



ANALISIS KINERJA METODE GLCM DAN LS-SVM DALAM KLASIFIKASI CITRA SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK

Michelyn Angela Sabatini Rajagukguk¹⁾, Ahmad Fauzi²⁾, Bambang Wijonarko³⁾

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

email: ¹ rajagukgukmichelyn@gmail.com, ² ahmad.azy@bsi.ac.id, ³ ambang.brwo@bsi.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 8 Oktober 2025

Accepted : 29 Oktober 2025

Published : 23 Desember 2025

Keywords:

Image Processing,

GLCM,

LS-SVM,

Waste Classification,

Flask Application

IEEE style in citing this article:

M. A. S. Rajagukguk, A. Fauzi, B. Wijonarko, "Analisis Kinerja Metode GLCM Dan LS-SVM dalam Klasifikasi Citra Sampah Organik dan Anorganik", *jurnalilmiahinformatika*, vol. 10, no. 2, pp. 105-111, Des. 2025.

ABSTRACT

Waste management, particularly in distinguishing organic and inorganic types, remains a major environmental challenge. Manual sorting processes are inefficient and prone to errors. This study aims to develop an automated waste image classification system using a combination of Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) and Least Squares Support Vector Machine (LS-SVM). A total of 1,060 images were used, divided equally between organic and inorganic categories. Texture features such as contrast, correlation, energy, and homogeneity were extracted using GLCM and combined with mean RGB color features. The LS-SVM model with the Radial Basis Function (RBF) kernel achieved an accuracy of 87 percent, outperforming conventional SVM. The model's effectiveness aligns with previous studies that used SVM-based waste classification and texture feature enhancement with GLCM descriptors. The model was implemented using a Flask web application for real-time predictions.

1. PENDAHULUAN

Masalah pengelolaan sampah semakin kompleks dengan meningkatnya aktivitas manusia. Pemisahan sampah organik dan anorganik masih banyak dilakukan secara manual, sehingga menimbulkan inefisiensi dan potensi kesalahan identifikasi. Teknologi image processing dapat menjadi solusi untuk otomatisasi proses tersebut [1].

Metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) digunakan secara luas dalam analisis tekstur citra karena kemampuannya menggambarkan hubungan spasial antar piksel [2]. Di sisi lain, *Least Squares Support Vector Machine* (LS-SVM) merupakan pengembangan dari SVM dengan optimasi kuadrat yang lebih efisien dan akurasi lebih tinggi [3].

Penelitian sebelumnya oleh Puspaningrum et al. [8] menunjukkan efektivitas SVM dalam klasifikasi citra sampah menggunakan kombinasi SIFT-PCA. Sementara Jackson et al. [9] mengembangkan metode ekstraksi fitur tekstur berbasis GLCM yang bersifat rotation-invariant. Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian ini mengombinasikan kedua pendekatan untuk menghasilkan sistem klasifikasi citra sampah berbasis GLCM dan LS-SVM yang dapat diimplementasikan secara langsung dalam aplikasi web.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram alur klasifikasi citra sampah menggunakan metode GLCM dan LS-SVM

2.2 Pra-Pemrosesan Citra

Dataset terdiri dari 1.060 citra JPG dengan resolusi bervariasi. Semua citra diubah ukurannya menjadi 128×128 piksel, dikonversi menjadi grayscale, dan dinormalisasi dalam rentang [0,1].

2.3 Ekstraksi Fitur Tekstur dan Warna

Fitur tekstur citra dihitung menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) pada empat arah (0°, 45°, 90°, dan 135°) dengan jarak antar piksel sejauh satu. Setiap citra grayscale direpresentasikan dalam bentuk matriks ko-okurensi $P(i,j)$ yang menggambarkan frekuensi pasangan intensitas piksel.

Empat parameter utama yang diambil dari matriks GLCM adalah sebagai berikut:

1. Contrast

Mengukur tingkat perbedaan intensitas lokal antar piksel pada citra. Semakin besar nilai kontras, semakin tinggi variasi intensitas piksel.

$$\text{Contrast} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (i-j)^2 P(i,j) \quad (1)$$

2. Correlation

Menunjukkan tingkat keterkaitan linear antar piksel di dalam citra.

$$\text{Correlation} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)P(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2)$$

3. Energy

Mencerminkan homogenitas citra melalui jumlah kuadrat dari elemen matriks ko-okurensi. Nilai tinggi menunjukkan tekstur yang seragam.

