Turkey*
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Varietas tin *Brown Turkey* ini dikenal memiliki warna kulit coklat kehitaman saat matang. Daging buahnya lembut dan hanya memiliki serat yang sedikit dengan rasa manis yang kaya. Daun pada tin *Brown Turkey* berbentuk menjari, terdiri dari 3 sampai 5 lobus utama, bentuk setiap lobusnya tidak terlalu panjang dan melebar, serta tepi daunnya bergerigi (Hidayah, 2017).

3. Tin *Red Palestine*



Gambar 3. Tin *Red Palestine*
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Tin *Red Palestine* atau juga dikenal sebagai *Red Syrian* adalah varietas tin dengan warna merah. Buah ini memiliki tekstur lembut dengan rasa yang sangat manis dan sedikit asam. Ukurannya buahnya jauh lebih besar dibandingkan tin *Green Yordan* dan *Brown Turkey*. Daun pada jenis tin ini berstruktur menjari dengan tepi bergerigi, ukuran telapak daunnya lebih luas, lobus daun utama berjumlah 3 hingga 5, di bagian lobus yang dekat dengan tangkainya ada tambahan 2 lobus kecil yang jaraknya lebih rapat dibandingkan *Green Yordan*. (Erfa et al., 2022).

Dengan memanfaatkan daun tin sebagai objek pengelompokan, akurasi ketepatan pengelompokan dengan algoritma *k-Means* juga dapat diukur dengan melihat seberapa banyak daun tin yang masuk ke dalam klaster jenisnya dengan tepat berdasarkan hasil ekstraksi deteksi tepi LoG pada analisis citra digitalnya.

E. Akurasi

Akurasi adalah suatu nilai atau angka yang digunakan untuk mengukur sejauh mana model atau sistem dapat memprediksi dengan benar dalam konteks pengujian termasuk klasifikasi dan pengelompokan (James et al., 2013). Cara menghitung akurasi dapat dinyatakan melalui rumus berikut:

$$Akurasi = \frac{n}{s} \times 100\%$$

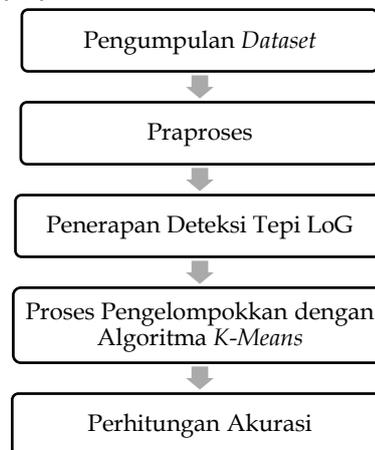
di mana

n : Jumlah data prediksi benar

s : Jumlah data seluruhnya

METODE

Penelitian ini termasuk ke dalam kategori *applied research* atau penelitian terapan karena dilakukan dengan tujuan yang praktis dan langsung dapat diaplikasikan dalam dunia nyata. Untuk mencapai tujuan dari penelitian terapan ini, adapun rancangan penelitiannya yaitu:



Gambar 4. Rancangan Penelitian

Pemaparan dari teknik analisis data berdasarkan rancangan penelitian yang telah terbentuk adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan Dataset

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer berupa 105 gambar daun tin dengan rincian 35 gambar daun tin jenis *Green Yordan*, 35 gambar daun tin jenis *Brown Turkey*, dan 35 gambar daun tin jenis *Red Palestine* yang diperoleh langsung dari hasil potret kamera *HP Oppo F11* dengan intensitas cahaya disetel secara default pada kamera HP. Proses pengambilan gambar menggunakan tripod. Kriteria daun tin yang diambil sebagai gambar adalah bagian permukaan yang sehat (tidak berwarna coklat), tidak robek, dan tidak berlubang, serta memiliki 5 lobus utama. Seluruh gambar tersebut berukuran 2048×2048 piksel dengan format JPG.

2. Praproses

Di tahap praproses, 105 gambar atau citra digital daun tin akan dihapus latar belakangnya menggunakan fitur pada aplikasi Canva. Kemudian citra digital diubah menjadi *grayscale* menggunakan *software Matlab R2014b* untuk memudahkan pengenalan karakteristik struktur bentuknya untuk deteksi tepi *Laplacian of Gaussian (LoG)*.

