

DIGITAL IMAGE CLASSIFICATION OF HERBAL LEAVES USING KNN AND CNN WITH GLCM FEATURES

Dinna Zahirah¹, Purnawansyah², Nia Kurniati³, Herdianti Darwis^{*4}

^{1,2,3,4}Informatics Engineering, Faculty of Computer Science, Universitas Muslim Indonesia
Email: ¹dinnazahirah.nur@gmail.com, ²purnawansyah@umi.ac.id, ³nia.kurniati@umi.ac.id,
⁴herdianti.darwis@umi.ac.id

(Article received: June 26, 2023; Revision: July 7, 2023; published: January 31, 2024)

Abstract

Geographical position and having a tropical climate make Indonesia known for its abundant biodiversity, one of which is herbal leaves. Indonesia has more than 2039 species that fall into the category of herbal medicinal plants. Herbal leaves are plants that are used as an alternative to natural disease healing. The large number of herbal leaf plants makes it difficult for people to distinguish between herbal plants and non-herbal plants, except when herbal leaf plants bear fruit or bloom. With advances in technology, many studies have been conducted to identify types of herbal plants, one of which is to identify the characteristics of the leaves. In this study, image recognition of herbal leaves was carried out using the *K-Nearest Neighbor* and *Convolutional Neural Network* methods with feature extraction of the *Gray Level Co-occurrence Matrix*. By using these 2 methods, the data collected in this study were 480 leaf images which were then divided into 80% testing data and 20% training data. The data used are in the form of *Sauropus androgynus* and *Moringa* leaves. Based on the test results, the *Convolutional Neural Network* method which is suggested in the herbal leaf image classification which has an accuracy value of 96%.

Keywords: Classification, CNN, GLCM, Herbal Leaves, KNN, Preprocessing.

KLASIFIKASI CITRA DIGITAL DAUN HERBAL MENGGUNAKAN METODE KNN DAN METODE CNN DENGAN EKSTRAKSI FITUR GLCM

Abstrak

Posisi geografis dan memiliki iklim tropis membuat Indonesia dikenal dengan keanekaragaman hayati yang melimpah, salah satunya adalah daun herbal. Indonesia memiliki lebih dari 2039 spesies yang termasuk dalam kategori tanaman obat herbal. Daun herbal merupakan tumbuhan yang digunakan sebagai salah satu alternatif penyembuhan penyakit secara alami. Banyaknya tumbuhan daun herbal membuat masyarakat sulit dalam membedakan antara tumbuhan herbal dan non-herbal, kecuali pada saat tumbuhan daun herbal berbuah atau mekar. Dengan kemajuan teknologi, banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengidentifikasi jenis tumbuhan herbal, salah satunya mengidentifikasi karakteristik pada daun. Pada penelitian ini dilakukan pengenalan citra daun herbal menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* dan *Convolutional Neural Network* dengan ekstraksi fitur *Gray Level Co-occurrence Matrix*. Dengan digunakannya 2 metode tersebut maka data yang telah dikumpulkan pada penelitian ini sebanyak 480 citra daun yang kemudian terbagi menjadi 80% data *testing* dan 20% data *training*. Data yang digunakan yaitu berupa daun katuk dan daun kelor. Berdasarkan hasil pengujian, metode *Convolutional Neural Network* tanpa GLCM yang disarankan dalam klasifikasi citra daun herbal yang memiliki nilai *accuracy* sebesar 96%.

Kata kunci: CNN, Daun Herbal, GLCM, Klasifikasi, KNN, Preprocessing.

1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal secara luas karena memiliki kekayaan alam hayati yang melimpah, termasuk berbagai jenis tumbuhan herbal. Hal ini disebabkan oleh iklim tropis yang ada di Indonesia, serta posisi geografis yang sangat mendukung pertumbuhan tumbuhan tersebut [1][2]. Indonesia memiliki lebih dari 38.000 jenis tanaman, dan dari jumlah tersebut,

terdapat lebih dari 2039 spesies yang termasuk dalam kategori tanaman obat herbal [3].