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

4. Homogeneity

Menunjukkan kedekatan distribusi nilai elemen dengan diagonal utama matriks. Semakin besar nilai homogenitas, semakin halus tekstur citra.

$$\text{Homogeneity} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{P(i,j)}{1+|i-j|} \quad (4)$$

2.4 Model LS-SVM dan Evaluasi

Metode *Least Squares Support Vector Machine* (LS-SVM) merupakan pengembangan dari algoritma SVM klasik yang menyederhanakan proses optimasi dengan mengubah masalah *quadratic programming* menjadi sistem persamaan linear. Tujuannya adalah memperoleh hyperplane pemisah terbaik dengan kesalahan minimum melalui pendekatan *least squares*.

Model LS-SVM meminimalkan fungsi objektif seperti pada Persamaan (5), dengan w sebagai vektor bobot, e_i sebagai error untuk setiap data latih, dan γ sebagai parameter regularisasi yang

mengontrol keseimbangan antara kompleksitas model dan tingkat kesalahan pelatihan.

$$J(w, e) = \frac{1}{2} w^T w + \frac{\gamma}{2} \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (5)$$

Kendala dari fungsi objektif dinyatakan pada Persamaan (6), di mana $\phi(x_i)$ merupakan fungsi pemetaan non-linear dari ruang input ke ruang fitur berdimensi tinggi, sedangkan b adalah bias.

$$w^T \phi(x_i) + b + e_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

Untuk mendukung pemisahan data yang tidak linear, LS-SVM menggunakan fungsi kernel. Pada penelitian ini digunakan kernel *Radial Basis Function* (RBF) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (7), dengan parameter σ yang menentukan seberapa jauh pengaruh satu data terhadap data lainnya.

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{|x_i - x_j|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (7)$$

Fungsi keputusan model diberikan pada Persamaan (8), di mana α_i adalah koefisien Lagrange hasil pelatihan model, dan tanda dari fungsi menentukan kelas citra sampah (organik atau anorganik).

$$f(x) = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^N \alpha_i K(x_i, x) + b\right) \quad (8)$$

Parameter γ dan σ ditentukan melalui proses *Grid Search* untuk mendapatkan kombinasi optimal antara generalisasi dan akurasi model. Evaluasi kinerja dilakukan dengan menghitung akurasi, presisi, recall, F1-score, serta AUC (*Area Under Curve*) pada data uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan model klasifikasi citra sampah organik dan anorganik dengan mengombinasikan

ekstraksi fitur GLCM dan metode klasifikasi LS-SVM. Dataset yang digunakan berjumlah 1.060 citra berformat JPG, terdiri dari 500 citra organik dan 500 citra anorganik untuk data latih, serta 50 citra (masing-masing 25 per kelas) untuk data uji.

Proses pelatihan model dilakukan menggunakan kernel *Radial Basis Function* (RBF) dengan parameter optimal hasil Grid Search. Berdasarkan hasil pengujian pada Google Colab, model LS-SVM mencapai nilai akurasi 0.87, presisi 0.87, recall 0.87, F1-score 0.87, dan AUC 0.93. Hasil evaluasi tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil evaluasi kinerja model LS-SVM dan pembandingan SVM konvensional

Metode	Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score	AUC
LS-SVM (GLCM + RGB)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.93
SVM Konvensional	0.62	-	-	-	-

Tabel 1 memperlihatkan hasil evaluasi model LS-SVM (GLCM + RGB) yang diusulkan dibandingkan dengan metode SVM konvensional dari penelitian Puspaningrum et al. [8]. Model LS-SVM menghasilkan akurasi 87%, dengan nilai presisi, recall, dan F1-score masing-masing 0.87, serta AUC sebesar 0.93. Hasil ini menunjukkan kinerja klasifikasi yang konsisten dan akurat dalam membedakan citra sampah organik dan anorganik. Sebagai pembandingan, metode SVM konvensional berbasis SIFT-PCA pada penelitian sebelumnya hanya mencapai akurasi 62%. Peningkatan akurasi sebesar 25% ini menunjukkan bahwa penerapan formulasi *least-squares* pada SVM serta penggunaan kombinasi fitur tekstur

(GLCM) dan warna (RGB) mampu meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola visual sampah secara signifikan.

