KORELASI PARAMETER EXIF DAN KARAKTERISTIK VISUAL HISTOGRAM UNTUK IDENTIFIKASI POLA FOTOGRAFI

Nunung Hidayatun[1], Muhammad Muharrom[2], Muhammad Dava Arvarabi[3], Fikri Ramdhani[4], Wilson Eliezer Nababan[5], Alfred Julius[6],
Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Kramat Raya No.98, RT.2/RW.9, Kwitang, Kec. Senen, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10450, (021)8000063
e-mail: nunung.ntn@bsi.ac.id[1], muhammad.muu@bsi.ac.id[2], 15230889@bsi.ac.id[3], 15230102@bsi.ac.id[4], 15230135@bsi.ac.id[5], 15230845@bsi.ac.id[6]

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi korelasi kuantitatif antara parameter teknis pengambilan gambar (metadata EXIF) dan karakteristik distribusi visual citra (statistik Histogram) untuk mengidentifikasi pola gaya fotografi secara otomatis. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksploratif berbasis unsupervised learning pada dataset 101 citra digital yang mencakup variasi perangkat keras dan gaya penyuntingan. Fitur diekstraksi menggunakan Python, meliputi parameter EXIF kunci dan metrik statistik histogram. Analisis korelasi Pearson mengonfirmasi hubungan linier yang signifikan antara variabel teknis dan visual, dibuktikan dengan korelasi positif kuat antara ISO dengan keruncingan histogram (r=0.70) dan korelasi negatif kuat antara rata-rata kecerahan dengan kemiringan histogram (r=−0.83). Pemodelan K-Means clustering menghasilkan tujuh kelompok gaya optimal (k=7) yang divalidasi silang menggunakan RapidMiner. Hasil analisis profil cluster menunjukkan kemampuan metode ini dalam memisahkan citra berdasarkan karakteristik optik lensa, identitas sensor, dan preferensi penyuntingan tonalitas. Disimpulkan bahwa integrasi parameter EXIF dan statistik histogram berfungsi sebagai indikator objektif yang valid untuk klasifikasi gaya fotografi tanpa pelabelan manual.
Kata Kunci: Korelasi EXIF-Histogram, Gaya Fotografi, K-Means Clustering, Analisis Citra Kuantitatif.

Abstract

This study aims to investigate the quantitative correlation between technical image acquisition parameters (EXIF metadata) and visual distribution characteristics (Histogram statistics) to automatically identify photography style patterns. The research utilizes an exploratory quantitative approach based on unsupervised learning applied to a dataset of 101 digital images covering variations in hardware and editing styles. Features were extracted using Python, encompassing key EXIF parameters and histogram statistical metrics. Pearson correlation analysis confirmed significant linear relationships between technical and visual variables, evidenced by a strong positive correlation between ISO and histogram kurtosis (r=0.70) and a strong negative correlation between mean brightness and histogram skewness (r=−0.83). K-Means clustering modeling yielded seven optimal style groups (k=7), cross-validated using RapidMiner. Cluster profile analysis results demonstrate the method's capability to separate images based on optical lens characteristics, sensor identity, and tonality editing preferences. It is concluded that the integration of EXIF parameters and histogram statistics serves as a valid objective indicator for photography style classification without manual labeling.
Keywords*: EXIF-Histogram Correlation, Photography Style, K-Means Clustering, Quantitative Image Analysis.*

1. PENDAHULUAN

Citra digital kini menjadi pilar komunikasi visual seiring kemajuan teknologi sensor[1]. Setiap file citra menyimpan dua informasi krusial yaitu data piksel yang merepresentasikan karakteristik visual melalui statistik histogram[2], serta metadata EXIF yang merekam parameter teknis seperti ISO dan aperture[3], [4]. Integrasi kedua domain ini membuka potensi besar dalam ranah Kecerdasan Buatan.