Daun herbal adalah tumbuhan yang digunakan sebagai pilihan alternatif untuk penyembuhan penyakit secara alami [4]. Pengetahuan tentang tumbuhan herbal masih terbatas di kalangan masyarakat. hal ini disebabkan oleh jumlah jenis tumbuhan herbal yang sangat banyak, sehingga

masyarakat kesulitan untuk membedakan antara tumbuhan herbal dan tumbuhan non-herbal, kecuali saat tumbuhan tersebut berbuah atau mekar. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan teknologi informatika untuk mengidentifikasi jenis daun herbal secara cepat dan akurat guna mengelola keanekaragaman hayati dengan cara yang efisien dan efektif. Melalui pengolahan citra (*image processing*), informasi yang beragam mengenai tumbuhan herbal dapat diberikan kepada masyarakat [3]-[5].

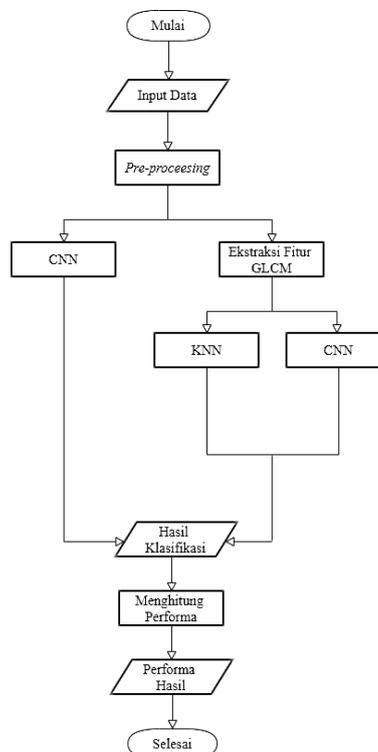
Dengan mengikuti kemajuan teknologi, telah dilakukan upaya untuk melakukan pengenalan objek secara otomatis menggunakan komputer dengan cara menangkap dan memproses informasi dari sebuah citra [6]. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengidentifikasi jenis tumbuhan herbal, salah satunya dengan fokus pada identifikasi melalui karakteristik daun, dengan tujuan memudahkan dan mempercepat proses pemisahan jenis daun tumbuhan herbal. Daun memiliki peran yang sangat signifikan dalam tumbuhan. Selain itu, daun juga lebih mudah untuk diperoleh dibandingkan dengan akar, karena akar berada di dalam tanah dan sulit untuk diakses [4][7]. Informasi dalam sebuah citra, foto atau gambar dapat dengan mudah diperoleh ketika kualitas foto tersebut baik dan dapat dengan mudah dipahami oleh manusia dan mesin. Kualitas yang baik pada foto memungkinkan detail yang jelas, sehingga mempermudah interpretasi informasi oleh manusia. Selain itu, kualitas yang baik juga penting bagi mesin atau komputer dalam proses analisis dan pengolahan citra, karena memungkinkan algoritma dan metode deteksi yang lebih akurat dan efisien [8]. Dalam citra, tekstur dapat diidentifikasi melalui atribut-atribut seperti kerapatan, keseragaman, dan keteraturan. Analisis terhadap tekstur ini akan menghasilkan nilai-nilai karakteristik atau ciri khusus yang kemudian dapat diproses oleh komputer dalam proses klasifikasi. komputer menggunakan informasi ini untuk membedakan dan mengklasifikasikan objek atau bagian citra berdasarkan pola tekstur yang teridentifikasi [3].

Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) merupakan suatu teknik aritmatika yang secara efektif menghilangkan artefak pada gambar. Selain itu, metode ini juga mampu dengan jelas membedakan berbagai tekstur pada gambar. Dengan bantuan GLCM, frekuensi dari piksel-piksel khusus dalam area berbeda dapat diidentifikasi dengan baik [9]. Ada banyak metode klasifikasi yang populer dalam pengolahan citra, diantaranya adalah *support Vector Machine (SVM)*, *K-Nearest Neighbor (KNN)* dan *Deep Learning (DL)* [10]. Metode KNN adalah salah satu metode klasifikasi yang sangat sederhana dalam pengolahan citra. Pada metode ini, gambar diklasifikasikan dengan dengan mempertimbangkan jaraknya terhadap tetangga terdekatnya [11]. DL merupakan salah satu bidang dalam pengolahan citra atau *image processing*. Dalam bidang ini, sistem pengolahan citra dapat membantu manusia dalam

