



Implementation of Machine Learning Algorithm in Axis Photo Image Compression Yogyakarta Philosophy

Implementasi Algoritma *Machine Learning* dalam Kompresi Citra Foto Sumbu Filosofi Yogyakarta

Yoga Sahria^{1*}, Ike Yunia Pasa², Putu Sudira³

¹Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Amikom Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Purworejo, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

E-Mail: ¹yogasahria@amikom.ac.id, ²ikeypasa@umpwr.ac.id, ³putupanji@uny.ac.id

Received Aug 15th 2024; Revised Sep 22th 2024; Accepted Oct 5th 2024; Available Online Nov 24th 2024

Corresponding Author: Yoga Sahria

Copyright © 2025 by Authors, Published by Institut Riset dan Publikasi Indonesia (IRPI)

Abstract

Image compression process is one of the essential techniques in managing visual data, especially in the context of preserving and digitizing cultural heritage. This study discusses the application of the K-means algorithm in compressing photo images of the Yogyakarta Philosophy Axis, which includes historical and symbolic areas from the Yogyakarta Palace to the Krapyak Stage. The K-means algorithm is used to reduce the number of colors in the image, which aims to reduce the file size without sacrificing significant visual quality. The results show that the K-means algorithm is effective in image compression by producing smaller file sizes while maintaining important details of historical objects. This study also highlights the advantages and limitations of this compression method in the context of digital preservation and dissemination of cultural information. Thus, the use of the K-means algorithm can be an efficient solution for visual data management in efforts to conserve and promote Yogyakarta's cultural heritage.

Keyword: Compression, Jogja Philosophy Axis, K-Means, Machine Learning

Abstrak

Proses kompresi citra merupakan salah satu teknik yang esensial dalam mengelola data visual, terutama dalam konteks pelestarian dan digitalisasi warisan budaya. Penelitian ini membahas penerapan algoritma K-means dalam kompresi citra foto Sumbu Filosofi Yogyakarta, yang meliputi kawasan-kawasan bersejarah dan simbolis dari Kraton Yogyakarta hingga Panggung Krapyak. Algoritma K-means digunakan untuk mengurangi jumlah warna dalam citra, yang bertujuan untuk mengurangi ukuran file tanpa mengorbankan kualitas visual yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-means efektif dalam kompresi citra dengan menghasilkan ukuran file yang lebih kecil dan tetap mempertahankan detail penting dari objek bersejarah. Studi ini juga menyoroti keuntungan dan keterbatasan dari metode kompresi ini dalam konteks pelestarian digital dan penyebaran informasi budaya. Dengan demikian, penggunaan algoritma K-means dapat menjadi solusi yang efisien untuk manajemen data visual dalam upaya konservasi dan promosi warisan budaya Yogyakarta.

Kata Kunci: K-Means, Kompresi, Machine Learning, Sumbu Filosofi Jogja

1. PENDAHULUAN

Nilai filosofi adalah nilai yang mendasari sebuah ilmu. Nilai filosofi menjadi akarnya pengembangan ilmu. Berdasarkan filosofi sebuah ilmu dikembangkan konsep-konsep keilmuan, teori-teori keilmuan, paradigma keilmuan, aturan/regulasi keilmuannya. Nilai filosofi dari sumbu filosofi yogyakarta yaitu *Hamemayu Hayuning Bawana* [1], *Sangkan Paraning Dumadi* [2], *Manunggaling Kawula-Gusti* [3]. Filosofi *Hamemayu Hayuning Bawana* menjadi *core beliefs* penting dalam pembangunan pendidikan khas kejojgaan. Bumi ini adalah rumah bersama tempatnya seluruh manusia hidup, berkehidupan, dan mencari penghidupan. Filosofi *Hamemayu hayuning bawana* mengajarkan suatu ajaran kesadaran kosmologi ruang, waktu, dan semesta. Bawana ini sebagai semesta tersusun dari serentetan ruang budaya (*space culture*) sekaligus