Masalah utama dalam penelitian ini adalah sulitnya mengidentifikasi gaya fotografi secara otomatis karena sifatnya yang subjektif dan sering kali memerlukan pelabelan manual yang tidak efisien. Terdapat kesenjangan analisis di mana parameter teknis (EXIF) dan karakteristik visual (Histogram) dipandang sebagai entitas terpisah. Padahal, menginvestigasi korelasi parameter EXIF dan karakteristik visual histogram sangat krusial untuk mengidentifikasi pola fotografi sebagai "sidik jari" unik seorang fotografer secara objektif dan sistematis.

Selama ini, literatur memisahkan penggunaan EXIF untuk forensik[5], dan histogram untuk klasifikasi objek atau kualitas citra[6], [7], [8]. Penelitian korelasi gaya untuk tujuan non-forensik masih sangat terbatas, dengan mayoritas metode cross-modal yang masih bersifat supervised[9]. Penelitian ini mengisi celah tersebut menggunakan pendekatan hibrida unsupervised learning.

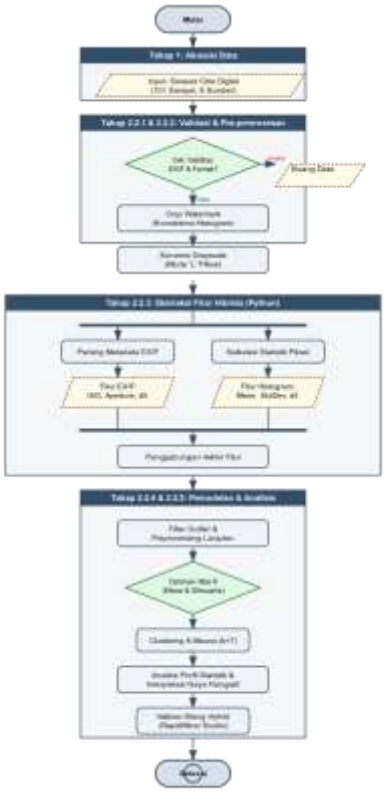
Dalam riset ini, Pengolahan Citra Digital (PCD) didefinisikan sebagai teknik manipulasi citra dua dimensi menggunakan komputer untuk mengekstraksi fitur informatif[10]. Untuk pengelompokan, digunakan K-Means Clustering, yaitu algoritma yang mempartisi data ke dalam sejumlah cluster berdasarkan kemiripan fitur dengan meminimalkan jarak centroid melalui rumus Euclidean Distance:

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2}$$

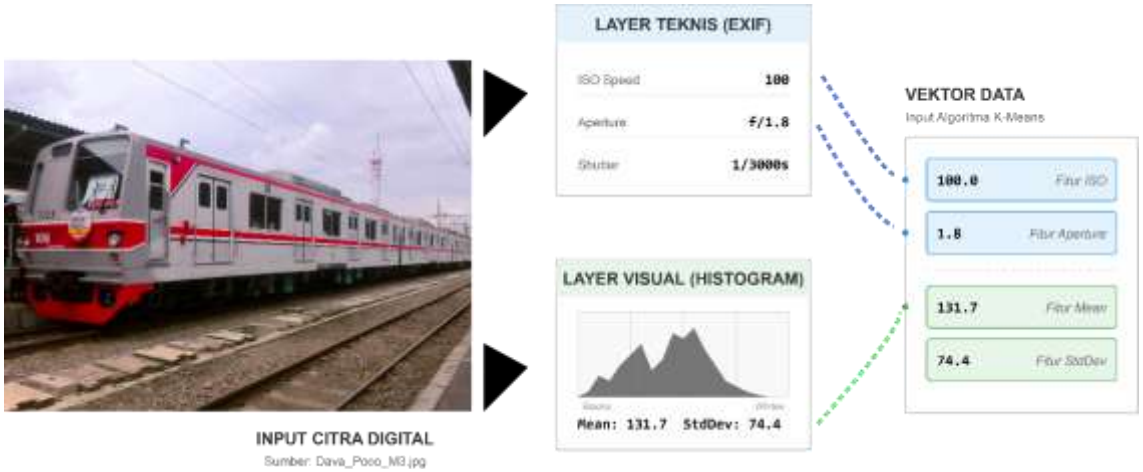
Penelitian ini menetapkan 3 cluster utama yang merepresentasikan kategori pencahayaan fundamental: Low-key (gelap), High-key (terang), dan Balanced (normal). Seluruh proses ekstraksi dan pemodelan divalidasi menggunakan Python serta RapidMiner Studio untuk menjamin integritas hasil.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan desain studi eksploratif kuantitatif dengan pendekatan *unsupervised learning* untuk mengidentifikasi pola gaya fotografi tanpa memerlukan data berlabel. Fokus utama riset adalah mengungkap struktur tersembunyi (*clustering*) dalam dataset citra digital dengan menganalisis korelasi antara preferensi teknis (metadata EXIF) dan karakteristik visual (histogram). Alur penelitian dirancang secara sistematis mulai dari akuisisi data, pra-pemrosesan, ekstraksi fitur, hingga pemodelan dan evaluasi[11], sebagaimana diringkas dalam diagram alir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Metodologi Penelitian



