

HYBRID MATRIK CO-OCCURRENCE DAN LVQ PADA KLASIFIKASI CITRA VARIAN KUE LUMPUR BAKAR

Kholifatul Ardi Al Haq^{1*}, Supatman²

^{1,2}Informatika, Universitas Mercu Buana Yogyakarta; Jl. Jembatan Merah No. 84C Gejayan, Yogyakarta 55283; 0274-584922

Keywords:

Klasifikasi Citra;
Varian Kue Lumpur Bakar;
GLCM;
LVQ.

Correspondent Email:

¹211110055@student.mercub
uana-yogya.ac.id

²supatman@mecubuna-
yogya.ac.id

Abstrak. Kue lumpur bakar merupakan salah satu makanan tradisional dengan berbagai rasa yang sedang populer di Indonesia. Kemiripan secara visual antar varian rasa original, coklat, keju, dan kelapa menjadi kendala dalam membedakan jenis rasa makanan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode klasifikasi varian kue lumpur bakar menggunakan pendekatan hybrid Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Learning Vector Quantization (LVQ). GLCM digunakan untuk mengekstraksi fitur tekstur seperti kontras dan homogenitas dari citra, selanjutnya LVQ digunakan dalam mengklasifikasikan citra berdasarkan fitur-fitur varian rasa kue lumpur. Eksperimen dilakukan terhadap 200 data dengan rasio data latih dan uji (80:20). Hasil pengujian diperoleh akurasi sebesar 86% pada parameter learning rate 0.001 dan dec alfa 0.9. Temuan ini membuktikan bahwa pendekatan hybrid GLCM dan LVQ mampu mengenali perbedaan varian rasa, serta berpotensi diterapkan dalam sistem otomatisasi pengenalan varian kue lumpur.

Abstract. Current trends indicate that baked mud cake is one of the traditional foods with a variety of flavorings that is popular in some parts of Indonesia. The obvious visual similarities between the original flavor and the chocolate, cheese, and coconut flavors mean that it is difficult to distinguish these kinds of flavor counter-actions. This research aims to find a hybrid approach to classifying baked mud cake variants using hybrid Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) and Learning Vector Quantization (LVQ). GLCM helps to extract texture features such as contrast and homogeneity from the cake images, and the LVQ is used to classify the images based on the features extracted with the GLCM. The experiment was carried out on 200 data samples with a training/test ratio of 80:20. The test results achieved an accuracy rate of 86% with a learning rate parameter of 0.001 and a dec alpha of 0.9. The results in this study show that a hybrid GLCM and LVQ is capable of recognizing the differences between flavor variants and has the potential to be used in an automatic baking mud cake variant recognition system.

1. PENDAHULUAN

Kue lumpur bakar merupakan salah satu varian pangan tradisional populer di Indonesia baik dari sisi bahan, teknik pengolahan, maupun variasi rasa. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ubi jalar Cilembu dalam pembuatan kue lumpur dapat meningkatkan cita rasa manis alami sekaligus memperkaya kandungan serat dan karbohidrat kompleks yang mudah dicerna [1]. Selain itu, ubi jalar

jenis ini memberi warna dan tekstur khas yang dapat dikenali melalui citra digital.

Inovasi lainnya mencampurkan pisang Ambon dan tepung kacang hijau sebagai bahan dasar alternatif, yang terbukti dapat meningkatkan nilai gizi, terutama protein nabati, serta menciptakan tekstur lembut yang bervariasi antar varian rasa [2]. Kombinasi ini membuka peluang penelitian di bidang pengolahan citra makanan karena menghasilkan perbedaan tekstur permukaan yang signifikan.

Penelitian juga menemukan bahwa tepung pisang raja sebagai substitusi dalam kue lumpur mampu menambah kandungan kalium, yang sangat bermanfaat bagi penderita hipertensi, sekaligus memperkuat potensi klasifikasi visual produk [3].