mengenal dan mengklasifikasikan objek dengan cepat, efisien dan mampu memproses jumlah data yang besar dengan mudah [12]. CNN merupakan salah satu metode dalam *Deep Learning* yang secara khusus digunakan untuk klasifikasi gambar. Metode ini berfungsi sebagai alat untuk mengenali dan membedakan setiap gambar yang ada, terutama ketika data gambar yang digunakan cukup besar [13][14]. Metode CNN mampu mengolah data dalam bentuk dua dimensi. CNN dikembangkan berdasarkan Multi Layer Perceptron dan merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang dalam (*Deep Neural Network*) yang sering digunakan untuk memproses data citra [15].

2. METODE PENELITIAN

Untuk melakukan klasifikasi pada jenis tanaman daun herbal maka dilakukan tahapan penelitian. Tahapan penelitian terdiri dari beberapa proses yaitu pengumpulan data (input data), *pre-processing* (persiapan data sebelum diproses), kemudian dilakukan tahapan klasifikasi terhadap tanaman daun herbal dengan metode CNN dan KNN dengan menggunakan ekstraksi fitur GLCM dan CNN tanpa ekstraksi fitur, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap performa yang dihasilkan, dan yang terakhir hasil dari setiap klasifikasi. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

2.1. Pengumpulan Dataset

Tujuan dari pengumpulan dataset adalah untuk mendapatkan informasi yang diperlukan dari data yang telah dikumpulkan. Dataset yang digunakan

dalam penelitian ini yaitu berupa daun katuk dan daun kelor [15]. Dataset diperoleh dari salah satu daerah yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan. Jumlah dataset yang dikumpulkan sebanyak 480 data. Dari data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan pembagian skenario, yaitu skenario terang dan gelap. Dalam penelitian ini pengambilan gambar menggunakan kamera handphone dengan resolusi 64 MP, semua dataset tersimpan dalam bentuk gambar .jpg.

2.2. Pre-processing

Pre-processing merupakan langkah pertama yang dilakukan sebelum memulai tahap pengolahan data lebih lanjut [1]. Tujuan dari proses ini untuk memperbaiki kualitas citra sebelum masuk ke tahap berikutnya [4]. Pada tahap ini dilakukan penyeragaman besar gambar citra yang telah dikumpulkan. Besar gambar citra yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1:1. Jumlah dataset yang digunakan dapat mempengaruhi baik buruknya akurasi yang didapatkan [15].

2.3. Gray Level Co-occurrence Matrix

Setelah melakukan proses penyeragaman besar gambar pada setiap dataset, langkah selanjutnya melakukan ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur yaitu proses mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik tekstur dalam objek tertentu, kemudian tekstur tersebut dibuktikan menggunakan persamaan matematika. Dengan begitu hasil analisis tekstur dapat dibandingkan dengan objek lainnya melalui proses pengenalan. Pada penelitian ini, ekstraksi fitur yang digunakan yaitu GLCM, pada GLCM mencirikan suatu tekstur pada gambar dengan mengamati hubungan antara dua piksel pada jarak dan sudut orientasi tertentu [3][8]. GLCM memiliki beberapa fitur, yaitu *contrast*, *correlation*, *energy*, *homogeneity*, *dissimilarity* dan *ASM (Angular Second Moment)*.

- a. *Contrast* menggambarkan sejauh mana intensitas cahaya tersebar dalam suatu gambar [16].

$$Con = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} p(i, j) \quad (1)$$

Dimana $p(i, j)$ merupakan elemen matrix dibaris i dan kolom j .