Gambar 2. Skema Visualisasi Ekstraksi dan Penggabungan Fitur (Feature Fusion)

Proses akuisisi data melibatkan pengumpulan 100-150 citra digital format JPEG resolusi tinggi yang memiliki metadata EXIF utuh. Sampel diperoleh dari sumber primer yang mencakup citra hasil penyuntingan (*post-processing*) untuk menangkap gaya fotografi secara holistik, baik dari sisi teknis pengambilan (EXIF) maupun estetika tonalitas (Histogram).
Dataset mencakup variasi citra berwarna dan monokrom dari minimal 3-5 sumber berbeda guna menguji ketahanan algoritma. Tahap selanjutnya adalah pra-pemrosesan yang meliputi validasi format, pembersihan *noise* artifisial seperti *watermark*, serta konversi citra ke format *grayscale* untuk menyederhanakan analisis luminansi tanpa terdistraksi variasi *hue*[2]. Ekstraksi fitur kemudian dilakukan secara otomatis menggunakan algoritma berbasis Python. Sistem mengekstraksi tag EXIF yang stabil seperti *ISO* dan *Aperture*[3][4], serta menghitung metrik statistik dari histogram intensitas 256 *bin* seperti *Mean*, *Skewness*, dan *Entropy*[6], [10]. Rincian fitur kuantitatif yang digunakan sebagai input model disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian Fitur Kuantitatif yang Diekstraksi dari Metadata EXIF dan Statistik Histogram

Kategori Fitur	Nama Fitur	Tipe Data	Keterangan / Referensi
EXIF	ExposureTime	Numerik	Durasi sensor terekspos cahaya
	FNumber		Nilai bukaan diafragma (aperture) entropi
	ISOSpeedRatings		Sensitivitas sensor (ISO)
	FocalLength		Panjang fokus lensa
	Make	Kategorikal	Merek pembuat kamera
	Model		Model spesifik kamera
Histogram	Mean	Numerik	Rata-rata kecerahan piksel
	StdDev		Deviasi standar kecerahan
	Skewness		Kemiringan distribusi histogram
	Kurtosis		Keruncingan distribusi histogram
	Entropi		Ukuran keacakan piksel
	Kontras		Ukuran perbedaan intensitas

Untuk mengelompokkan citra berdasarkan fitur-fitur tersebut, penelitian ini menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Pemilihan algoritma ini didasarkan pada efisiensi komputasi dan kemampuannya menghasilkan *centroid* yang interpretatif untuk profil gaya fotografi. Proses *K-Means* diawali dengan inisialisasi *k* titik pusat (*centroid*) secara acak, dilanjutkan dengan dua tahapan iteratif utama:

1. **Langkah Penugasan (*Assignment Step*)**: Setiap data citra (x_i) dialokasikan ke cluster yang memiliki *centroid* terdekat (μ_j) berdasarkan perhitungan jarak Euclidean (*Euclidean distance*) dengan rumus:

$$d(x_i, \mu_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^{d} (x_{il} - \mu_{jl})^2}$$