spiritualitas budaya (*spiritual culture*). Ruang budaya bertumbuh, berkembang, berubah dinamis dalam ruang (fisik dan virtual) dan waktu. Manusia kemudian belajar menjalani kehidupan sebagai proses *hamemayu-hayuning bawana*. Sangkan artinya dari mana dan Paran artinya akan kemana. Sangkan paran berarti dari mana dan akan kemana. Filosofi *Sangkan Paraning Dumadi* menuntun pengembangan pemahaman dan pelaksanaan praksis hidup kehidupan yang didasari oleh nilai pemahaman akan asal mula dan tujuan hidup manusia. Filosofi *manunggaling kaula gusti* mengajarkan kesadaran hubungan manusia dengan Tuhan Sang Pencipta, maha pelindung, maha kasih, maha agung. Kesadaran itu adalah sebuah kesadaran diri pada seseorang bahwa Tuhan ada dan hadir dalam seluruh kehidupan, maha esa, maha kuasa, maha pencipta, maha melindungi, maha adil, maha kasih, maha pemberi. Filosofi *Manunggaling Kawula-Gusti* kemudian diturunkan dalam dimensi horizontal yakni bersatunya raja (pemimpin) dengan rakyatnya. Kasultanan dan masyarakat Jogja menganut prinsip hubungan pemimpin dengan rakyat adalah hubungan yang simetris dimana Raja atau pemimpin membutuhkan rakyat dan rakyat membutuhkan Raja sebagai pengayom. Simetri kebutuhan ini kemudian membangun nilai dasar *Manunggaling Kawula-Gusti*. Dimana Raja menyerahkan seluruh hidupnya untuk rakyatnya dan rakyat menyerahkan seluruh hidupnya untuk Raja. Sumbu Filosofi Yogyakarta, yang membentang dari Kraton Yogyakarta hingga Panggung Krapyak, merupakan salah satu warisan budaya yang memiliki nilai sejarah dan simbolis yang tinggi. Sumbu ini tidak hanya penting bagi sejarah dan budaya lokal, tetapi juga menjadi daya tarik wisata yang signifikan. Sumbu Filosofi lebih bernuansa karya, pemikiran dan budaya manusia [4].

Digitalisasi foto menghasilkan file dengan ukuran yang besar, yang dapat menghambat proses penyimpanan dan distribusi data. Oleh karena itu, diperlukan metode yang efektif untuk mengompresi citra foto tersebut tanpa mengorbankan kualitas visual yang esensial. Algoritma K-means, yang dikenal dengan kemampuannya dalam pengelompokan data, dapat diterapkan dalam proses kompresi citra untuk mengurangi jumlah warna yang digunakan dalam gambar, sehingga mengurangi ukuran file. Algoritma K-Means adalah salah satu dari metode *machine learning* kategori *unsupervised learning* jenis *clustering* [5], [6], [7]. Keunggulan algoritma K-means memiliki efek yang sangat baik pada optimasi [8]. Kompresi gambar merupakan metode untuk mengecilkan dimensi gambar menggunakan algoritma tertentu. Kompresi gambar merupakan solusi yang terkait dengan pengiriman dan penyimpanan data dalam jumlah besar untuk gambar digital [9]. Kompresi data memerlukan cara-cara canggih untuk melayani dengan lebih baik, dengan rasio kompresi yang lebih besar, karena meningkatnya permintaan, yang mengharuskan algoritma yang lebih canggih [10].

Penelitian-penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa algoritma K-means efektif dalam berbagai aplikasi kompresi citra. Penelitian yang dilakukan [11] kompresi data berbasis pengelompokan jaringan sensor pencitraan nirkabel, Pemrosesan gambar merupakan domain penelitian penting yang penting dalam aktivitas digital sehari-hari. Kompresi gambar mengurangi ruang memori, persyaratan lebar pita transmisi, waktu transmisi, dan kompleksitas komputasi [12]. Penelitian membangun dan membandingkan skema kompresi gambar hibrid menggunakan teknik pengelompokan K-means [13]. Penelitian selanjutnya penggunaan teknik kompresi untuk mengurangi jejak memori model pembelajaran mendalam sekaligus mempertahankan kinerja akurasi [14]. Penerapan kompresi citra mengurangi ukuran citra dan memungkinkan penyimpanan dan transmisi berkas citra yang efisien [15], [16]. Untuk meningkatkan perolehan kompresi, teknik kompresi khusus yang memperhitungkan struktur data gambar harus dikembangkan [17].