- b. *Correlation* merupakan suatu teknik yang memanfaatkan metode pelacakan dan registrasi gambar untuk melakukan pengukuran perubahan pada gambar 2D dan 3D dengan tingkat akurasi yang tinggi [16].

$$Corr = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} \frac{(i-\mu_i)*(j-\mu_j)*P(i, j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2)$$

Dimana μ_i, μ_j merupakan rata-rata masing-masing dibaris i dan kolom j . Sementara itu σ_i, σ_j merupakan standar deviasi pada baris dan kolom matrix.

- c. *Energy* adalah ukuran yang menghitung jumlah kuadrat dari setiapentri dalam gambar tersebut. Ketika homogenitas antara piksel-piksel dalam gambar sangat mirip, maka *energy* akan tinggi [16].

$$Energy = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} P(i, j)^2 \quad (3)$$

- d. *Homogeneity* adalah sebuah ukuran yang peka terhadap keberadaan elemen diagonal terdekat pada GLCM, yang merepresentasikan sejauh mana tingkat keabuan antara piksel-piksel yang berdekatan serupa satu sama lain [17].

$$Hg = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} \frac{1}{1+(i-j)^2} P(i, j) \quad (4)$$

- e. *Dissimilarity* (ketidaksamaan) serupa dengan *contrast*. Namun, perbedaannya terletak pada cara penanganan bobot elemen. Alih-alih memberikan bobot secara eksponensial, *dissimilarity* meningkat secara *linear* [17].

$$Dis = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} P(i, j) * |i - j| \quad (5)$$

- f. *Angular Second Moment (ASM)* adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat homogenitas citra, yaitu sejauh mana piksel-piksel dalam citra memiliki kesamaan satu sama lain [18].

$$ASM = \sum_{i=0}^{Ng-1} \sum_{j=0}^{Ng-1} (P(i, j))^2 \quad (6)$$

2.4. K-Nearest Neighbor

KNN adalah metode yang sangat simpel dan dapat diimplementasikan dengan mudah. Adapun tujuan dari KNN adalah mengklasifikasikan suatu objek baru berdasarkan data training dan testing [19]. Keunggulan dari algoritma KNN adalah kemampuannya untuk menangani variasi data latih yang berbeda, dan menjadi lebih efektif ketika digunakan dengan dataset latihan yang besar. Untuk mengetahui nilai akurasi pada klasifikasi citra daun herbal yaitu daun katuk dan daun kelor, maka digunakan metode KNN [20]. Metode KNN menggunakan jarak minimum untuk menentukan tetangga k yang paling dekat, dengan itu akan didapatkan nilai mayoritas dari data baru [2]. Pada KNN terdapat 5 kernel yang digunakan sebagai penghitung jarak, yaitu *Euclidean*, *Manhattan*, *Chebyshev*, *Minkowski*, *Hamming*.

$$d_{euc}(a, b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2} \quad (7)$$

$$d_{man}(a, b) = \sum_{i=1}^n |a_i - b_i| \tag{8}$$

$$d_{che}(a, b) = \max_i |a_i - b_i| \tag{9}$$

$$d_{min}(a, b) = \left(\sum_{i=1}^n |a_i - b_i|^x \right)^{\frac{1}{x}} \tag{10}$$

$$d_{ham}(a, b) = \frac{\sum_i^n |a_i - b_i|}{\sum_i^n |a_i + b_i|} \tag{11}$$

2.5. Convolutional Neural Network

CNN telah banyak digunakan pada data citra, karena memiliki tingkat kedalaman jaringan yang tinggi dan termasuk dalam jenis *Deep Neural Network*. CNN dapat digunakan untuk memproses data 2D dikarenakan memiliki kemampuan mempertahankan informasi special [21]-[23]. Pada penelitian ini CNN digunakan untuk mengklasifikasikan citra daun dengan akurasi yang baik [22]. Tahapan yang digunakan dalam proses CNN yaitu;

a. Lapisan *Convolution*

Pada tahap ini, proses yang dilakukan oleh *convolution* adalah menjalankan operasi *convolution* antara matriks citra dan matriks filter. Matriks filter akan digeser melintasi seluruh permukaan citra untuk menghasilkan matriks fitur (*feature map*) sebagai keluaran [24].