3. Penerapan Deteksi Tepi LoG

Filter *Laplacian of Gaussian (LoG)* akan diterapkan pada citra digital kemudian dihitung nilai fitur morfologinya yaitu *area*, *perimeter*, dan *circularity* menggunakan aplikasi *Matlab R2014b*.

4. Proses Pengelompokkan dengan Algoritma K-Means

a. Penentuan *Dataset*

Dalam penelitian ini menggunakan 105 data numerik citra digital daun tin yang berisi nilai fitur morfologi hasil deteksi tepi LoG. Data yang telah terkumpul akan dikelompokkan menjadi 3 klaster yaitu klaster *Green Yordan*, klaster *Brown Turkey*, dan klaster *Red Palestine*.

b. Inisialisasi

Selanjutnya, pemilihan titik awal atau titik tengah yang mewakili masing-masing varietas tin sebanyak jumlah klaster yang telah ditentukan yakni 3 sebagai pusat klaster awal (disebut juga "*centroid*").

c. Pengelompokkan

Hitung jarak setiap data ke setiap *centroid* menggunakan metrik jarak yang dipilih. Dalam penelitian ini menggunakan metrik jarak yang paling umum digunakan dalam algoritma *k-Means* yaitu jarak Euclidean. Selanjutnya, setiap data akan dikelompokkan pada klaster dengan jarak paling minimum.

d. Perhitungan Ulang *Centroid*

Hitung ulang pusat klaster (*centroid*) berdasarkan data-data yang telah dikelompokkan dalam tiga klaster. *Centroid* baru adalah rata-rata dari semua titik data dalam klaster. *Centroid* dari setiap klaster kemudian diperbarui menjadi rata-rata dari semua poin data di dalam klaster tersebut.

e. Iterasi

Ulangi langkah pengelompokkan dan perhitungan ulang sampai *centroid* tidak lagi bergerak. Ini berarti bahwa algoritma *k-Means* telah mengoptimalkan posisi *centroid* masing-masing klaster jenis tanaman tin.

f. Penentuan Hasil

Setelah *centroid* tidak berubah posisinya lagi, maka didapatkan data dari 105 citra digital daun tin yang telah dikelompokkan ke dalam klaster *Green Yordan*, *Brown Turkey*, dan *Red Palestine* berdasarkan kemiripan nilai fitur morfologi hasil deteksi tepi LoG.

Setelah data hasil *clustering* diperoleh maka dilanjutkan tahap terakhir yaitu perhitungan akurasi.

5. Perhitungan Akurasi

Jumlah ketepatan data prediksi hasil *clustering* tersebut selanjutnya dihitung akurasi menggunakan rumus:

$$Akurasi = \frac{n}{s} \times 100\%$$

di mana

n : Jumlah data prediksi benar

s : Jumlah data seluruhnya

Pada tahap proses pengelompokkan dan perhitungan akurasi akan menggunakan bahasa pemrograman *R* pada *software RStudio* dengan *output* berupa tabel hasil *clustering* lengkap dengan perbandingan ketepatan dan tingkat akurasi beserta *scatter plot*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

105 data citra digital daun tin yang telah terkumpul selanjutnya melewati proses penghapusan latar belakang dan perubahan ke dalam format *grayscale* agar dapat dideteksi tepi *Laplacian of Gaussian (LoG)*. Berikut adalah hasil konversi beberapa citra dari masing-masing jenis.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Citra

No.	Jenis	Gambar Asli	Gambar Setelah Tahap Praproses	Gambar Hasil Deteksi Tepi LoG
1.	Green Yordan	 gy1.jpg	 gy1.jpg	 gy1.jpg
2.	Brown Turkey	 bt1.jpg	 bt1.jpg	 bt1.jpg
3.	Red Palestine	 rp1.jpg	 rp1.jpg	 rp1.jpg

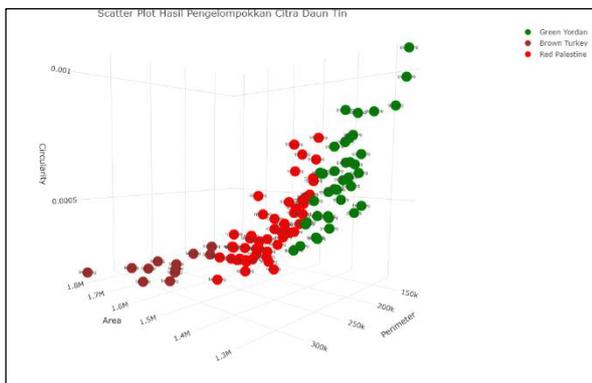
Dengan data gambar tersebut, nilai fitur morfologi seperti *area*, *perimeter*, dan *circularity* dapat dihitung dan menghasilkan data numerik untuk dikelompokkan menggunakan algoritma *k-Means*.