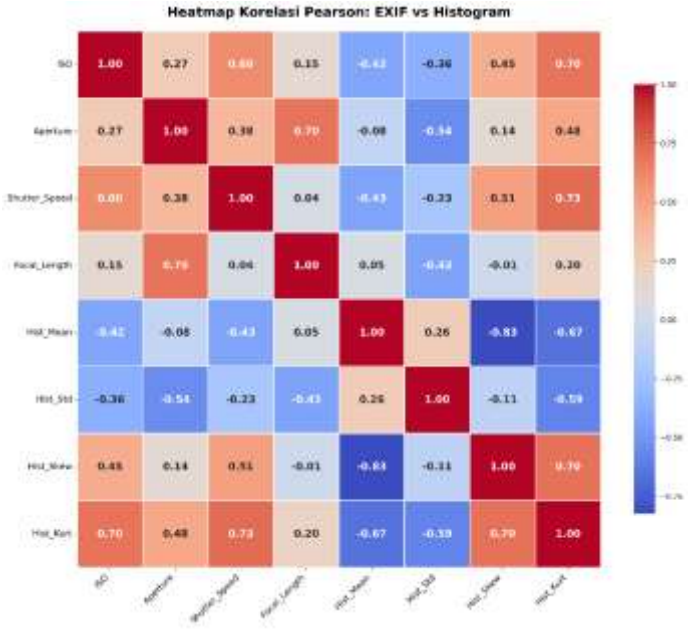
2. **Langkah Pembaruan (*Update Step*)**: Menghitung ulang posisi *centroid* baru (μ_j) berdasarkan rata-rata aritmatika dari seluruh titik data dalam cluster tersebut menggunakan persamaan:

$$\mu_j = \frac{1}{N_j} \sum_{i \in C_j} x_i$$

Evaluasi hasil menggunakan validasi internal seperti Silhouette Score (mengukur kepadatan cluster) dan Davies-Bouldin Index (mengukur pemisahan antar cluster. Analisis diakhiri dengan interpretasi kualitatif sampel visual untuk memvalidasi kebermaknaan gaya fotografi yang terbentuk secara otomatis.

3. HASIL DAN ANALISIS

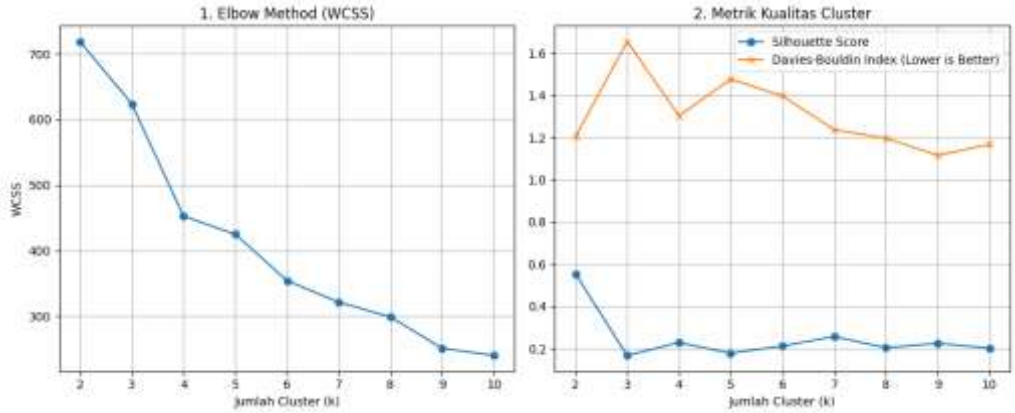
Bagian ini memaparkan hasil eksperimen komputasi terhadap dataset citra digital yang terdiri dari 101 sampel valid dari 8 sumber akuisisi berbeda. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan hibrida yang menggabungkan fleksibilitas ekstraksi fitur berbasis Python dan validasi pemodelan menggunakan platform RapidMiner Studio Basic. Melalui uji korelasi *Pearson Product-Moment*, ditemukan hubungan linier yang signifikan antar variabel lintas-domain. Beberapa temuan kunci mencakup korelasi positif kuat antara ISO dan tingkat *noise* (*Kurtosis*) dengan nilai $r = 0{,}70$ yang merepresentasikan peningkatan *noise* digital pada sensitivitas tinggi[3]. Terdapat pula hubungan negatif sangat kuat antara rata-rata kecerahan (*Hist_Mean*) dan kemiringan distribusi (*Hist_Skew*) dengan nilai $r = -0{,}83$, yang mengonfirmasi bahwa gaya *High Key* memiliki ekor distribusi ke kiri, sementara citra *Low Key* memanjang ke kanan. Parameter *Shutter Speed* menunjukkan korelasi moderat terhadap kecerahan ($r = 0{,}46$), membuktikan bahwa integrasi EXIF-Histogram adalah deskriptor valid untuk menangkap gaya pencahayaan secara ilmiah[9].