Seiring meningkatnya diversifikasi varian rasa seperti coklat, kelapa, keju, dan original, klasifikasi otomatis berbasis citra digital menjadi penting. Salah satu teknik utama yang digunakan adalah Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), yang menganalisis pola tekstur permukaan dalam bentuk matriks ko-okurensi abu-abu [4]. GLCM terbukti mampu meningkatkan akurasi klasifikasi ketika digabungkan dengan metode pembelajaran mesin [5], dalam penelitian permukaan jalan, GLCM mampu mengelompokkan jenis tekstur mikroskopis dengan algoritma k-NN [6].

Aplikasi GLCM juga meluas ke bidang budaya, seperti klasifikasi citra wayang dengan kombinasi SVM, menghasilkan deteksi elemen visual tradisional yang detail [7]. Penggunaan multikernel SVM dalam klasifikasi batik pun terbukti akurat dengan gabungan fitur GLCM dan LBP [8]. Untuk klasifikasi sampah, metode GLCM dan GLRLM mampu membedakan jenis sampah dengan akurasi tinggi, terutama dengan bantuan improved k-NN [9].

Di bidang botani, kombinasi GLCM, CNN, dan Naïve Bayes mampu mengklasifikasikan daun herbal berdasarkan tekstur dengan akurasi tinggi [10], dan pada tekstur kain, metode ini mampu digunakan bersama k-NN [11]. Dalam sektor industri, deteksi korosi pada logam menggunakan kombinasi GLCM, GLRLM, dan LBP untuk pemetaan kerusakan secara visual [12].

Dalam dunia medis, GLCM dan SVM digunakan untuk klasifikasi penyakit kulit, menunjukkan kemampuan mengenali tekstur kompleks dengan baik [13]. Sistem serupa diterapkan untuk mendeteksi infeksi pada daun kopi robusta [14], Penelitian lain yang serupa kombinasi GLCM dengan SVM untuk mengklasifikasikan kualitas daun tembakau berdasarkan tekstur [15]. Selain GLCM, Learning Vector Quantization (LVQ) adalah algoritma klasifikasi yang cocok untuk data berbasis fitur multidimensi seperti tekstur citra makanan. LVQ memiliki keunggulan dalam proses pelatihan yang relatif cepat dan mampu membedakan pola halus pada citra. Oleh karena

itu, LVQ banyak digunakan dalam klasifikasi citra makanan dan aplikasi lain, seperti klasifikasi diabetes [16].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kue Lumpur

Kue lumpur bakar merupakan salah satu kue tradisional yang populer, kue lumpur bakar dikenal karena teksturnya yang lembut dan cita rasa manis. Kue ini biasanya berbentuk bulat pipih dengan permukaan kecoklatan dan berwarna kuning muda. Tekstur lembutnya berasal dari campuran kentang kukus yang dihaluskan, dikombinasikan dengan tepung terigu, santan, telur, gula, dan margarin. Kue ini banyak digemari karena aroma wangi dan bahan-bahannya yang mudah diperoleh. Inovasi pada kue lumpur, seperti penggunaan ubi jalar, tepung pisang raja, atau pisang ambon, semakin memperkaya variasi rasa, tekstur, dan nilai gizinya.[1]

2.2 Citra Digital

Citra digital adalah representasi objek dua dimensi berupa kumpulan piksel berwarna yang digunakan dalam berbagai bidang seperti seni, teknik, dan pengolahan visual. [17]. Pengolahan citra digital bertujuan memperbaiki kualitas citra agar lebih mudah diinterpretasi oleh manusia maupun komputer, baik pada gambar diam maupun bergerak. Metode pengolahan citra meliputi analisis matematis pada piksel maupun bentuk geometris objek.

2.3 GLCM

Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) adalah metode untuk ekstraksi fitur tekstur pada citra digital. GLCM mampu mendeteksi perbedaan halus dalam tekstur, seperti kontras dan homogenitas, yang berguna dalam analisis tekstur makanan [10].

GLCM menghitung frekuensi kemunculan pasangan piksel dengan nilai intensitas tertentu dalam jarak dan arah tertentu. Parameter utama yang diekstrak meliputi kontras dan homogenitas, yang menggambarkan perbedaan lokal dan kesamaan antara piksel. Parameter-parameter utama yang umum digunakan antara lain:

- **Kontras**, yang mengukur tingkat perbedaan lokal dalam citra:

$$\text{Kontras} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (i-j)^2 \cdot P(i,j) \quad (1)$$

Di mana $P(i,j)$ merupakan elemen dalam matriks GLCM, i, j merupakan indeks baris dan kolom pada GLCM, dan N : jumlah level intensitas dalam citra.

