

KLASIFIKASI JENIS WARNA DOKUMEN BERDASARKAN MOMEN WARNA MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOURS (KNN) (STUDI KASUS : PUSAKA HIMATIF)

Muhammad Chozami¹, Soffiana Agustin²

Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61121

Chozami.jaya.cj@gmail.com, Soffiana@umg.ac.id

Abstrak

Mencetak dokumen fisik masih menjadi kebutuhan penting dalam berbagai kegiatan meskipun era digital terus berkembang. Pusaka Himatif menghadapi tantangan dalam proses manual pengecekan warna dokumen yang tidak efisien dan rentan terhadap human error. Warna dokumen dibedakan menjadi "Hitam Putih", "Warna Rendah", atau "Warna Tinggi", yang masing-masing memiliki perbedaan intensitas warna di dalamnya. Penelitian ini mengusulkan solusi teknologi pengolahan citra digital untuk mengklasifikasikan jenis warna dokumen berdasarkan momen warna menggunakan metode K-Nearest Neighbours (KNN). Metode ekstraksi fitur warna yang digunakan meliputi momen warna mean, standar deviasi, dan skewness dalam ruang warna HSV. Data warna yang diekstraksi kemudian diklasifikasikan menggunakan metode KNN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ekstraksi fitur momen warna pada ruang warna HSV, efektif dalam menganalisis citra dokumen berdasarkan warnanya. Metode KNN berhasil mengklasifikasikan jenis warna dokumen dengan tingkat akurasi 91,11%.

Kata kunci: Klasifikasi Warna Dokumen, Momen Warna, K-Nearest Neighbours, HSV

Printing physical documents remains a crucial need in various activities despite the continuous growth of the digital era. Pusaka Himatif faces challenges in the manual process of checking document colors, which is inefficient and prone to human error. Document colors are categorized as "Black and White," "Low Color," or "High Color," each having different color intensities. This study proposes a digital image processing technology solution to classify document color types based on color moments using the K-Nearest Neighbours (KNN) method. The color feature extraction method used includes the mean, standard deviation, and skewness color moments in the HSV color space. The extracted color data is then classified using the KNN method. The research results indicate that the color moment feature extraction method in the HSV color space is effective in analyzing document images based on their colors. The KNN method successfully classified document color types with an accuracy rate of 91.11%.

Keywords: color document classification, color moments, K-Nearest Neighbours, HSV

Article History

Received: November 2024

Reviewed: November 2024

Published: November 2024

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. Pendahuluan

Mencetak dokumen fisik masih menjadi kebutuhan penting dalam kegiatan bisnis, akademik, maupun personal, meskipun era digital semakin berkembang. Banyak orang masih



memerlukan dokumen fisik untuk keperluan seperti presentasi, laporan, dan skripsi. Sebuah survei oleh Two Sides North America menunjukkan bahwa 73% responden lebih memahami informasi dalam bentuk dokumen fisik dibandingkan digital [1]. Dalam bisnis percetakan dokumen, inovasi teknologi sangat penting. "Pusaka Himatif" perlu beradaptasi dengan perkembangan teknologi untuk memberikan layanan optimal. Saat ini, harga dokumen ditentukan dengan memeriksa setiap halaman secara manual berdasarkan tingkat warna: Hitam Putih, Warna Rendah, dan Warna Tinggi. Proses seleksi ini dirasa tidak efisien, memakan waktu, dan rentan terhadap kesalahan.

Untuk mengatasi permasalahan ini, teknologi pengolahan citra dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam melakukan seleksi dokumen. Dengan menggunakan teknik pengolahan citra, seleksi dokumen bisa dilakukan dengan lebih cepat dan tepat (terukur). Beberapa metode yang sering dimanfaatkan dalam pengenalan dokumen adalah penggunaan fitur warna. Momen warna seperti *mean*, standar deviasi, dan *skewness* dalam ruang warna HSV sering digunakan dalam desain grafis, pengolahan gambar, dan pengaturan warna karena kemudahannya dalam mengontrol karakteristik warna [2]. Momen warna adalah ukuran yang dapat digunakan untuk membedakan gambar berdasarkan fitur-fitur warnanya. Dasar momen warna terletak pada asumsi bahwa distribusi warna dalam suatu gambar dapat diinterpretasikan sebagai distribusi probabilitas. Distribusi probabilitas ditandai oleh sejumlah momen unik (misalnya, distribusi Normal dibedakan oleh rata-rata dan variansnya). Oleh karena itu, jika warna dalam suatu gambar mengikuti distribusi probabilitas tertentu, maka momen-momen dari distribusi tersebut dapat digunakan sebagai fitur untuk mengidentifikasi gambar tersebut berdasarkan warna [3].