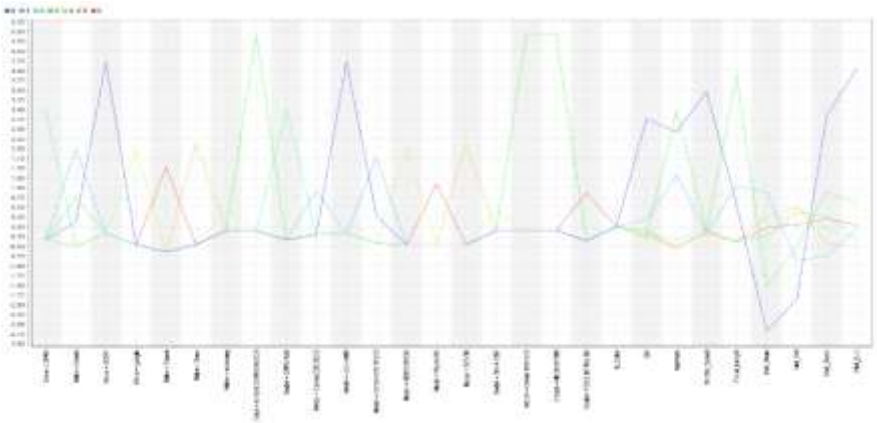
Gambar 3. Heatmap Korelasi antara Fitur EXIF dan Statistik Histogram

Penentuan jumlah cluster optimal (k) dilakukan melalui evaluasi ganda metode *Elbow* dan *Silhouette Score*. Grafik *Elbow* pada Gambar 2 menunjukkan penurunan inersia yang mulai melandai pada rentang $k = 5$ hingga $k = 8$, di mana stabilitas pemisahan optimal tercapai pada $k = 7$. Pemilihan $k = 7$ memberikan keseimbangan (*equilibrium*) terbaik untuk menangkap variasi gaya perangkat keras (*hardware*) dan gaya penyuntingan (*post-processing*) secara rinci tanpa mengalami *over-segmentation*. Validasi silang dengan RapidMiner Studio menunjukkan pola pengelompokan yang konsisten, di mana sampel dari perangkat profesional (DSLR) terpisah secara tegas dari sampel *smartphone*, memvalidasi ketahanan metode yang diusulkan[11].

Penerapan algoritma *K-Means* menghasilkan 7 cluster dengan profil statistik (*centroid*) yang unik. Interpretasi mendalam terhadap parameter tersebut diuraikan ke dalam tiga dimensi utama. Dimensi Tonalitas dan Pencahayaan menunjukkan bahwa Cluster 6 merepresentasikan gaya *High Key* (Mean 137,1) yang konsisten dengan *Color Science* sensor Canon[1], sedangkan Cluster 2 dan 5 merepresentasikan gaya *Low Key* (Mean < 63) yang dramatis. Dimensi Kontras dan Dinamika mengidentifikasi Cluster 3 dan 4 memiliki simpangan baku tertinggi (> 71,0), berkorelasi dengan gaya penyuntingan kontras tinggi atau monokrom. Terakhir, Dimensi Optik secara tegas membedakan jenis perangkat keras berdasarkan *Focal Length* dan *Aperture*.