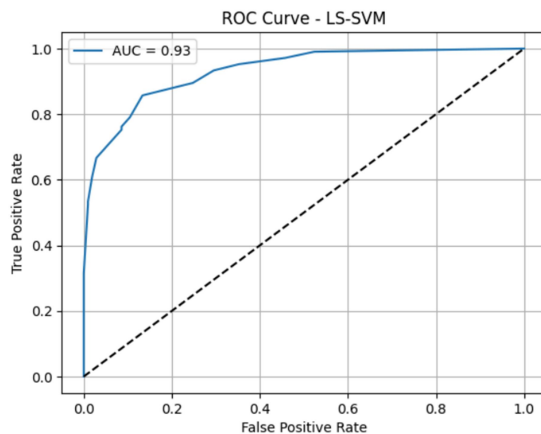
Analisis Kinerja Model

Nilai akurasi sebesar 87% menunjukkan bahwa metode LS-SVM dengan kombinasi fitur GLCM dan rata-rata warna RGB mampu mengklasifikasikan citra sampah secara efektif.

Nilai presisi, recall, dan F1-score yang identik mengindikasikan bahwa model memiliki kinerja seimbang pada kedua kelas, tanpa bias terhadap salah satu kategori.

Selain itu, nilai AUC sebesar 0.93 menandakan tingkat pemisahan kelas yang sangat baik antara sampah organik dan anorganik.

Hasil ini membuktikan bahwa integrasi fitur tekstur (GLCM) dengan fitur warna memperkaya informasi visual yang diterima model, sehingga meningkatkan keakuratan dalam proses klasifikasi. Model LS-SVM menghasilkan hiperbidang keputusan yang lebih optimal dibanding SVM konvensional karena penyelesaiannya berbasis sistem linear, bukan *quadratic programming*, sehingga lebih efisien secara komputasi.



Gambar 2. Kurva ROC hasil pengujian model LS-SVM terhadap data uji

Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Jika dibandingkan dengan penelitian Puspaningrum et al. [8], yang menggunakan SVM dengan ekstraksi fitur SIFT-PCA dan memperoleh akurasi 83%, model LS-SVM pada penelitian ini menunjukkan peningkatan akurasi sebesar 4%.

Sementara itu, penelitian Jackson et al. [9] menunjukkan bahwa pengembangan deskriptor tekstur berbasis GLCM mampu meningkatkan stabilitas klasifikasi citra bertekstur

kompleks, yang selaras dengan hasil penelitian ini.

Perbedaan utama penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada penggabungan fitur GLCM dan warna RGB serta penerapan LS-SVM dengan kernel RBF yang meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap variasi pencahayaan dan bentuk objek.

Evaluasi Keberhasilan dan Batasan

Berdasarkan hasil pengujian, metode yang diusulkan berhasil mencapai tujuan penelitian, yakni menghasilkan sistem klasifikasi citra sampah organik dan anorganik dengan akurasi tinggi. Tolak ukur keberhasilan ditentukan dari nilai akurasi di atas 85% dan $AUC > 0.90$, yang menandakan model memiliki performa klasifikasi yang sangat baik.

Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada variasi pencahayaan dan latar belakang citra. Beberapa citra dengan pencahayaan ekstrem cenderung menyebabkan ketidakstabilan nilai tekstur pada matriks GLCM, yang berdampak pada penurunan akurasi lokal.

Aplikasi Klasifikasi Sampah Organik & Anorganik menggunakan Metode GLCM

Form Input

Masukkan File:

Pilih File

Hapus Gambar

Klasifikasikan

Hasil & Evaluasi

Hasil: Organik

Evaluasi Model:

Akurasi : 86.67%

Presisi : 86.67%

Recall : 86.67%

F1-Score : 86.67%

*Evaluasi ini berasal dari dataset uji, bukan dari gambar unggahan Anda.