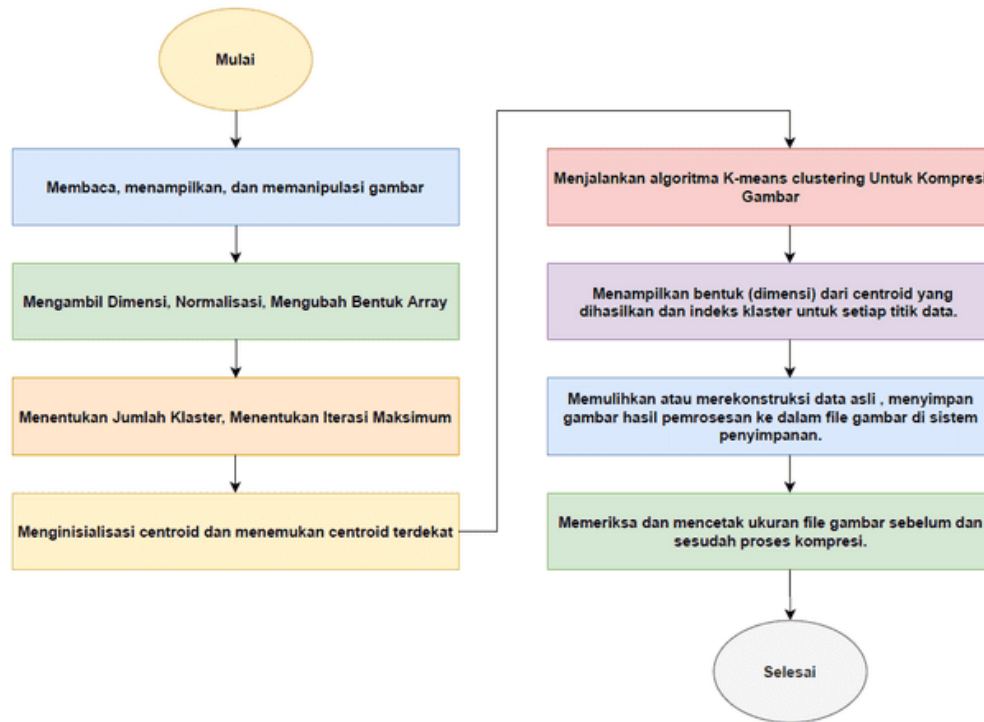
Berdasarkan penelitian sebelumnya penelitian ini berbeda dengan yang lainnya, Penelitian ini berfokus pada penerapan algoritma K-means dalam kompresi citra foto Sumbu Filosofi Yogyakarta. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas algoritma K-means dalam mengompresi citra, dengan mempertimbangkan kualitas visual hasil kompresi dan pengurangan ukuran file. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya pelestarian digital warisan budaya Yogyakarta, serta menyediakan metode kompresi yang efisien untuk penggunaan yang lebih luas.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Dalam penelitian ini, akan dilakukan eksperimen untuk menguji pengaruh jumlah cluster K terhadap kualitas kompresi foto. Eksperimen akan dilakukan dengan memvariasikan nilai K dan mengukur kualitas kompresi foto yang dihasilkan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah foto-foto Sumbu Filosofi Yogyakarta. Foto-foto tersebut akan dikumpulkan dari <https://whc.unesco.org/en/list/1671/gallery> dan koleksi foto pribadi peneliti. Adapun langkah-langkah penelitian disajikan pada Gambar 1.

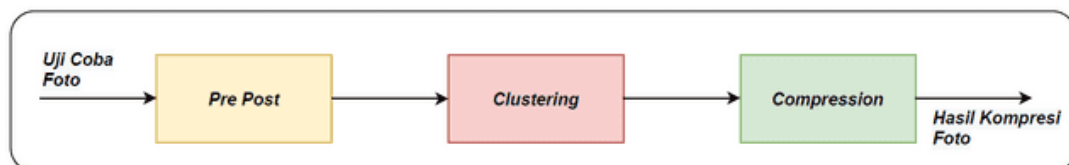
Pada Gambar 1. Metodologi penelitian untuk kompresi gambar menggunakan K-Means. Adapun Langkah-langkah kompresi gambar menggunakan algoritma K-means: Pertama, gambar dibaca dari penyimpanan, kemudian ditampilkan untuk memastikan kualitas dan karakteristiknya. Setelah itu, gambar dimanipulasi untuk mempersiapkannya agar siap untuk proses selanjutnya. Langkah selanjutnya adalah mengambil dimensi gambar, melakukan normalisasi jika diperlukan, dan mengubah bentuk array gambar ke format yang sesuai untuk pemrosesan dengan algoritma K-means. Kemudian, kita menentukan jumlah kluster yang diinginkan untuk kompresi gambar, dan menetapkan jumlah iterasi maksimum yang akan dieksekusi