Untuk melakukan klasifikasi kategori dokumen digunakan mesin pembelajaran seperti Metode klasifikasi *K-Nearest Neighbours* (KNN). KNN merupakan salah satu model pembelajaran terawasi yang mengklasifikasikan objek berdasarkan mayoritas kategori dari k tetangga terdekatnya. KNN telah berhasil digunakan dalam beberapa penelitian [4].

Penelitian ini mengusulkan solusi untuk mengklasifikasikan jenis warna dokumen dengan teknologi pengolahan citra digital melalui ekstraksi fitur momen warna dalam ruang warna HSV dan metode KNN untuk klasifikasi. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan kecepatan, akurasi, dan efisiensi dalam proses klasifikasi warna di Pusaka Himatif.

2. Tinjauan Pusaka

Ismail, dkk., (2023) dengan judul "Klasifikasi Kematangan Daun Tembakau Virginia Menggunakan Pengolah Citra Digital" [5]. Pada penelitian ini, mengklasifikasikan citra daun tembakau virginia dengan kelas matang, muda, dan tua dengan ekstraksi fitur warna menggunakan *Color Moments HSV* dan metode SVM (*Support Vector Machine*) sebagai *classifier*. dan didapatkan akurasi yang sangat baik yaitu sebesar 98%.

Adenugraha, dkk., (2022) dengan judul "Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Ambon Menggunakan Metode KNN dan PCA Berdasarkan Citra RGB dan HSV" [6]. Pada penelitian ini digunakan fitur dari ekstraksi ciri HSV, RGB dan Area kemudian diklasifikasikan menggunakan metode KNN dengan penghitungan jarak *euclidean distance*. Hasil akurasi dari klasifikasi sebesar 90,9% dengan nilai $K=5$ yang didapat dari 10 data uji dengan klasifikasi akurat, dan 1 data uji dengan klasifikasi tidak akurat.

Franch, dkk., (2022) dengan judul "Identification of Banana Types with the Least-Squares Support Vector Machine (LS-SVM) Method" [7]. Pada penelitian ini Menggunakan ekstraksi fitur warna momen warna HSV dan $YCbCr$ juga ekstraksi fitur tekstur GLCM dengan menggunakan metode klasifikasi LS-SVM untuk mengidentifikasi jenis buah pisang. Hasilnya didapat 90% akurasi didapat dari model.

Wibowo, dkk., (2021) dengan judul "Deteksi Kematangan Buah Jambu Kristal Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna Hsv (Hue Saturation Value) Dan K-Nearest Neighbor" [8]. Pada penelitian ini digunakan transformasi ruang warna HSV sebagai ekstraksi fitur dan KNN untuk klasifikasi, ekstraksi fitur HSV disini diambil dari rerata atau *average* dari masing-masing kanal HSV. didapatkan hasil akurasi tertinggi yaitu 95%.

Ezar, dkk., (2021) dengan judul “penentuan kualitas buah pepaya california menggunakan metode k-nn” [4]. Pada penelitian ini, ekstraksi fitur yang digunakan adalah R, G, minor axis, major axis, dan defect area, kemudian diklasifikasikan dengan KNN dengan menggunakan dua perhitungan jarak yaitu Euclidean dan Manhattan untuk perbandingan dan variasi nilai-k sebesar 3, 5, 7, dan 9. Penelitian ini pun mendapatkan hasil terbaik pada nilai k-7 dengan *euclidean distance* yaitu accuracy sebesar 86,67%, precision sebesar 87,50%, dan recall sebesar 80,00%.