Gambar 4. Grafik Evaluasi Jumlah Cluster Optimal



Gambar 5. Visualisasi Sebaran Cluster pada RapidMiner Studio (Validasi Silang)

Analisis mendalam terhadap distribusi anggota cluster mengungkapkan temuan signifikan mengenai bagaimana algoritma membedakan citra berdasarkan jejak perangkat keras (hardware signature) dan preferensi pasca-pemrosesan (post-processing style). Algoritma berhasil mengisolasi karakteristik sensor dan optik dari kamera profesional (DSLR/Mirrorless) serta memisahkannya secara tegas dari perangkat seluler. Pada Cluster 6, ditemukan dominasi mutlak dari sumber Bagas (Canon 1100D) dan Arga (Canon 600D) dengan nilai Hist Mean tertinggi sebesar 137,1 yang mengindikasikan gaya High Key. Temuan ini membuktikan konsistensi Color Science pada sensor APS-C Canon yang cenderung merender skin tone dan highlight dengan tonalitas hangat serta cerah, di mana karakteristik tersebut tetap terdeteksi oleh algoritma meskipun citra diambil oleh dua fotografer yang berbeda.

Sejalan dengan identifikasi perangkat optik, Cluster 2 menunjukkan kemampuan algoritma dalam mengenali gaya telefoto lintas-merek yang menggabungkan sumber dari Sony A6000, Canon 60D, dan Nikon D7200. Kesamaan pada kelompok ini terletak pada penggunaan lensa dengan panjang fokus rata-rata 119,8 mm dan bukaan sempit f/7,83. Algoritma mengenali bahwa penggunaan lensa telephoto

menghasilkan kompresi latar belakang dan distribusi cahaya yang lebih terpusat dengan Hist Mean rendah (62,8), sehingga membentuk pola histogram yang serupa tanpa memandang merek kamera yang digunakan.

Selain pada perangkat profesional, terjadi pemisahan tegas antara generasi smartphone yang mencerminkan evolusi algoritma pemrosesan citra atau computational photography. Cluster 1, yang didominasi oleh perangkat Poco M7 Pro 5G, mewakili algoritma modern dengan karakteristik ISO rata-rata sangat rendah (92,5) namun mampu mempertahankan Hist Mean yang tetap optimal (116,7). Hal ini mengindikasikan kemampuan Image Signal Processor (ISP) modern dalam melakukan noise reduction dan dynamic range optimization yang agresif namun tetap bersih.

Sebaliknya, pada Cluster 0 dan 3 yang berisi campuran smartphone generasi lama seperti Sony XZ1 dan Redmi 4X, terlihat perbedaan performa yang signifikan. Cluster 0 secara spesifik menunjukkan karakteristik Low Light pada sensor lama dengan ISO rata-rata yang lebih tinggi (295,7) dan Hist Mean yang jatuh ke area gelap (81,4). Kondisi ini menandakan keterbatasan sensor kecil terdahulu dalam menangkap cahaya secara efektif tanpa dukungan teknologi kecerdasan buatan yang canggih sebagaimana yang ditemukan pada generasi perangkat yang lebih baru.

Cluster 4 didominasi oleh sumber **Akbar (Oppo A53)**. Fitur pembeda utama *cluster* ini adalah kombinasi nilai kontras (*Hist StdDev*) yang tinggi (**71.4**) dengan bukaan lensa *smartphone* standar (f/2.05). Tingginya deviasi standar ini didorong oleh variasi citra monokrom (*Black & White*) dalam dataset Akbar, yang memiliki distribusi histogram ekstrem (puncak pada hitam pekat dan putih terang). Hal ini membuktikan bahwa gaya penyuntingan tonalitas yang drastis mampu menjadi diskriminator utama yang memisahkan citra dari kelompok perangkat asalnya.