oleh algoritma untuk mencapai konvergensi. Setelah itu, centroid awal untuk setiap kluster diinisialisasi secara acak. Proses berikutnya adalah mencari centroid terdekat untuk setiap titik data gambar berdasarkan jarak Euclidean. Algoritma K-means clustering dijalankan untuk mengelompokkan titik-titik data gambar ke dalam kluster yang sesuai dengan centroid yang telah diinisialisasi, menghasilkan kompresi gambar yang optimal. Hasil dari proses clustering ditampilkan dengan menampilkan bentuk (dimensi) dari centroid yang dihasilkan serta indeks kluster untuk setiap titik data gambar, memberikan pemahaman tentang struktur hasil kompresi.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Data gambar asli dipulihkan atau direkonstruksi dari hasil kompresi, dan gambar yang telah diproses disimpan kembali ke dalam file gambar di sistem penyimpanan untuk penggunaan atau distribusi selanjutnya. Terakhir, ukuran file gambar sebelum dan sesudah proses kompresi diperiksa dan dicetak untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas kompresi yang dilakukan dengan algoritma K-means. Kompresi gambar menggunakan K-means adalah teknik untuk mengurangi ukuran file gambar dengan memanfaatkan algoritma K-means clustering. Dalam proses ini, gambar dipecah menjadi beberapa kluster berdasarkan kesamaan warna pikselnya. Setiap kluster diwakili oleh centroidnya, yang merupakan warna rata-rata dari piksel-piksel dalam kluster tersebut. Dengan cara ini, informasi warna yang kurang penting dapat dihilangkan atau direpresentasikan dengan lebih sedikit bit, mengurangi ukuran file gambar tanpa mengorbankan kualitas visual secara signifikan. Proses ini melibatkan langkah-langkah seperti inisialisasi centroid, iterasi untuk menemukan kluster optimal, dan akhirnya merekonstruksi gambar dari hasil kompresi untuk penyimpanan atau tampilan kembali kepada pengguna. Dengan mengikuti langkah-langkah ini, dapat mengimplementasikan algoritma K-means untuk mengurangi ukuran file gambar dengan mempertahankan informasi yang penting dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.



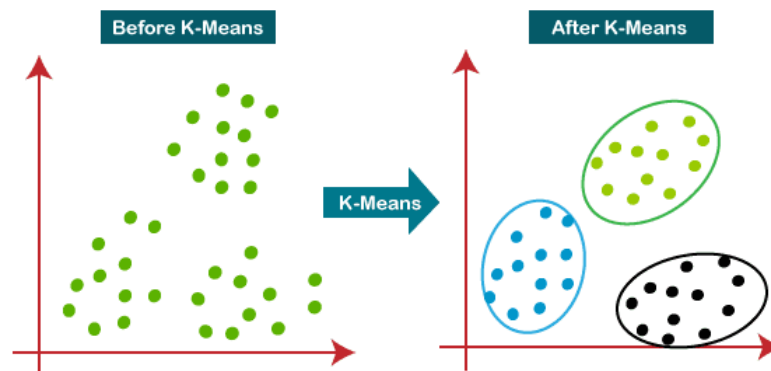
Gambar 2. Langkah-Langkah Kompresi Gambar

Kompresi gambar dengan menggunakan algoritma K-means melibatkan beberapa tahapan. Pertama, citra diubah menjadi vektor dimensi tertentu, yang kemudian diubah menjadi bentuk array setelah awalnya merupakan matriks piksel. Selanjutnya, setiap piksel dalam citra direpresentasikan oleh centroid kluster yang

sesuai. Akhirnya, piksel-piksel yang tidak penting akan dihapus atau direduksi, sehingga ukuran file gambar dapat dikurangi tanpa mengorbankan kualitas visual yang signifikan.

2.1. K-Means

K-Means adalah teknik dalam *machine learning* tanpa supervisi yang digunakan untuk mengelompokkan data dan mengenali pola. Metodenya dimulai dengan memilih beberapa titik data awal (k) secara acak, kemudian titik-titik tersebut dipindahkan secara iteratif hingga ditemukan pengelompokan yang optimal [18]. *K-Means* clustering sering digunakan dalam berbagai bidang [19], seperti segmentasi gambar, segmentasi pelanggan, riset pasar, dan pengelompokan dokumen. Gambar 3 merupakan simulasi data sebelum dan sesudah *K-Means*.



Gambar 3. Simulasi data pada K-Means

Kelebihan Algoritma K-means [20], [21], [22] Sangat mudah untuk dimulai dan digunakan. Belajar lebih cepat dan sangat fleksibel, prinsipnya sederhana dan dapat dijelaskan dalam non-statistik. *K-Means* clustering mengelompokkan titik data ke salah satu dari K kluster tergantung pada jaraknya dari pusat kluster. Algoritma ini dimulai dengan secara acak menetapkan pusat kluster dalam ruang. Setelah itu, setiap titik data ditetapkan ke salah satu kluster berdasarkan jaraknya dari pusat kluster. Setelah setiap titik ditetapkan ke salah satu kluster, pusat kluster baru ditetapkan. Proses ini berjalan secara iteratif sampai menemukan kluster yang baik. Dalam analisis ini, diasumsikan bahwa jumlah kluster sudah ditentukan sebelumnya dan kita harus menempatkan titik-titik dalam salah satu kelompok. Tujuan dari clustering *K-Means* adalah untuk membagi populasi atau set titik data menjadi sejumlah grup sehingga titik data dalam setiap grup lebih serupa satu sama lain dan berbeda dari titik data dalam grup lainnya. Intinya adalah pengelompokan berdasarkan seberapa mirip dan berbedanya suatu hal dengan hal lainnya.