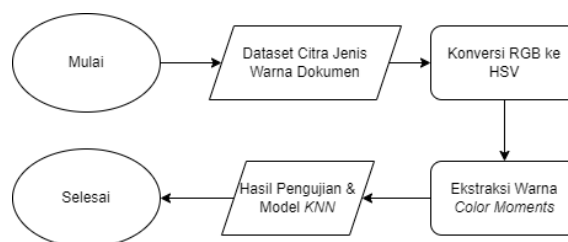
Wibawa, dkk., (2021) dengan judul “Penerapan Ruang Warna HSV dan Ekstraksi Fitur Tekstur Local Binary Pattern untuk Tingkat Kematangan Sangrai Biji Kopi” [9]. Pada penelitian ini digunakan momen warna HSV dan *Local Binary Pattern (LBP)* sebagai ekstraksi fitur dan KNN sebagai *classifier*. Akurasi yang didapatkan dari kedua metode yang digunakan yaitu untuk nilai Hue dan Saturation mendapatkan akurasi sebesar 79%, dan untuk Hue dan Saturation dengan menggunakan nilai normalisasi RGB sebesar 71,4%.

Anggraeni D., (2021) dengan judul “Perbaikan Citra Dokumen Hasil Pindai Menggunakan Metode Simple, Adaptive-Gaussian, dan Otsu Binarization Thresholding” [10]. Penelitian ini membandingkan kinerja dari tiga metode Thresholding yaitu Simple Thresholding, Adaptive-Gaussian Thresholding, dan Otsu Binarization untuk filterisasi citra hasil pindai dokumen. Hasil evaluasi menggunakan parameter penilaian MSE dan PSNR menunjukkan bahwa metode Simple Thresholding adalah yang terbaik dengan rata-rata nilai MSE 5.196,76 dan rata-rata nilai PSNR 13.37.

Rismanto, dkk., (2020) dengan judul “Optimalisasi Image Thresholding pada Optical Character Recognition Pada Sistem Digitalisasi dan Pencarian Dokumen” [11]. Penelitian ini mengimplementasikan *Optical Character Recognition (OCR)* dan melakukan optimalisasi pada digitalisasi dokumen. Proses ekstraksi teks yang dengan teknik OCR diawali Image Thresholding dengan beberapa nilai ambang yaitu 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 dan 0.9. Dari hasil percobaan, nilai ambang yang menghasilkan akurasi tertinggi adalah 0.6 dengan nilai akurasi 92.568%.

Li, dkk., (2021) dengan judul “SelfDoc: Self-Supervised Document Representation Learning” [12]. Pada Penelitian ini diciptakan kerangka kerja (*framework*) yang disebut SelfDoc yang merupakan model pra-pelatihan (pre-trained model) yang dirancang khusus untuk pemahaman dokumen. SelfDoc memanfaatkan fitur-fitur seperti representasi blok semantis, pemodelan kontekstual, pembelajaran lintas modal, dan strategi pra-pelatihan sendiri pada dokumen. Penelitian ini membandingkan hasil klasifikasi dokumen menggunakan SelfDoc dengan beberapa pra-pelatihan model lain seperti BERT dan VGG-16, dan menunjukkan SelfDoc unggul dengan akurasi tertingginya mencapai 93,81%.

3. Metodologi



Gambar 3.1 Alur Metode Penelitian

Gambar 3.1 menjelaskan alur metodologi penelitian ini yang akan dirincikan sebagai berikut

a) Citra Dokumen

Citra dokumen direpresentasikan secara digital dengan format *RGB*, dengan setiap piksel pada gambar memiliki nilai numerik yang mencerminkan warna dan intensitasnya. Dataset terdiri dari 150 data yang terbagi dalam 3 kelas yaitu “hitam putih”, “Warna rendah”, dan “Warna tinggi”. Dan dengan pembagian data *training* dan *testing* 70:30

b) konversi ke HSV

Pada tahap ini citra dalam format *RGB* dikonversi ke dalam ruang warna *HSV* Proses konversi *RGB* ke *HSV* menggunakan persamaan (3.1) sampai (3.6) . Oleh karena itu, setiap citra akan mencakup 3 kanal warna, yaitu Hue, Saturation, Value.