Dengan memilih data *gy1.jpg*, *bt1.jpg*, dan *rp1.jpg* sebagai *centroid* awal pada proses pengelompokkan menggunakan algoritma *k-Means* dengan *RStudio* maka didapatkan bahwa proses pengelompokkan berhenti pada iterasi ke-2 dan menghasilkan *centroid* baru:

Tabel 2. *Centoid* Baru Hasil Pengelompokkan

Klaster	Area	Perimeter	Circularity
Green Yordan	1356817	173569.5	0.0006018238
Brown Turkey	1656350	289886.6	0.0002512151
Red Palestine	1471863	219728.3	0.0004054443

Adapun hasil dari scatter plot hasil uji pengelompokkan adalah sebagai berikut.



Gambar 5. *Scatter Plot* Hasil Pengelompokkan

Data hasil uji pengelompokkan juga dibandingkan dengan data klasifikasi jenis daun tin yang telah diketahui sebelumnya untuk mengecek apakah setiap data masuk ke klaster yang benar. Hasilnya adalah

Terdapat 7 data daun tin jenis *Brown Turkey* masuk ke dalam kelompok tin *Green Yordan*

Terdapat 1 data daun tin jenis *Green Yordan* masuk ke dalam kelompok tin *Brown Turkey*

Terdapat 3 data daun tin jenis *Green Yordan* dan 17 data daun tin jenis *Brown Turkey* masuk ke dalam kelompok tin *Red Palestine*

Dengan demikian, nilai akurasi yang dihasilkan adalah

$$\text{Akurasi} = \frac{77}{105} \times 100\% = 73.33\%$$

Nilai akurasi tersebut terbilang cukup tinggi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rizal Adi Saputra et al, (2022) yang hanya memperoleh hasil akurasi rata-rata sebesar 62.5% Pemilihan penelitian tersebut sebagai pembanding dalam penelitian ini dilakukan karena relevansi metodologinya, dimana Rizal Adi Saputra et al,

(2022) juga menggunakan deteksi tepi LoG dan algoritma *k-Means*, sehingga memberikan dasar yang valid untuk perbandingan. Meskipun konteks dan objek penelitian berbeda, kedua penelitian ini menghadapi tantangan serupa dalam analisis citra digital, khususnya dalam membedakan objek dengan perbedaan karakteristik struktur bentuk. Perbandingan tersebut juga menegaskan kemajuan yang dicapai dalam penelitian ini, dengan peningkatan akurasi yang signifikan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Dengan demikian, melalui penelitian yang telah dilakukan ini, telah terbukti bahwa pengelompokkan hasil deteksi tepi LoG untuk analisis nilai fitur morfologi citra digital menggunakan algoritma *k-Means* cocok diterapkan pada objek citra digital yang terlihat mirip tetapi sebenarnya terdapat perbedaan karakteristik yang kompleks pada beberapa bagian, seperti objek daun tin jenis *Green Yordan*, *Brown Turkey*, dan *Red Palestine*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Sukarji telah mengizinkan dan membantu dalam pencarian serta pengambilan foto daun tin di kebunnya sebagai data penelitian.