K-Means adalah algoritma berbasis centroid, di mana setiap kluster terkait dengan sebuah centroid. Tujuan utama dari algoritma ini adalah meminimalkan jumlah jarak antara titik data dan kluster yang sesuai. Algoritma ini mengambil dataset tanpa label sebagai input, membagi dataset menjadi K kluster, dan mengulang proses tersebut sampai menemukan kluster terbaik [21]. Nilai K harus ditentukan sebelumnya dalam algoritma ini. Untuk memproses data pembelajaran, algoritma *K-means* dalam penambangan data dimulai dengan sekelompok pertama centroid yang dipilih secara acak, yang digunakan sebagai titik awal untuk setiap kluster, kemudian melakukan perhitungan iteratif untuk mengoptimalkan posisi centroid [22].

2.2. Foto Sumbu Filosofi Yogyakarta

Sumbu Filosofi Yogyakarta, lebih dari sekedar garis imajiner yang membentang sepanjang 3,8 kilometer. Garis ini merupakan perwujudan filosofi Jawa yang mendalam tentang kehidupan manusia, hubungannya dengan alam semesta, dan Sang Pencipta. Sumbu Filosofi mencerminkan keselarasan antara manusia dengan alam semesta [23]. Kraton sebagai mikrokosmos dikelilingi oleh alam semesta makrokosmos, melambangkan bahwa manusia merupakan bagian tak terpisahkan dari alam. Garis lurus [24] Sumbu Filosofi diibaratkan sebagai perjalanan hidup manusia, dari lahir (Tugu Pal Putih) menuju kematian (Laut Selatan). Setiap titik di sepanjang sumbu memiliki makna filosofis tentang tahapan kehidupan [25]. Gunung Merapi (maskulin) dan Laut Selatan (feminin) melambangkan dualisme alam yang saling melengkapi dan menyeimbangkan. Masjid Gedhe menjadi pengingat akan ketaatan manusia kepada Tuhan.

Tugu Golong-Gilig atau Tugu Pal Putih dan Panggung Krpyak memiliki makna sebagai simbol Lingga dan Yoni yang melambangkan kesuburan. Tugu Golong-Gilig memiliki ciri khas bulatan di bagian atas (golong) dan bentuk silindris di bagian bawah (gilig), serta dikenal sebagai Tugu Pal Putih karena warnanya yang putih. Tugu Golong-Gilig mencerminkan kehidupan Sultan. Hal ini terlihat dari penghormatan yang tulus kepada Tuhan Yang Maha Esa, dengan tekad untuk mencapai kesejahteraan rakyat (golong-gilig) dan didasari niat suci (warna putih). Di sisi lain, makna filosofis Panggung Krpyak yang

mengarah ke utara menggambarkan perjalanan hidup manusia, mulai dari kelahiran, masa dewasa, pernikahan, hingga kelahiran anak (sangkaning dumadi) [26]. Alun-alun Selatan melambangkan fase hidup manusia yang sudah dewasa dan siap menikah (wani), karena telah mencapai usia baligh. Sebaliknya, perjalanan dari Tugu Golong-Gilig atau Tugu Pal Putih ke arah selatan menggambarkan perjalanan manusia menuju Sang Khalik (paraning dumadi). Kompleks Kepatihan dan Pasar Beringharja menggambarkan godaan dunia dan nafsu manusia yang harus dihindari. Sepanjang jalan Margatama, Malioboro, dan Margamulya, ditanami pohon asêm (*Tamarindus indica*) yang melambangkan daya tarik dan pohon gayam (*Inocarpus edulis*) yang melambangkan keteduhan.



Gambar 4. Sumbu Filosofi (Sumber: <https://bacajogja.id/>)

3. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini berkontribusi pada bidang kompresi gambar dengan menunjukkan efektivitas algoritma *machine learning K-Means* dalam menjaga kualitas gambar warisan budaya sambil mengurangi ukuran file. Berikut hasil coding dan penjelasan dalam langkah-langkah kompresi gambar filosofi yogyakarta. Penelitian ini mengembangkan pengembangan dari *coding* Aditya Sinha untuk kompresi gambar. Berikut hasil pengembangan coding K-Means untuk kompresi gambar:

3.1. Membaca, memanipulasi, mengambil dimensi, normalisasi, mengubah bentuk *Array*

Langkah pertama kode memuat gambar, menampilkannya, dan kemudian memprosesnya dengan cara mengubah skala nilai piksel dan mengubah bentuk array gambar sehingga setiap piksel direpresentasikan sebagai vektor *Red, Green, Blue* (RGB). Berikut adalah langkah awal umum dalam banyak aplikasi pemrosesan gambar dan pembelajaran mesin.