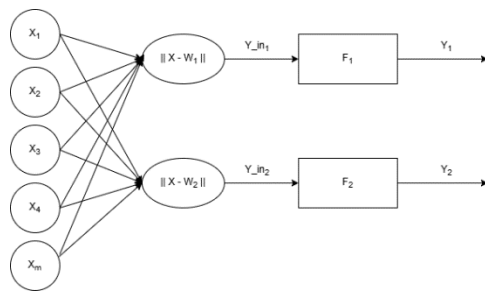
- **Homogenitas**, yang menunjukkan kemiripan nilai piksel dengan tetangganya:

$$\text{Homogenitas} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{P(i,j)}{1 + (i-j)^2} \quad (2)$$

Di mana $P(i,j)$ merupakan elemen dalam matriks GLCM, i, j merupakan indeks baris dan kolom pada GLCM, dan N : jumlah level intensitas dalam citra.

2.4 LVQ

LVQ adalah teknik pembelajaran mesin yang digunakan untuk klasifikasi data berdasarkan pola yang telah dipelajari[18].



Gambar 1. Arsitektur Jaringan LVQ

Arsitektur dari metode LVQ yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1. Arsitektur ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu lapisan input, proses perhitungan jarak, dan lapisan output.

- Lapisan input menerima input informasi sebagai masukan LVQ.
- Selanjutnya, pada bagian tengah arsitektur ditunjukkan proses perhitungan jarak antara vektor input x

dengan bobot prototipe kelas ω , yang dihitung menggunakan metode jarak Euclidean.

- Hasil perhitungan tersebut diteruskan ke lapisan output yang berfungsi menentukan kelas akhir F dari citra.

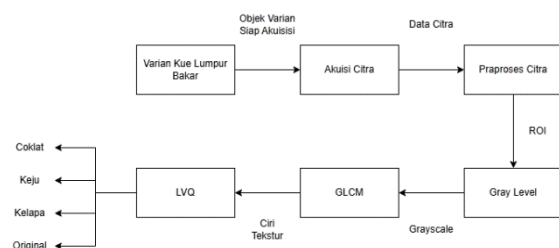
Arsitektur ini menggambarkan alur dari proses klasifikasi yang dilakukan oleh metode LVQ, mulai dari penerimaan fitur, penghitungan jarak, hingga pengambilan keputusan klasifikasi akhir.

2.5 Hybrid GLCM dan LVQ

Metode hybrid merupakan penggabungan metode GLCM dan LVQ secara sekuensial dimana metode GLCM berfungsi untuk mengekstraksi fitur tekstur dari citra grayscale. Sedangkan metode LVQ berfungsi sebagai algoritma klasifikasi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen seperti yang dijelaskan pada blok diagram di Gambar 2. Data yang digunakan berupa citra kue lumpur bakar dari berbagai varian rasa, yaitu coklat, keju, kelapa, dan original. Citra-citra tersebut kemudian dianalisis untuk mengklasifikasikan varian rasa berdasarkan visual tekstur permukaan kue.



Gambar 2 Blok Diagram

3.1 Varian Kue Lumpur Bakar

Kue lumpur bakar merupakan makanan tradisional khas Indonesia yang memiliki tekstur lembut dan rasa manis. Kue lumpur bakar ini hadir dalam berbagai varian yang dibedakan berdasarkan bahan utama, warna, dan topping. Keragaman varian tersebut

menjadi masalah dalam klasifikasi citra karena perbedaan visual antar varian seringkali sangat halus. Pemilihan varian dilakukan berdasarkan banyaknya minat pembeli dan kejelasan visual masing-masing jenis.

Tabel 1 Varian Kue Lumpur Bakar

Nama Varian	Foto
Varian Coklat	
Varian Keju	
Varian Kelapa	
Varian Original	

3.2 Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra dilakukan dengan mengambil citra varian kue lumpur bakar menggunakan kamera digital yang sudah diatur pencahayaan dan jaraknya 30cm secara alamiah dengan resolusi 4032 x 4024 piksel. Hasil citra akuisisi kue lumpur bakar ditunjukkan pada Tabel 1.