b. Lapisan *Max Pooling*

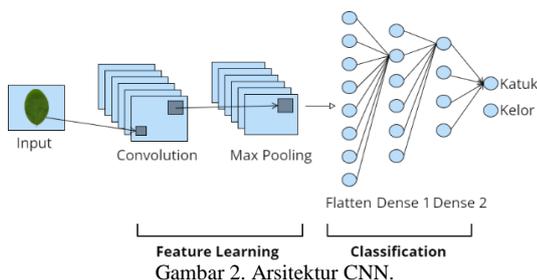
Pada tahap ini, *pooling* digunakan untuk mengurangi ukuran dari matriks fitur (*feature map*). Pada *max pooling* nilai yang diambil adalah nilai maksimum dari area tersebut [24].

c. Lapisan *Flatten*

Pada lapisan ini, *flatten* digunakan untuk mengkonversi peta fitur akhir menjadi vector tunggal berdimensi satu. Proses ini penting agar anda dapat memanfaatkan lapisan terhubung penuh setelah lapisan *convolution* dan *max pooling*. Dengan melakukan *flatten*, maka dapat mengubah representasi spesial dari fitur menjadi representasi linear yang cocok untuk lapisan-lapisan terhubung penuh selanjutnya [24].

d. Lapisan *Dense*

Lapisan ini merupakan sebuah lapisan dalam jaringan saraf yang terhubung secara penuh, yang berarti setiap *neuron* dalam lapisan tersebut menerima masukan dari semua neuron pada lapisan sebelumnya.



Gambar 2. Arsitektur CNN.

Visual lapisan pada CNN dapat dilihat pada Gambar 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dataset yang digunakan merupakan data citra yang diperoleh dari studi lapangan dengan melakukan pemotretan langsung menggunakan kamera ponsel dengan resolusi 64mp. Pada proses pengambilan dataset daun di foto satu per satu diatas latar berwarna putih. Data yang dikumpulkan terdiri dari 2 kelas yaitu daun kelor dan daun katuk dengan total dataset sebanyak 480 citra yang kemudian terbagi menjadi 2 skenario terang dan gelap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dataset

| Nama Kelas | Data Citra | Jumlah |
|------------------|--|--------|
| Daun Katuk |  | 240 |
| Daun Kelor |  | 240 |
| Total Data Citra | | 480 |

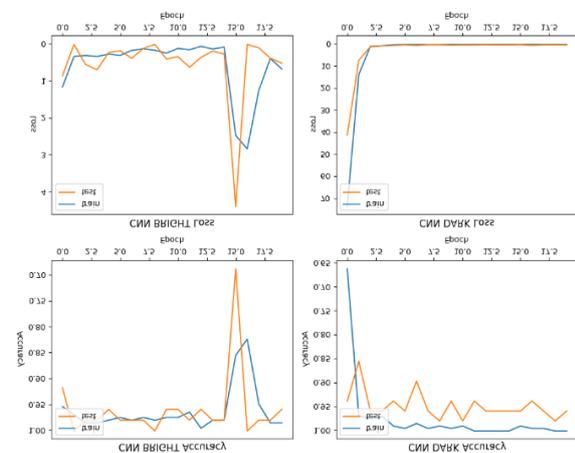
3.1. Klasifikasi CNN

Dilakukan pengujian data citra menggunakan metode CNN. Hasil dari pengujian data terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian CNN

| Skenario | Precision | Recall | F1-Score | Accuracy |
|----------|-----------|--------|----------|----------|
| Gelap | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| Terang | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |

Pada Table 2, hasil klasifikasi pengujian skenario gelap dan terang menunjukkan nilai *precision*, *recall*, *F1-score* dan *accuracy* yang sama yaitu sebesar 96%. Hasil grafik dari pengujian dengan metode CNN Terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Performa CNN