Perhitungan konversi *RGB* ke *HSV* dapat dirumuskan sebagai berikut [13] :



1. Normalisasi RGB dengan cara mengubah nilai warna RGB dalam rentang $[0,1]$

$$R' = \frac{R}{255}, G' = \frac{G}{255}, B' = \frac{B}{255} \quad (3.1)$$

2. Menghitung nilai $Value$ dan X

$$V = \max(r, g, b), X = \min(r, g, b) \quad (3.2)$$

3. Menghitung nilai $Saturation$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } Value = 0 \\ \left(\frac{V - X}{V}\right), & \text{jika lainnya} \end{cases} \quad (3.3)$$

4. Menghitung nilai r, g, b

$$r = \frac{V - R'}{V - X}; g = \frac{V - G'}{V - X}; b = \frac{V - B'}{V - X} \quad (3.4)$$

5. Menghitung nilai Hue

$$H = \begin{cases} R' = V \text{ then } G = X, H = 5 + b, G \neq X, 1 - g \\ G' = V \text{ then } B = X, H = 1 + r, B \neq X, 3 - b \\ B' = V \text{ then } R = X, H = 3 + g, R \neq X, 5 - r \end{cases} \quad (3.5)$$

6. Normalisasi nilai Hue

$$H = \frac{H}{6} \quad (3.6)$$

Keterangan :

S : nilai $Saturation$

V : nilai $Value$

H : nilai Hue

X : nilai minimum dari normalisasi RGB .

R, G, B : nilai kanal warna red (merah), $green$ (hijau), $blue$ (biru)

R', G', B' : nilai kanal warna red (merah), $green$ (hijau), $blue$ (biru) dalam rentang $[0,1]$

r, g, b : nilai kanal warna red (merah), $green$ (hijau), $blue$ (biru) ternormalisasi

c) ekstraksi fitur momen warna

Pada tahap ini, dilakukan ekstraksi fitur menggunakan momen warna. Momen warna yang diekstraksi melibatkan mean, standar deviasi, dan skewness, dihitung dengan persamaan masing-masing (3.7), (3.8), dan (3.9). Proses ekstraksi ini menghasilkan total 9 fitur dari 3 kanal warna yang akan digunakan sebagai fitur klasifikasi dalam penelitian ini. Dalam [3] P_{ij} didefinisikan sebagai nilai intensitas warna pada piksel ke- j dalam kanal warna ke- i pada citra. Ketiga momen warna didefinisikan sebagai berikut :

Moment 1 – Mean :

$$E_i = \sum_{j=1}^N \frac{1}{N} P_{ij} \quad (3.7)$$

Moment 2 – Standard Deviation

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_{ij} - E_i)^2\right)} \quad (3.8)$$

Moment 3 – Skewness



$$s = \sqrt[3]{\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_{ij} - E_i)^3\right)} \quad (3.9)$$

d) Klasifikasi KNN

Proses klasifikasi terdiri dari dua tahap utama, yaitu penggunaan data latih dan data uji. Data latih berfungsi sebagai set pembelajaran, sedangkan data uji digunakan untuk menguji kinerja sistem. Dalam penelitian ini, dilakukan ekstraksi ciri pada seluruh data, yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenisnya. Pada tahap pelatihan, metode K-Nearest Neighbors (KNN) digunakan untuk pembelajaran dan pencarian tetangga terdekat dengan menggunakan persamaan euclidean distance (3.10). Bobot yang dihasilkan dari pelatihan ini akan menjadi bobot akhir yang digunakan pada tahap pengujian. Sistem diuji untuk memastikan kesesuaian dengan harapan, terutama dalam mengidentifikasi jenis jenis warna dokumen yang diberikan. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pada metode *K-Nearest Neighbours* adalah sebagai berikut [14] :