3.3 Praproses Citra

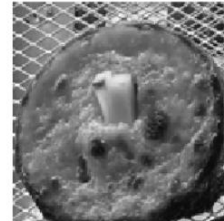
Selanjutnya, pada praproses citra dimana citra hasil akuisisi dilakukan pemotongan citra dengan ukuran 510 x 520 piksel.

Gambar Asli (RGB)



Gambar 3 Citra 2D Kue Lumpur Bakar

Gambar Keabuan (Grayscale)



Gambar 4 Citra 2D Kue Lumpur Bakar Keabuan

3.4 Gray Level

Proses Gray Level dilakukan dengan mengubah citra dari RGB ke skala keabuan. Hasil proses dari RGB ke gray level ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

3.5 GLCM

Proses ekstraksi fitur tekstur dilakukan dengan menghitung matriks GLCM pada sudut 0°, 45°, 90°, dan 135°. Dari matriks tersebut, fitur kontras dan homogenitas diekstrak dan disusun menjadi vektor fitur yang menggambarkan pola tekstur pada citra.

3.6 LVQ

Proses klasifikasi menggunakan LVQ di dahului training(pelatihan) dilanjutkan pengujian. Algoritma pelatihan dan pengujian dengan LVQ sebagai berikut:

Algoritma Pelatihan

Step 0. Inisialisasi Parameter Model LVQ

- Tentukan nilai laju pembelajaran α .
- Tentukan jumlah epoch maksimal.
- Tentukan dec α rate untuk pengurangan learning rate.
- Tentukan ambang batas learning rate minimum α_{min} .
- Inisialisasi bobot prototipe ω untuk setiap kelas secara acak atau dengan mengambil sampel dari data pelatihan.

Step 1. Iterasi Pelatihan Hingga Kondisi Berhenti Terpenuhi

- Untuk setiap pasangan data latih (x_i, t_i)

Step 2. Hitung Jarak Euclidean

- Hitung jarak Euclidean antara ω_i dan semua bobot prototipe ω_j :

$$D(x_i, w_j) = \sqrt{(x_{i1} - w_{j1})^2 + (x_{i2} - w_{j2})^2}$$

- Tentukan bobot prototipe terdekat ω_{min} sebagai yang memiliki jarak minimum:

$$\omega_{min} \leftarrow \underset{j}{\operatorname{argmin}} D(x_i - w_j)$$

Step 3. Pembaruan Bobot Prototipe

- Jika kelas bobot terdekat ω_{min} sama dengan target τ , maka bobot diperbarui menuju input:

$$\omega_{min}^{new} = \omega_{min}^{old} + \alpha \cdot (x_i - \omega_{min}^{old})$$

- Jika kelas bobot terdekat berbeda dengan target, bobot diperbarui menjauhi input:

$$\omega_{min}^{new} = \omega_{min}^{old} - \alpha \cdot (x_i - \omega_{min}^{old})$$

Step 4. Pengurangan Laju Pembelajaran dan Evaluasi Kondisi Berhenti

- Kurangi nilai α secara bertahap, misalnya:

$$\alpha = \alpha \cdot \operatorname{dec} \alpha \quad (0 < \operatorname{dec} \alpha < 1)$$

- Hentikan proses pelatihan jika jumlah epoch maksimal tercapai atau perubahan bobot sudah sangat kecil.

Algoritma Pengujian

Step 0. Perhitungan Jarak Euclidean

- Hitung jarak Euclidean antara ω_i dan semua bobot prototipe ω_j :

$$D(x_i, w_j) = \sqrt{(x_{i1} - w_{j1})^2 + (x_{i2} - w_{j2})^2}$$

Step 1. Penentuan Kelas

- Tentukan kelas citra uji berdasarkan prototipe dengan jarak terdekat.

Step 2. Selesai.