3.2. Ekstraksi Fitur GLCM dengan Metode KNN dan CNN

Dilakukan pengujian pada data citra dengan menggunakan ekstraksi fitur GLCM dengan 2 metode

yaitu KNN dan CNN. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

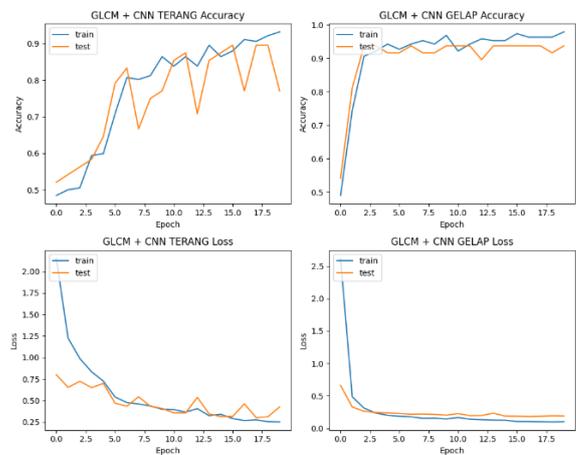
Tabel 3. Hasil pengujian KNN dan CNN dengan ekstraksi fitur GLCM

| Skenario | Performa | Hasil dari Setiap Metode | | | | | GLCM + CNN |
|----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|------------|
| | | GLCM + KNN | | | | | |
| | | Euclidean | Manhattan | Chebyshev | Minkowski | Hamming | |
| Terang | Precision | 0.81 | 0.90 | 0.80 | 0.81 | 0.27 | 0.81 |
| | Recall | 0.82 | 0.90 | 0.80 | 0.82 | 0.50 | 0.78 |
| | F1-Score | 0.81 | 0.90 | 0.79 | 0.81 | 0.35 | 0.77 |
| | Accuracy | 0.81 | 0.90 | 0.79 | 0.81 | 0.54 | 0.77 |
| Gelap | Precision | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 0.88 | 0.27 | 0.94 |
| | Recall | 0.87 | 0.89 | 0.91 | 0.87 | 0.50 | 0.94 |
| | F1-Score | 0.87 | 0.89 | 0.92 | 0.87 | 0.35 | 0.94 |
| | Accuracy | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 0.88 | 0.54 | 0.94 |

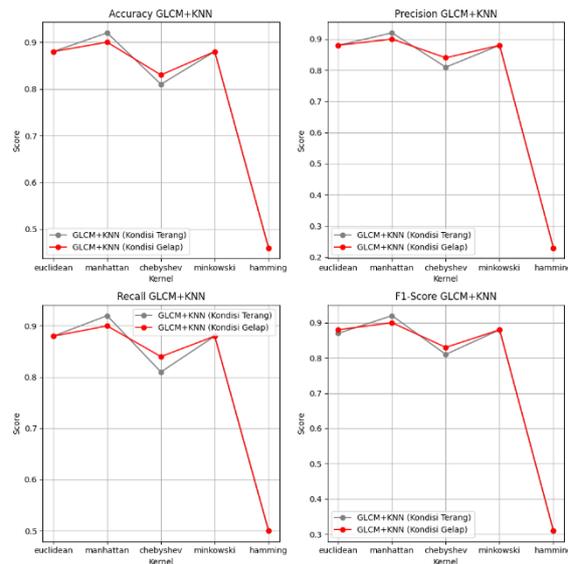
Tabel 3. menunjukkan hasil klasifikasi KNN dengan ekstraksi fitur GLCM, pada skenario terang, Manhattan merupakan nilai kernel tertinggi dengan precision, recall, F1-score dan accuracy sebesar 90%. Sedangkan pada skenario gelap, nilai tertinggi terdapat pada kernel Chebyshev dengan precision sebesar 92%, recall sebesar 91%, F1-score sebesar 92% dan accuracy sebesar 92%.

Nilai terendah dengan skenario terang dan gelap berada pada kernel Hamming dengan precision sebesar 27%, recall sebesar 50%, F1-score sebesar 35% dan accuracy sebesar 54%.

Hasil klasifikasi CNN dengan ekstraksi fitur GLCM, terlihat bahwa nilai precision, recall, F1-score dan accuracy tertinggi berada pada skenario gelap dengan nilai 94%. Adapun grafik hasil dari metode KNN dan CNN dengan ekstraksi fitur GLCM terlihat pada Gambar 4. dan Gambar 5.