Coding Membaca, memanipulasi, mengambil dimensi, normalisasi, mengubah bentuk *Array*

```
from skimage import io
import numpy as np
import numpy.matlib
image = io.imread('Gambar.jpg')
io.imshow(image)
io.show()

rows = image.shape[0]
cols = image.shape[1]
image = image/255
X = image.reshape(image.shape[0]*image.shape[1],3)
```

3.2. Menjalankan Algoritma *K-Means clustering* untuk Kompresi Gambar

Algoritma k-means dimulai dengan pusat cluster awal, secara iteratif menetapkan titik data ke pusat terdekat, menghitung ulang pusat berdasarkan titik yang ditetapkan, dan diulang sampai pusat stabil (konvergensi) atau jumlah iterasi maksimum tercapai. Fungsi *run_kMean* menjalankan proses ini dan mengembalikan pusat cluster dan penugasan akhir. Berikut penjelasan rinci mengenai setiap bagian dari kode ini:

Coding menjalankan Algoritma K-Means clustering Untuk Kompresi Gambar

```
def run_kMean(X,initial_centroids,max_iters):
    m = np.size(X,0)
    n = np.size(X,1)
    K = np.size(initial_centroids,0)
    centroids = initial_centroids
```

```

previous_centroids = centroids
idx = np.zeros((m,1))
for i in range(1,max_iters):
    idx = closest_centroids(X,centroids)
    centroids = compute_centroids(X,idx,K)
return centroids,idx

```


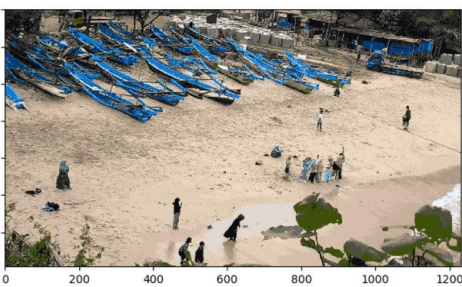


3.3. Hasil Kompresi

Hasil dari implementasi algoritma K-Means dalam kompresi citra foto Sumbu Filosofi Yogyakarta menunjukkan bahwa algoritma ini mampu mengurangi ukuran file citra secara signifikan dengan mempertahankan elemen visual yang penting. Detail hasil kompresi disajikan Tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Detail Hasil Kompresi

No	Sumbu Filosofi	Centroid, idx	Sebelum di Kompres	Sesudah di Kompres
1	Laut Selatan	(16, 3)	1657.427734375 KB	226.048828125 KB
		(853776, 3)		
2	Panggung Krapyak	(16, 3)	819.060546875 KB	106.5 KB
		(926326, 3)		
3	Alun-Alun Kidul	(16, 3)	1710.7646484375 KB	243.263671875 KB
		(926326, 3)		
4	Kraton Yogyakarta	(16, 3)	1413.556640625 KB	197.2685546875 KB
		(853776, 3)		
5	Alun-Alun Utara	(16, 3)	950.765625 KB	119.5322265625 KB
		(901392, 3)		
6	Tugu	(16, 3)	854.58984375 KB	117.0146484375 KB
		(853776, 3)		
7	Merapi	(16, 3)	1057.1201171875 KB	126.5556640625 KB
		(876798, 3)		
		(702, 1249, 3)		

Tabel 2. Detail Hasil Kompresi Gambar

No	Gambar Asli	Gambar Kompresi
1		
2		

No	Gambar Asli	Gambar Kompresi
3		
4		
5		
6		
7		

Hasil dari implementasi algoritma K-Means dalam kompresi citra foto Sumbu Filosofi Yogyakarta Pada kompresi Gambar menjadi lebih kecil. Dengan mengelompokkan warna-warna dominan menjadi beberapa kluster, kualitas visual citra tetap terjaga meskipun jumlah warna berkurang. Penurunan ukuran file ini sangat bermanfaat dalam hal efisiensi penyimpanan dan pengolahan citra digital. Citra hasil kompresi tetap mempertahankan detail yang diperlukan untuk menjaga representasi visual yang akurat dari kawasan Sumbu Filosofi, menjadikan algoritma K-Means sebagai solusi efektif dalam kompresi citra.

4. KESIMPULAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menerapkan algoritma K-Means pada kompresi citra foto asli dari kawasan Sumbu Filosofi yang sudah dikunjungi. Sehingga, dari hasil yang dicapai dapat disimpulkan algoritma K-Means dapat benar-benar mengelompokkan warna-warna di citra dengan benar, sehingga tidak

merusak kualitas visual namun tetap mengurangi jumlah warna dengan signifikan. Karena dinding citra berjumlah warna dominan warna, maka algoritma K-Means mampu mengurangi ke dinding tersebut menjadi warna yang mencirikan dinding tersebut. Kualitas visual dari citra tersebut tetap serupa dengan citra aslinya informative signifikan khususnya karena situs Sumbu Filosofi merupakan situs bersejarah di Yogyakarta sehingga kualitas citra post-processing cukup baik.

K-Means algoritma memiliki potensi besar pada kompresi citra yang aplikasinya terutama berguna bagi pengolahan citra digital untuk mencapai keseimbangan antara kualitas visual dan efisiensi penyimpanan. Khususnya, ini dapat digunakan di situs-situs sejarah atau budaya. Menentukan jumlah kluster (K) yang tepat sangat penting untuk mendapatkan hasil kompresi optimal. Mencoba berbagai nilai K dalam eksperimen dapat membantu menemukan titik keseimbangan terbaik antara kualitas citra dan rasio kompresi. Penggunaan algoritma K-Means dapat menjadi pilihan efektif dalam mengatasi masalah penyimpanan dan pemrosesan citra digital, terutama ketika diterapkan pada konteks konservasi budaya dan sejarah seperti yang ada di Sumbu Filosofi Yogyakarta.

Implementasi algoritma K-Means untuk kompresi citra merupakan metode yang efisien dan relatif sederhana dalam mengurangi ukuran gambar tanpa kehilangan terlalu banyak detail visual. Namun, penelitian ini memiliki beberapa kelemahan, termasuk potensi penurunan kualitas gambar dan kompleksitas waktu komputasi. Penelitian selanjutnya bisa mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut dengan menggunakan metode kompresi yang lebih canggih atau melakukan optimisasi pada K-Means itu sendiri, Seperti K-Means++ atau Spectral Clustering, yang dapat menghasilkan clustering yang lebih baik dengan sedikit usaha parameter tuning.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LLPM Universitas Amikom Yogyakarta, Universitas Muhammadiyah Purworejo, Universitas Negeri Yogyakarta dan pihak-pihak terkait yang membantu dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] S. Endraswara, "Memayu Hayuning Bawana dalam Perspektif Ekoantropologi Sastra," *SUSASTRA: Jurnal Ilmu Susastra dan Budaya*, vol. 6, pp. 1-15, 2017.
- [2] J. Pamungkas, S. C. Rahmawati, and A. Rizka, "The Values Of Jogja Education Through Art Learning At Paud Institutions," *Journal Research of Social Science, Economics & Management*, vol. 3, 2023.
- [3] M. Baharuddin, "Manusia Sejati Dalam Falsafah Mbah Maridjan dan Abdul Karim Al-jilli (Studi Konsepsi Manunggaling Kawula Gusti dan Insan Kamil)," *Analisis: Jurnal Studi Keislaman*, vol. 13, pp. 221-242, 2017.
- [4] A. Permono, "Sangkan Paraning Dumadi Sumbu Filosofi Yogyakarta: Dalam Lensa Fenomenologi-Hermeneutika," *Nun: Jurnal Studi Alquran Dan Tafsir Di Nusantara*, vol. 7, pp. 163-208, 2021.
- [5] Q. Ning, Z. Ma, X. Zhao, and M. Yin, "SSKM_Succ: a novel succinylation sites prediction method incorporating K-means clustering with a new semi-supervised learning algorithm," *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, vol. 19, pp. 643-652, 2020.
- [6] Y. Gu, K. Li, Z. Guo, and Y. Wang, "Semi-supervised K-means DDoS detection method using hybrid feature selection algorithm," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 64351-64365, 2019.
- [7] S. R. Gaddam, V. V. Phoha, and K. S. Balagani, "K-Means+ ID3: A novel method for supervised anomaly detection by cascading K-Means clustering and ID3 decision tree learning methods," *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, vol. 19, pp. 345-354, 2007.
- [8] W. Ding, Z. Yan, and P. Zhang, "Welding Trajectory Optimization Based on the K-means Algorithm in Welding Robot," in *2022 2nd International Conference on Algorithms, High Performance Computing and Artificial Intelligence (AHPCAI)*, 2022, pp. 109-114.
- [9] R. Kumari and S. Sriramulu, "Lossless Image Compression using K-Means Clustering in Color Pixel Domain," in *2024 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (IC2PCT)*, 2024, pp. 1925-1933.
- [10] S. Sivaarunagirinathan, B. A. Bala, S. Fairouz, G. Sasi, H. N. Upadhyay, and V. Elamaram, "Lossy data compression using K-means clustering on retinal images using RStudio," in *2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N)*, 2021, pp. 1772-1776.
- [11] J. Paek and J. Ko, "\$ K \$-Means clustering-based data compression scheme for wireless imaging sensor networks," *IEEE Systems Journal*, vol. 11, pp. 2652-2662, 2015.
- [12] I. M. Pu, *Fundamental data compression*: Butterworth-Heinemann, 2005.
- [13] R. K. Paul, S. Jena, S. Chandran, A. Bandyopadhyay, and S. Swain, "Image Compression Scheme based on Optimized K-means Clustering and Higher-Level Decomposed DWT," *Procedia Computer Science*, vol. 235, pp. 642-655, 2024.