Parameter-parameter LVQ yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alfa(α), decalfa($\operatorname{dec} \alpha$), dan epoch, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter LVQ

Parameter	Nilai
Data Latih	140
Data Uji	60
Target Klasifikasi	4 Kelas: (1) Coklat, (2) Keju, (3) Kelapa, (4) Original
Alfa (α)	0.1; 0.01; 0.001
Dec Alfa ($\operatorname{dec} \alpha$)	0.1; 0.5; 0.9
Min Alfa	0.00001
Max Epoch	100

Tabel 2 menyajikan parameter yang digunakan dalam pelatihan model Learning Vector Quantization (LVQ) untuk klasifikasi citra varian kue lumpur bakar. Data latih sebanyak 140 citra dan data uji sebanyak 60 citra, dengan target klasifikasi terdiri dari empat kelas: Coklat, Keju, Kelapa, dan Original. Nilai alfa (α) divariasikan menjadi 0.1, 0.01, dan 0.001 sebagai laju pembelajaran awal. Penurunan alfa dilakukan secara bertahap menggunakan nilai dec alfa ($\operatorname{dec} \alpha$) sebesar 0.1, 0.5, dan 0.9. Alfa minimum ditetapkan pada 0.00001, dan pelatihan dijalankan maksimal hingga 100 epoch.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ekstraksi fitur kontras dan homogenitas untuk data latih dan data uji ditampilkan. Dari total 200 data yang tersedia, dipilih 140 data untuk direpresentasikan dalam Tabel 2, sedangkan keseluruhan fitur 60 data uji disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Ekstraksi Ciri Data Latih

No	Data Latih Ke	Kontras	Homogenitas
1	DL1	237.7384	0.2780
2	DL2	138.3707	0.2834
3	DL3	435.8282	0.2006
4	DL4	84.8143	0.3428
5	DL5	778.2545	0.1900
6	DL6	598.9486	0.2181
7	DL7	849.5659	0.2219

8	DL8	861.1267	0.1709
9	DL9	1429.4115	0.1419
10	DL10	1178.7624	0.1448
11	DL11	546.7541	0.1925
12	DL12	308.9588	0.2377
13	DL13	1232.2769	0.1559
14	DL14	874.3683	0.1506
15	DL15	588.1932	0.1951
16	DL16	627.8551	0.1766
17	DL17	538.5623	0.1986
18	DL18	801.2018	0.1586
19	DL19	267.2518	0.2470
...		...	...
140	DL140	309.2472	0.2240

Tabel 3 menampilkan hasil ekstraksi fitur dari data latih menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM). Fitur tekstur yang diukur adalah kontras dan homogenitas dari citra varian kue lumpur bakar. Kontras menunjukkan variasi intensitas antar piksel, dengan nilai tinggi berarti tekstur lebih bervariasi. Homogenitas mencerminkan keteraturan tekstur, di mana nilai tinggi menunjukkan tekstur yang lebih seragam.

Tabel 4 Hasil Ekstraksi Ciri Data Uji

No	Data Uji Ke	Kontras	Homogenitas
1	DU1	924.6767	0.1982
2	DU2	492.8897	0.2096
3	DU3	652.6220	0.1701
4	DU4	1051.1970	0.1473
5	DU5	1019.6751	0.1539
6	DU6	762.7985	0.1929
7	DU7	1319.3465	0.1299
8	DU8	1286.0510	0.1398
9	DU9	851.7320	0.1924
10	DU10	186.6277	0.2759
11	DU11	44.4073	0.3935
12	DU12	140.0338	0.3160
13	DU13	374.9010	0.2500
14	DU14	294.4080	0.2731
15	DU15	404.1439	0.2496
16	DU16	564.4412	0.2081
17	DU17	599.3624	0.2157
18	DU18	376.9113	0.2789
19	DU19	212.9195	0.3147
...		...	...
60	DU60	175.1665	0.2664

Tabel 4 menyajikan data uji yang digunakan untuk mengevaluasi model LVQ yang dilatih dengan fitur GLCM. Data uji ini berasal dari citra varian kue lumpur bakar yang berbeda dengan data latih, mencakup kelas coklat, keju, kelapa, dan original.