Gambar 5. Performa GLCM + CNN



Gambar 4. Performa GLCM + KNN

4. DISKUSI

Hasil dari penelitian ini menunjukkan jika CNN tanpa GLCM mampu menghasilkan nilai yang sangat akurat dan efektif dalam memprediksi data. Accuracy yang diperoleh sangat baik, yaitu sebesar 96%. Adapun nilai precision sebesar 96% dan nilai recall sebesar 96%. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa metode CNN tanpa GLCM mampu mengenali hampir seluruh data yang diberikan.

Pada penelitian sebelumnya [4][5] menggunakan metode yang sama yaitu CNN. Penelitian [4] pengenalan terhadap daun jambu, kunyit, laos, mengkudu dan pegagan, memiliki hasil accuracy pada data training sebesar 94,45%, dan nilai accuracy pada data testing sebesar 93,62%. Sedangkan pada penelitian [5] mendeteksi penyakit pada daun kentang menghasilkan nilai accuracy sebesar 95%. Dengan demikian hasil performa yang diperoleh pada penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian terhadap daun herbal yaitu daun katuk dan daun kelor, dengan dataset yang digunakan dibagi menjadi 2 kelas yaitu gelap dan terang, pada masing-masing kelas terdapat

240 data. Pada pengujian yang telah dilakukan menggunakan metode KNN dan CNN dengan ekstraksi fitur GLCM.

Hasil pengujian metode dari keseluruhan, CNN memiliki nilai *accuracy* tertinggi sebesar 96%, sedangkan pada hasil pengujian menggunakan ekstraksi fitur GLCM nilai *accuracy* tertinggi berada pada pengujian CNN skenario gelap dengan *accuracy* 94%. Jadi metode CNN dapat disarankan pada klasifikasi citra daun herbal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. P. Arisanti and Y. Yamasari, "Mengenal Jenis Tanaman Obat Berbasis Pola Citra Daun dengan Algoritma K-Nearest Neighbors," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 3, no. 02, pp. 95–103, 2021, doi: 10.26740/jinacs.v3n02.p95-103.
- [2] S. A. Rosiva Srg, M. Zarlis, and W. Wanayumini, "Identifikasi Citra Daun dengan GLCM (Gray Level Co-Occurence) dan K-NN (K-Nearest Neighbor)," *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 21, no. 2, pp. 477–488, 2022, doi: 10.30812/matrik.v21i2.1572.
- [3] F. S. Ni'mah, T. Sutojo, and D. R. I. M. Setiadi, "Identification of Herbal Medicinal Plants Based on Leaf Image Using Gray Level Co-occurrence Matrix and K-Nearest Neighbor Algorithms," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 51–56, 2018, doi: 10.14710/jtsiskom.6.2.2018.51-56.
- [4] Haryono, Khairul Anam, and Azmi Saleh, "Autentikasi Daun Herbal Menggunakan Convolutional Neural Network dan Raspberry Pi," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 3, pp. 278–286, 2020, doi: 10.22146/v9i3.302.
- [5] A. J. Rozaqi, A. Sunyoto, and M. rudyanto Arief, "Deteksi Penyakit Pada Daun Kentang Menggunakan Pengolahan Citra dengan Metode Convolutional Neural Network," *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 8, no. 1, p. 22, 2021, doi: 10.24076/citec.2021v8i1.263.
- [6] M. A. Hasan, Y. Riyanto, and D. Riana, "Grape leaf image disease classification using CNN-VGG16 model," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 218–223, 2021, doi: 10.14710/jtsiskom.2021.14013.
- [7] C. Paramita, E. Hari Rachmawanto, C. Atika Sari, and D. R. Ignatius Moses Setiadi, "Klasifikasi Jeruk Nipis Terhadap Tingkat Kematangan Buah Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan K-Nearest Neighbor," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.30591/jpit.v4i1.1267.
- [8] Q. Said, I. Ernawati, and M. M. Santoni, "Identifikasi Tuberkulosis Paru Berdasarkan Foto Sinar-X Thorax Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Inform. J. Ilmu Komput.*, vol. 17, no. 1, 2021, doi: 10.52958/iftk.v17i1.2222.
- [9] M. Yunianto *et al.*, "Klasifikasi Kanker Paru Paru menggunakan Naïve Bayes dengan Variasi Filter dan Ekstraksi Ciri GLCM," *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 11, no. 2, p. 256, 2021, doi: 10.13057/ijap.v11i2.53213.
- [10] M. F. Naufal *et al.*, "Klasifikasi Citra Game Batu Kertas Gunting Menggunakan Convolutional Neural Network," *Techno.Com*, vol. 20, no. 1, pp. 166–174, 2021, doi: 10.33633/tc.v20i1.4273.
- [11] L. Farokhah, "Implementasi K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Bunga Dengan Ekstraksi Fitur Warna RGB," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 6, p. 1129, 2020, doi: 10.25126/jtiik.2020722608.
- [12] F. F. Maulana and N. Rochmawati, "Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 1, no. 02, pp. 104–108, 2020, doi: 10.26740/jinacs.v1n02.p104-108.
- [13] Luqman Hakim, Z. Sari, and H. Handhajani, "Klasifikasi Citra Pigmen Kanker Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 379–385, 2021, doi: 10.29207/resti.v5i2.3001.
- [14] D. Iswantoro and D. Handayani UN, "Klasifikasi Penyakit Tanaman Jagung Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 22, no. 2, p. 900, 2022, doi: 10.33087/jiubj.v22i2.2065.
- [15] T. Winanda, Y. Yunus, and H. Hendrick, "Klasifikasi Kualitas Mutu Daun Gambir Ladang Rakyat Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 3, no. 3, pp. 102–107, 2021, doi: 10.37034/jsisfotek.v3i3.156.
- [16] O. R. Indriani and C. A. Sari, "Tomatoes Classification Using K-NN Based on GLCM and HSV Color Space," *Int. Conf. Innov. Creat. Inf. Technol. Comput. Intell. IoT, ICITech*, no. November, 2017, doi: 10.1109/INNOCIT.2017.8319133.
- [17] Y. Park and J. Guldmann, "Measuring Continuous Landscape Patterns with Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Indices : An Alternative to Patch Metrics ?," *Ecol. Indic.*, no. February, 2020, doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105802.
- [18] C. Journal, D. B. Wahyudi, and F. W. Wibowo, "Pola Tekstur Permukaan untuk Klasifikasi Mutu Ubin Teraso Menggunakan