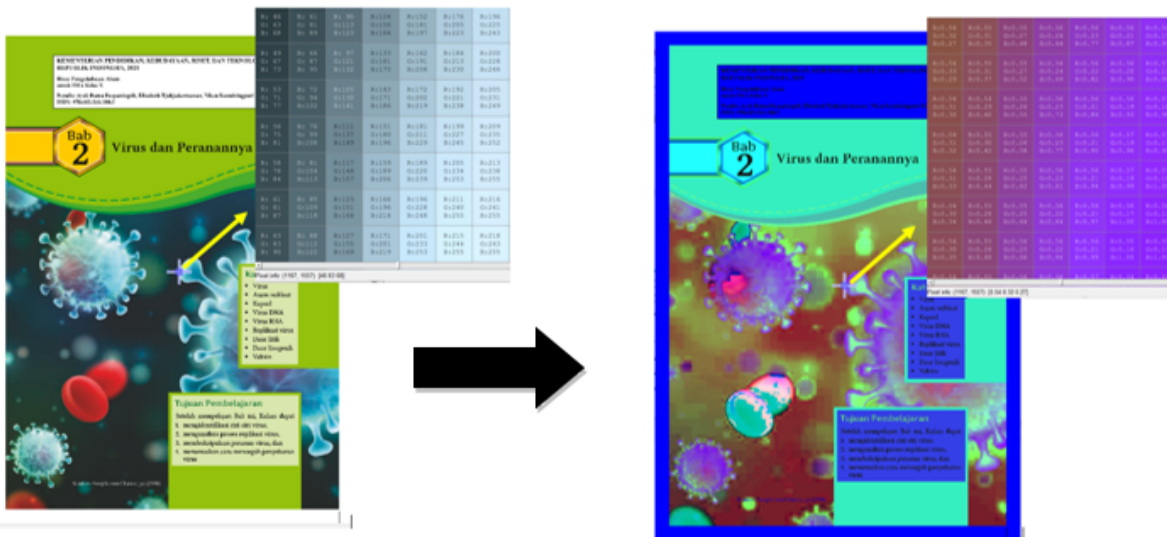
- a. Menentukan data sampel yang akan digunakan sebagai data latih.
- b. Inialisasi titik K sebagai titik pusat (*centroid*) awal.
- c. Hitung jarak setiap objek data set dengan data training dengan rumus perhitungan jarak.

Secara matematis, jarak Euclidean antara dua titik, misalnya A (x1, y1) dan B (x2, y2), dihitung sebagai:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.10)$$

4. Hasil dan Pembahasan

Dari dataset yang ada, diambil 15 sampel data dengan 5 data per kelas. Dari sampel tersebut citra kemudian di konversi ke HSV seperti gambar 4.1 dengan persamaan 3.1-3.6.



Gambar 4.1 Konversi citra RGB ke HSV

Kemudian setelah dikonversi, dilakukan ekstraksi fitur menggunakan momen warna. Momen warna yang diekstraksi melibatkan mean, standar deviasi, dan skewness, dihitung dengan persamaan ((3.7) - ((3.9). hasil ekstraksi fitur terdapat pada tabel Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Ekstraksi fitur momen warna

Sam pel Data set	Kela s	HSV								
		H			S			V		
		mean	Std	skew	mean	Std	skew	mean	Std	skew
1	H	0,00044 9	0,01580 5	39,7102 6	0,00041 7	0,01505 5	43,2590 9	0,96376 5	0,17437 6	- 4,92697



2	H	0	0	0	0	0	0	0,97799 3	0,13745 1	- 6,47986
3	H	0,04263 4	0,16176 5	3,67834 2	0,00319 3	0,03680 3	21,1393 7	0,95414 4	0,17462 1	- 4,22332
4	WR	0,04052 8	0,14502 6	3,58486 3	0,03418 9	0,13687 9	4,21152 9	0,93038 8	0,20890 6	- 3,36463
5	WR	0,03449 1	0,13031 8	3,84069 3	0,01433 0,01433	0,07930 4	7,90764 4	0,93916 4	0,19816 5	- 3,86472
6	WR	0,01814 7	0,07270 9	4,93491 3	0,04445 4	0,17437 5	4,00839 2	0,89858 9	0,25969 1	-2,4629
7	WT	0,1886	0,13183 6	3,32140 2	0,56909 5	0,24267 9	- 0,26997	0,41626 4	0,24815 9	0,59746 8
8	WT	0,29360 9	0,21288 1	0,20318 3	0,48248 7	0,36569 5	0,07165 8	0,66109 4	0,29226 1	- 0,53563
9	WT	0,12638 3	0,16131 6	2,80388 6	0,39787 9	0,40095 4	0,34663 2	0,85297 7	0,29848 4	- 2,10077
10	H	0	0	0	0	0	0	0,97395 4	0,14870 7	- 5,90354
11	H	0	0	0	0	0	0	0,95702 1	0,19001 3	- 4,47956
12	WR	0,03700 2	0,12754	3,57526 5	0,02755 1	0,11279 3	4,76472 5	0,95438 3	0,15619 5	- 4,09197
13	WR	0,0334	0,12531	3,95331 5	0,01838	0,09324 9	7,11193 6	0,93559 2	0,19349 7	- 3,65802
14	WT	0,08976 8	0,02604 3	14,49	0,81611 9	0,16439 6	- 1,26146	0,83551 3	0,10066 3	- 1,89853
15	WT	0,15004 3	0,03051 5	17,3161 5	0,40129 3	0,08070 4	0,29747 9	0,28766 5	0,09934 1	5,19321 2