Tabel 5 Hasil Penelitian

Dec α	α	Epoch	Akurasi (%)
0.1	0.1	88	83%
	0.01	66	83%
	0.001	44	85%
0.3	0.1	26	85%
	0.01	20	83%
	0.001	13	86%
0.5	0.1	14	86%
	0.01	10	83%
	0.001	7	86%
0.7	0.1	8	86%
	0.01	6	83%
	0.001	4	86%
0.9	0.1	4	80%
	0.01	3	85%
	0.001	2	86%

Tabel 5 menunjukkan hasil akurasi pengujian model LVQ dengan variasi nilai dec α , α , dan jumlah epoch. Akurasi tertinggi sebesar 86% diperoleh pada kombinasi dec α sebesar 0.9 dengan α sebesar 0.001, dalam 2 epoch pelatihan. Akurasi tinggi juga diperoleh pada dec α antara 0.3 sampai 0.7 dengan jumlah epoch antara 4 sampai 13 epoch. Sebaliknya, pada dec α sebesar 0,1, model memerlukan epoch antara 44 hingga 88 iterasi, untuk mencapai akurasi sekitar 83-85%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan α yang lebih lambat dapat mempercepat proses pelatihan tanpa mengorbankan akurasi.

Metode hybrid GLCM dan LVQ mampu membedakan varian kue lumpur bakar berdasarkan fitur tekstur seperti kontras dan homogenitas. Fitur-fitur ini menggambarkan tekstur kue lumpur bakar tiap varian sehingga memungkinkan klasifikasi dengan akurasi hingga 86%.

Metode ini memiliki potensi besar dalam industri pangan sebagai alat otomatisasi pengenalan dan klasifikasi produk makanan berbasis tekstur visual. Selain itu, dapat dikembangkan untuk mendukung kontrol

kualitas produksi kue lumpur bakar dan produk sejenis. Keterbatasan utama penelitian ini adalah ukuran sampel yang masih terbatas yaitu 140 data latih dan 60 data uji. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan jumlah data lebih besar dan variasi kondisi pengujian diperlukan untuk meningkatkan generalisasi dan keandalan model.