Metode ini terbukti sensitif terhadap teknik fotografi khusus yang menyimpang dari pola umum (*outlier detection*). *Cluster* 5 mengisolasi satu sampel ekstrem dari **Arga (Sony A6000)**. Data menunjukkan penggunaan parameter teknis yang tidak lazim: ISO tinggi (**1800**) dikombinasikan dengan *Shutter Speed* lambat (**0.55 detik**). Algoritma berhasil mengidentifikasi teknik *Long Exposure* ini sebagai entitas gaya yang terpisah sepenuhnya, memvalidasi bahwa parameter EXIF ekstrem memiliki bobot signifikan dalam pembentukan *cluster*.

Tabel 2. Tabel Profil Statistik (Centroid)

Cluster	ISO	Aperture	Shutter Speed (s)	Focal Length	Hist Mean	Hist StdDev	Karakteristik Dominan
0	295.7	f/1.97	13	7.8 mm	81.4 (Gelap)	58.9	Low Light Smartphone
1	92.5	f/1.80	1	4.4 mm	116.7 (Sedang)	68.4	Proses AI Modern
2	362.5	f/7.83	9	119.8 mm	62.8 (Gelap)	50.2	Telephoto / Moody DSLR
3	100.0	f/1.80	3	4.7 mm	113.9 (Sedang)	73.4	Daylight Smartphone
4	122.4	f/2.05	5	4.1 mm	116.6 (Sedang)	71.4	High Contrast / B&W Style
5	1800.0	f/7.80	550	35.5 mm	44.5 (Ekstrem)	48.3	Long Exposure Outlier
6	234.7	f/5.51	2	65.2 mm	137.1 (Terang)	56.0	High Key / Canon Science



Gambar 6. Perbandingan Citra Berdasarkan Karakteristik Perangkat Keras. (a) Citra dari Canon 1100D menunjukkan karakteristik High Key dan tone hangat khas sensor Canon; (b) Citra dari Sony A6000 dengan lensa telefoto menunjukkan kompresi latar belakang; (c) Citra dari smartphone generasi lama (Sony XZ1) pada kondisi minim cahaya menunjukkan keterbatasan sensor (noise/grain); (d) Citra dari smartphone modern (Poco M7 Pro) menunjukkan hasil yang bersih berkat pemrosesan AI.



Gambar 7. Perbandingan Citra Berdasarkan Gaya Penyuntingan dan Teknik. (a) Gaya Monokrom dengan kontras tinggi yang memisahkan diri dari cluster berwarna; (b) Teknik Long Exposure (0.55s) yang terdeteksi sebagai outlier; (c) Gaya standar daylight smartphone dengan dynamic range seimbang (GCam); (d) Variasi gaya DSLR Nikon pada kondisi pencahayaan natural yang memiliki karakteristik histogram serupa dengan Canon namun berbeda secara tonalitas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian eksperimen dan analisis data yang telah dilakukan, penelitian ini berhasil membuktikan secara empiris bahwa preferensi teknis yang terekam dalam metadata EXIF memiliki hubungan linier yang kuat dan terukur dengan karakteristik visual histogram citra. Pendekatan hibrida yang mengintegrasikan ekstraksi fitur berbasis Python dengan validasi *Unsupervised Machine Learning* (K-Means) terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola gaya fotografi secara otomatis tanpa memerlukan pelabelan manual.

Analisis kuantitatif mengonfirmasi adanya korelasi signifikan antar-variabel, di mana parameter akuisisi **ISO** terbukti memiliki korelasi positif kuat (r=0.70) dengan tingkat *noise* yang direpresentasikan oleh **Kurtosis** histogram, serta parameter **Shutter Speed** yang berkontribusi pada karakteristik kontras citra. Selain itu, ditemukan hubungan terbalik yang konsisten (r=−0.83) antara rata-rata kecerahan (*Mean*) dan kemiringan distribusi (*Skewness*), memvalidasi bahwa histogram adalah deskriptor yang akurat untuk gaya pencahayaan *High Key* maupun *Low Key*.