- GLCM dan KNN,” *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 49–57, 2018.
- [19] I. A. A. S. Pratiwi and A. W. Wijayanto, “Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia dengan Metode K-Nearest Neighbor dan Support Vector Machine di Pulau Jawa,” *J. Ilmu Komput.*, vol. 15, no. 1, pp. 8–21, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jik/article/download/68565/44248>.
- [20] D. A. N. Pca, “Klasifikasi tingkat kematangan buah kopi berdasarkan deteksi warna menggunakan metode knn dan pca,” *JSil (Jurnal Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 2, pp. 88–95, 2021.
- [21] N. Rachmat and B. J. Saputra, “Klasifikasi Video Olahraga Berdasarkan Citra Berbasis Konten Menggunakan Segmentasi Superpixel Sport Video Classification Based on Content Image with Superpixel Segmentation,” *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 11, no. 28, 2022, doi: 10.34010/komputika.v11i1.4542.
- [22] S. Juliansyah and A. D. Laksito, “Klasifikasi Citra Buah Pir Menggunakan Convolutional Neural Networks,” *InComTech J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 65–72, 2021.
- [23] H. Saleh *et al.*, “K-Nearest Neighbor Berbasis Seleksi Atribut Chi Square,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, 2023.
- [24] R. Magdalena, S. Saidah, I. Da, Y. N. Fuadah, N. Herman, and N. Ibrahim, “Convolutional Neural Network for Anemia Detection Based on Conjunctiva Palpebral Images,” *J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 349–354, 2022.