5. KESIMPULAN

- a. Metode hybrid GLCM dan LVQ berhasil mengklasifikasikan citra varian rasa kue lumpur bakar dengan akurasi mencapai 86%. Metode ini mampu dalam mengekstraksi fitur tekstur serta melakukan klasifikasi dengan parameter alfa 0.001 dan dec alfa 0.9. Kelebihan metode ini terletak pada akurasi yang tinggi dan waktu pelatihan yang singkat, meskipun masih memiliki keterbatasan pada ukuran sampel yang relatif kecil serta ruang lingkup pengujian yang terbatas.
- b. Studi lanjutan sangat diperlukan dengan jumlah data latih dan uji yang lebih besar serta variasi kondisi pengujian yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan oleh penulis kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam kelancaran pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Apriadi and K. A. Ekasani, "Kualitas Kue Lumpur Berbahan Campuran Ubi Jalar Cilembu," *J. Ilm. Pariwisata dan Bisnis*, vol. 2, no. 7, pp. 1654–1663, 2023, doi: 10.22334/paris.v2i7.489.
- [2] Felia Rana Amanda, Any Sutiadiningsih, Asrul Bahar, and Lilis Sulandari, "Inovasi Kue Lumpur Berbahan Dasar Pisang Ambon Dan Tepung Kacang Hijau," *J. Creat. Student Res.*, vol. 1, no. 4, pp. 445–459, 2023, doi: <https://doi.org/10.55606/jcsrpolitama.v1i4.2328>.
- [3] P. Noviyanti, "Pembuatan Kue Lumpur dengan Substitusi Tepung Pisang Raja sebagai Makanan Selingan Tinggi Kalium untuk Penderita Hipertensi," *Heal. Media*, vol. 4, no. 2, pp. 1–17, 2023, doi: <https://doi.org/10.55756/hm.v4i2.129>.
- [4] F. Tatrini Kurniati *et al.*, "GLCM-Based Feature Combination for Extraction Model Optimization in Object Detection Using Machine Learning," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 9, no. 4, pp. 1196–1205, 2023, doi: 10.26555/jiteki.v9i4.27842.
- [5] A. A. Fauzi, F. Utaminigrum, and F. Ramdani, "Road surface classification based on LBP and GLCM features using KNN classifier," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 9, no. 4, pp. 1446–1453, 2020, doi: 10.11591/eei.v9i4.2348.
- [6] M. Muhathir, M. H. Santoso, and D. A. Larasati, "Wayang Image Classification Using SVM Method and GLCM Feature Extraction," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 373–382, 2021, doi: 10.31289/jite.v4i2.4524.
- [7] P. N. Andono and E. H. Rachmawanto, "Evaluasi Ekstraksi Fitur GLCM dan LBP Menggunakan Multikernel SVM untuk Klasifikasi Batik," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.29207/resti.v5i1.2615.
- [8] K. Telaumbanua, S. Sudarto, F. Butar-Butar, and P. S. Bilqis, "Identifikasi Sampah Berdasarkan Tekstur Dengan Metode GLCM dan GLRLM Menggunakan Improved KNN," *Explorer (Hayward)*, vol. 1, no. 2, pp. 45–52, 2021, doi: 10.47065/explorer.v1i2.94.
- [9] Adela Regita Azzahra, Purnawansyah, H. Darwis, and D. Widyawati, "Klasifikasi Daun Herbal Menggunakan Metode CNN dan Naïve Bayes dengan Fitur GLCM," *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 12, no. 4, 2023, doi: 10.33022/ijcs.v12i4.3362.
- [10] M. A. Lutfia, F. X. A. Setyawan, S. Alam, T. Yulianti, and H. Fitriawan, "Implementasi Ekstraksi Fitur Menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM) dan K-Nearest Neighbor (K-NN) Untuk Klasifikasi Jenis Kain Dasar," *Semin. Nas. Tek. Elek.*, pp. 3–8, 2023.
- [11] M. R. Aohana, R. N. L. Hidhayah, M. J. Andara, N. Amara, and F. Bimantoro, "Review Komprehensif: Ekstraksi Fitur GLCM, GLRLM, dan LBP untuk Pendeteksian Korosi," *Semin. Nas. Teknol. Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 82–90, 2024, doi: 10.33022/ijcs.v12i4.3362.

- 10.29407/stains.v3i1.4352.
- [12] Rizky Adawiyah and Dadang Iskandar Mulyana, "Optimasi Deteksi Penyakit Kulit Menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM) dan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)," *Inf. (Jurnal Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 14, no. 1, pp. 18–33, 2022, doi: 10.37424/informasi.v14i1.138.
- [13] A. Supriyanto, R. Rizal Isnanto, and O. D. Nurhayati, "Robusta Coffee Leaf Disease Classifications Using SVM Method and GLCM Feature Extraction," *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 4, pp. 241–248, 2023.
- [14] F. Agustina and Z. A. Ardiansyah, "Identifikasi Citra Daging Ayam Kampung dan Broiler Menggunakan Metode GLCM dan Klasifikasi-NN Image Identification of Local Chicken Meat and Broiler Chicken Meat Using GLCM Method and K-NN Classification," *25 J. Infokam*, vol. XVI, no. 1, 2020, doi: <https://doi.org/10.53845/infokam.v16i1.196>.
- [15] S. Sriani and Y. Rizky, "Klasifikasi Kualitas Daun Tembakau Menggunakan Glcm (Gray Level Co-Occurrence Matrix) Dan Svm (Support Vector Machine)," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 3342–3349, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4599.
- [16] E. A. Sianipar *et al.*, "Optimasi Klasifikasi Penyakit Diabetes Dengan Algoritma Learning Vector Quantization (LVQ)," *J. Comput. Sci. INFORMATICS Eng.*, vol. 04, no. 2, pp. 72–84, 2025.
- [17] J. Jumadi, Y. Yupianti, and D. Sartika, "Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.)*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33636.
- [18] A. Sah, A. D. Alexander, and A. M. Tanniewa, "Pengembangan Model Klasifikasi Citra Penyakit Daun Lada Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ)," *J. Ilm. Inform. DAN ILMU Komput.*, vol. 4, pp. 34–44, 2025, doi: <https://doi.org/10.58602/jima-ilkom.v4i1.53>.