- [14] G. Alajangi, D. N. S. Manne, and R. K. Jatoth, "Image Clustering Acceleration: A Cuckoo Search-Enhanced K-Means Algorithm," in *2024 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)*, 2024, pp. 1-6.
- [15] K. R. Žalik and M. Žalik, "Comparison of K-means, K-means++, X-means and Single Value Decomposition for Image Compression," in *2023 27th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC)*, 2023, pp. 295-301.
- [16] A. Thakker, N. Namboodiri, R. Mody, R. Tasgaonkar, and M. Kambli, "Lossy Image Compression-A Comparison Between Wavelet Transform, Principal Component Analysis, K-Means and Autoencoders," in *2022 5th International Conference on Advances in Science and Technology (ICAST)*, 2022, pp. 569-576.
- [17] Y. Zhang, "A Rate-Distortion-Classification approach for lossy image compression," *Digital Signal Processing*, vol. 141, p. 104163, 2023.
- [18] D. Syaputri, P. H. Noprita, and S. Romelah, "Implementasi Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Distribusi Sosial Ekonomi Masyarakat Berdasarkan Demografi Kependudukan: Implementatation of K-Means Algorithm for Economic Distribution Clustering Base on Demographics of Population," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 1, pp. 1-6, 2021.
- [19] S. Setyaningtyas, B. I. Nugroho, and Z. Arif, "Tinjauan Pustaka Sistematis: Penerapan Data Mining Teknik Clustering Algoritma K-Means," *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*, vol. 10, pp. 52-61, 2022.
- [20] A. Nursikuwagus and I. Alamsyah, "Klusterisasi Penyebab Kematian Di Indonesia Dengan Penerapan Algoritma K-Means," *JSiI (Jurnal Sistem Informasi)*, vol. 11, pp. 56-63, 2024.
- [21] F. A. I. S. Aji, S. Achmadi, and F. Ariwibisono, "Penerapan Metode Clustering Pada Analisis Realisasi Pendapatan Asli Daerah Dengan Algoritma K-Means," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 5, pp. 443-451, 2021.
- [22] B. Ruhiman, A. Ramdan, and C. Juliane, "Algorithm K-Means Clustering Algorithm to Classify the Level of Legal Information Service Objectives in West Java Province: K-Means Clustering Algorithm to Classify the Level of Legal Information Service Objectives in West Java Province," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 8, pp. 178-185, 2022.
- [23] Y. R. K. Ashoka, N. A. Aminuddin, S. P. Fibriolawati, H. S. Bachri, R. S. Modjo, and F. Prihantoro, "Kesiapan Masyarakat dalam Pengelolaan Sumbu Filosofi Yogyakarta berbasis Cultural Heritage Management," *JANUS*, vol. 2, pp. 46-59.
- [24] A. V. D. Mentaru, M. C. Amanda, D. A. B. Prasetyo, and R. Y. P. R. Y. Purwoko, "Kajian Ethnomatematika Pada Sumbu Filosofis Daerah Istimewa Yogyakarta," *Edumath*, vol. 16, pp. 1-12, 2023.
- [25] A. N. Habibah, M. Ischak, and J. Iskandar, "Penerapan Karakteristik Bangunan Di Kawasan Sumbu Filosofi Yogyakarta Terhadap Perancangan Desain Jogja Planning Gallery," *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, pp. 191-202, 2024.
- [26] S. A. Haq, "Analisis Yang Sakral Sumbu Filosofis Yogyakarta Dalam Pemikiran Mircea Eliade," *Ri'ayah: Jurnal Sosial dan Keagamaan*, vol. 8, pp. 59-71, 2023.