Implementasi algoritma *clustering* dengan konfigurasi optimal **k=7** sukses memetakan dataset ke dalam profil gaya yang distingtif (khas). Algoritma mampu memisahkan secara tegas antara karakteristik optik lensa profesional (DSLR/Mirrorless) dengan lensa *fixed-wide* pada *smartphone*, serta mendeteksi jejak pemrosesan *Computational Photography* (AI) pada perangkat seluler modern yang berbeda dari generasi lama. Lebih jauh, metode ini sensitif terhadap variasi gaya penyuntingan, terbukti dengan kemampuannya mengisolasi citra **Monokrom** (*Black & White*) dan teknik **Long Exposure** sebagai kelompok atau *outlier* yang unik berdasarkan anomali histogram dan metadata-nya.

Referensi

[1] D. Priyono dan I. Rifaah, "Konstruksi Makna Visual dalam Iklan Fashion: Perbandingan antara Fotografi AI Generatif dan Fotografi Konvensional," *MAVIS : Jurnal Desain Komunikasi Visual*, vol. 7, no. 02, hlm. 129–136, Sep 2025, doi: 10.32664/mavis.v7i02.2102.

[2] R. K. Hapsari, M. I. Utoyo, R. Rulaningtyas, dan H. Suprajitno, "Comparison of Histogram Based Image Enhancement Methods on Iris Images," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Jul 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1569/2/022002.

[3] N. Soni, "Forensic Value of Exif Data: An Analytical Evaluation of Metadata Integrity across Image Transfer Methods," *Perspectives in Legal and Forensic Sciences*, vol. 2, no. 2, hlm. 10006–10006, 2025, doi: 10.70322/plfs.2025.10006.

[4] M. Naufal Bahreisy, A. Rizky Pratama, G. Guztaman Munzi, Y. Eka Wicaksana, dan U. Buana Perjuangan Karawang, "EXIF Metadata Feature Extraction to Improve Source Device Identification Accuracy in Digital Images within a Digital Forensics Approach ARTICLE HISTORY," *Jurnal Sisfotek Global ISSN*, vol. 15, no. 2, hlm. 57–63, Nov 2025, doi: 10.38101/sisfotek.v15i2.15998.

[5] D. V, P.-T. D, dan R. L, "Comprehensive digital image analysis to detect manipulation," *Artif. Intell.*, vol. 30, no. AI.2025.30(1), hlm. 77–83, Mar 2025, doi: 10.15407/jai2025.01.077.

[6] D. P. Aqta dan I. P. Sari, "Evaluasi Keefektifan Teknik Morfologi dan Histogram Citra Digital pada Minyak RON 92 di SPBU Pertamina Medan Tembung," *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 4, hlm. 161–170, Mar 2025, doi: 10.56211/helloworld.v3i4.674.

[7] N. T. Alqoria dan F. Utaminingrum, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Kemanisan Buah Melon Menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix dan Support Vector Machine," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 6, hlm. 2472–2477, Mei 2021, [Daring]. Tersedia pada: http://j-ptiik.ub.ac.id

[8] S. Enggari, Sumijan, dan M. Tajuddin, "The development of color histogram method to identify air quality index based on sky images," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 34, no. 1, hlm. 186–196, Apr 2024, doi: 10.11591/ijeecs.v34.i1.pp186-196.

[9] C. Zheng, A. Shrivastava, dan A. Owens, "EXIF as Language: Learning Cross-Modal Associations Between Images and Camera Metadata," dalam *2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Vancouver, BC, Canada: IEEE, Jun 2023, hlm. 6945–6956. doi: 10.1109/CVPR52729.2023.00671.

[10] B. A. Wardijono, Lussiana ETP, dan Rozi, "Identifikasi Karakteristik Citra Berdasarkan pada Nilai Entropi dan Kontras," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 2, no. 1, hlm. 18–23, Jun 2021, doi: 10.52158/jacost.v2i1.136.

[11] M. Appel Mahmud Pranto, N. Al Asad, M. A. Yousuf, M. N. Uddin, dan M. A. Moni, "Enhancing Image Forensics with Transformer: A Multi-head Attention Approach for Robust Metadata Analysis," dalam *Lecture Notes in Networks and Systems*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2025, hlm. 655–669. doi: 10.1007/978-981-97-3937-0_45.