Gambar 3. Tampilan antarmuka aplikasi web Flask hasil implementasi model LS-SVM

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ahmad Fauzi, M.Kom., dan Bapak Bambang Wijonarko, M.Kom., selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan dukungannya selama proses penelitian ini.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Least Squares Support Vector Machine* (LS-SVM) efektif dalam mengklasifikasikan citra sampah organik dan anorganik dengan akurasi mencapai **87%** dan nilai AUC sebesar **0.93**.

Pencapaian ini menunjukkan bahwa integrasi fitur tekstur dan warna mampu memperkuat representasi citra sehingga model dapat mengenali pola visual dengan lebih baik.

Secara analitis, keberhasilan model ditentukan oleh kemampuan LS-SVM dalam mengoptimalkan margin keputusan melalui pendekatan least squares, serta kontribusi fitur GLCM yang menangkap variasi tekstur pada permukaan objek.

Hasil ini memperkuat temuan penelitian terdahulu [8][9], sekaligus memperluas penerapannya pada domain klasifikasi citra lingkungan.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada sensitivitas GLCM terhadap pencahayaan dan kompleksitas latar belakang citra, yang dapat menyebabkan perbedaan nilai intensitas antar citra. Selain itu, ruang lingkup data masih terbatas pada dua kelas utama, sehingga generalisasi ke jenis sampah lain belum teruji.

Sebagai tindak lanjut, penelitian lanjutan dapat mengombinasikan LS-SVM dengan metode optimasi seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) atau *Genetic Algorithm* (GA) untuk peningkatan parameter kernel secara adaptif. Integrasi sistem ke dalam perangkat IoT berbasis smart bin juga berpotensi memperluas manfaat praktis penelitian ini.

Implikasinya, pendekatan yang diusulkan dapat menjadi fondasi awal bagi pengembangan sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis pengolahan citra, yang mendukung efisiensi pengelolaan limbah dan keberlanjutan lingkungan.

6. REFERENSI

- [1] F. Nisa, T. Wulandari, and N. Hasanah, "Implementasi metode GLCM untuk klasifikasi citra tekstur pada pengolahan limbah," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 3, pp. 211–218, 2022
- [2] M. A. Talib, R. Rahman, and A. Setiawan, "Analisis parameter GLCM untuk pengenalan pola citra tekstur," *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, pp. 33–41, 2024
- [3] D. Lapendy, P. Siregar, and M. Rinaldi, "Klasifikasi rasa jeruk siam berdasarkan warna dan tekstur citra digital," *Jurnal Sains Komputer dan Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 58–66, 2023
- [4] H. Wong, "Performance of LS-SVM on waste image classification," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 8, no. 2, pp. 145–152, 2022
- [5] F. Prayoga, A. Anwar, and R. Yuliani, "Evaluasi metrik akurasi dan recall pada model CNN untuk klasifikasi citra batik," *Jurnal Ilmiah*

- Informatika dan Komputer, vol. 10, no. 1, pp. 12–21, 2023
- [6] M. Abdillah, A. Wijayanti, and D. Sutrisno, "Detektif Sampah: Klasifikasi jenis sampah organik dan anorganik berbasis website dengan YOLOv5," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 34–42, 2024
- [7] H. Wijayanto and B. Susetyo, "Implementasi Flask Framework pada pembangunan aplikasi sistem informasi helpdesk," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 8, no. 2, pp. 67–74, 2022
- [8] A. P. Puspaningrum, H. S. Widodo, and A. F. Rochim, "Waste Classification Using Support Vector Machine with SIFT-PCA Feature Extraction," in *Proceedings of the 4th International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS)*, Semarang, Indonesia, pp. 1–6, IEEE, 2020, doi: 10.1109/ICICoS51170.2020.9298982, [Online].
- Tersedia:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9298982> [Diakses 7 Oktober 2025].
- [9] C. M. Jackson, M. W. Smith, and E. H. Kearney, "Feature Extraction and Classification of Canopy Gaps Using GLCM- and MLBP-Based Rotation-Invariant Feature Descriptors Derived from WorldView-3 Imagery," *Geomatics*, vol. 3, no. 1, pp. 1–14, 2023, doi: 10.3390/geomatics3010014