PENUTUP

SIMPULAN

Dalam penelitian ini, algoritma *k-Means* dan deteksi tepi *Laplacian of Gaussian* (LoG) terbukti dapat diimplementasikan pengelompokkan citra digital daun tin jenis *Green Yordan*, *Brown Turkey*, dan *Red Palestine* yang menghasilkan akurasi ketepatan sebesar 73.33% dengan rincian 77 dari 105 data berhasil dikelompokkan dengan tepat ke dalam klaster yang sesuai dengan jenisnya. Meskipun tidak ada standar spesifik, akurasi ini dianggap menunjukkan keberhasilan metode dilihat dari peningkatan akurasi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dan mempertimbangkan kompleksitas data.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mengumpulkan lebih banyak data citra digital daun tin yang beragam jenis dan semakin memperhatikan kriteria-kriteria tertentu dari proses pemilihan daun tin hingga pengambilan gambar serta dapat juga menggunakan objek maupun metode yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H., & Rorres, C. (2005). Elementary Linear Algebra with Applications Ninth Edition. In *New Jersey* (Nomor 1).
- Apriantoro, N. H., Santoso, B., Purwantiningsih, P., & Ambarsari, T. (2018). Optimizing Analysis Of The Radiographic Image And Entrance Surface Dose Using Computed Radiography In Chest Examination. *SANITAS: Jurnal Teknologi dan Seni Kesehatan*, 9(2), 93–104. <https://doi.org/10.36525/sanitas.2018.11>
- Comer, D. (2000). *Internet networking with TCP/IP Vol 1* (hal. 783). [http://cpe.rmutt.ac.th/network/images/cn/\[3\]Comer_Douglas_Internetworking_with_TCP_IP_Vol.1.pdf](http://cpe.rmutt.ac.th/network/images/cn/[3]Comer_Douglas_Internetworking_with_TCP_IP_Vol.1.pdf)
- Damanik, M. K., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., Peternakan, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, S. (2022). KANDANG KAMBING TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN TIN (*Ficus carica L*) KANDANG KAMBING TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN TIN (*Ficus carica L*).
- Erfan, L., Ferziana, Maulida, D., Sari, M. R., & Yuniardi, F. (2022). Regeneration of Red Palestine FIG (*Ficus carica L.*) from Formation of Adventitious Shoots in Murashige & Skoog Media with Additional of BAP / TDZ and NAA Regeneration of Red Palestine FIG (*Ficus carica L.*) from Formation of Adventitious Shoots in Mura. *Earth and Environmental Science*, 1012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012068>
- Hidayah, A. (2017). PEMERIKSAAN MAKROSKOPIK, MIKROSKOPIK DAN SKRINING FITOKIMIA DAUN TIN (*Ficus carica L.*) VARIETAS BROWN TURKEY DAN GREEN YORDAN [Akademi Farmasi Putera Indonesia Malang]. <https://repository.poltekkespim.ac.id/id/eprint/50/>
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651–666. <https://doi.org/10.1016/J.PATREC.2009.09.011>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (n.d.). *Springer Texts in Statistics An Introduction to Statistical Learning*.
- Pratt, W. K. (2001). *PROCESSING DIGITAL IMAGE PROCESSING* (Vol. 5).
- Qomaruddin, M., & Riana, D. (2021). Segmentasi K-Means Citra Daun Tin Dengan Klasifikasi Ciri Gray Level Co Occurance Matrix Segmentation of K-Means Image of Tin Leaves with Characteristic Classification of Gray Level Co Occurance Matrix. 9(2), 223–233. <https://doi.org/10.26418/justin.v9i2.44139>
- Riswana, P. U. (2019). Extract Circular Object by tracing Region Boundary and using Circularity Measure. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3826–3830. www.irjet.net
- Rizal Adi Saputra, Jumadil Nangi, Ika Purwanti Ningrum, Almaliki, M. F., & La Ode Rahmat Andre Pratama. (2022). Deteksi Uang Palsu Rupiah dengan Menggunakan Metode Deteksi Tepi Laplacian of Gaussian (LoG) dan Algoritma K-Means Clustering. *Jurnal Buana Informatika*, 13(02), 85–92. <https://doi.org/10.24002/jbi.v13i02.5448>
- Steinley, D. (2006). K-means clustering: a half-century synthesis. *The British journal of mathematical and statistical psychology*, 59(Pt 1), 1–34. <https://doi.org/10.1348/000711005X48266>
- Widyaningrum, N. (2023). Buku Referensi Potensi Buah Tin (*Ficus Carica L.*) dan Buah Zaitun (*Olea Europaea L.*) sebagai Antikanker. In T. A. Arief (Ed.), *Eureka Media Aksara*. Eureka Media Aksara.
- Yusman, M. A., Evanita, E., & Riadi, A. A. (2023). Klasifikasi Kematangan Buah Tin Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis Android. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 9(2), 167–176. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v9i2.5701>