Dari hasil ekstraksi fitur momen warna pada Tabel 4.1, selanjutnya data diklasifikasikan menggunakan KNN dengan nilai $k=3$ menggunakan perhitungan jarak euclidean distance. Dari 15 data sampel pada maka data dipisah menjadi data latih (data ke 1-9) dan data uji (data 10-15). Berikut disajikan tabel perhitungan jarak dari data ke-10 ke data latih.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan jarak

Data	Kelas	Euclidean	Peringkat
1	H	72,00601	5
2	H	6,629989	1
3	H	56,28328	2
4	WR	70,49453	4
5	WR	59,25816	3
6	WR	87,69152	6
7	WT	333,8626	9
8	WT	250,7595	8
9	WT	204,1691	7

Dari Tabel 4.2 data ke-10 terklasifikasi sebagai kelas hitam dikarenakan menurut peringkat 3 k-terdekat terdiri dari 2 kelas hitam, dan 1 kelas warna rendah.

Selanjutnya hasil klasifikasi untuk data sisanya akan ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Hasil Klasifikasi

Data	Hasil klasifikasi
10	Hitam
11	Hitam
12	Hitam
13	Warna Rendah



14	Warna Tinggi
15	Warna Tinggi

Dari hasil pada Tabel 4.3 di atas menunjukkan bahwa 5 dari 6 data diklasifikasikan sesuai dengan kelasnya, hanya pada data ke-12 yang seharusnya masuk pada kelas Warna Rendah, tetapi diklasifikasikan pada kelas Hitam. Dataset terdiri dari 105 data latih dan 45 data uji. Setelah dilakukan pelatihan (*training*) dan pengujian, diperoleh akurasi sebesar **91,11%**.

Berikut adalah contoh hasil klasifikasi untuk 10 data uji pertama:

Tabel 4.4 Contoh hasil klasifikasi Data

No. Data	Kelas Aktual	Kelas Prediksi	Kesesuaian (Benar/Salah)
1	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
2	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
3	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
4	Hitam Putih	Warna Rendah	Salah
5	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
6	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
7	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
8	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
9	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar
10	Hitam Putih	Hitam Putih	Benar

Total data uji adalah 45, dan seluruh hasil klasifikasi dianalisis menggunakan matriks konfusi berikut:

Tabel 4.5 Matriks konfusi

Kelas Aktual \ Kelas Prediksi	Hitam Putih	Warna Rendah	Warna Tinggi
Hitam Putih	14	1	0
Warna Rendah	1	13	1
Warna Tinggi	1	0	14

Untuk menghitung akurasi dari hasil klasifikasi yang telah dilakukan, digunakan rumus berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah klasifikasi benar}}{\text{Total data uji}} \times 100\%$$

Pada penelitian ini, jumlah klasifikasi benar adalah $14 + 13 + 14 = 41$, dan total data uji adalah **45**, sehingga:

$$\text{Akurasi} = \frac{41}{45} \times 100\% = 91,11\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki performa yang baik dalam mengklasifikasikan data.

5. Keimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan klasifikasi jenis warna dokumen menggunakan teknologi pengolahan citra digital melalui ekstraksi fitur momen warna dalam ruang warna HSV dan metode KNN (K-Nearest Neighbors) sebagai algoritme klasifikasinya. Dengan menggunakan KNN dan perhitungan jarak Euclidean, didapatkan akurasi klasifikasi sebesar 91,11%. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritme KNN efektif dalam mengklasifikasikan jenis warna dokumen berdasarkan dataset yang digunakan.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya agar menjadi lebih baik adalah melakukan perbandingan metode lain terhadap algoritme KNN, seperti SVM (Support Vector Machine) atau metode pembelajaran mesin lainnya. Selain itu, peningkatan jumlah data uji dan variasi jenis dokumen dapat membantu menguji keandalan dan generalisasi model lebih lanjut. Ataupun penelitian ini bisa dijadikan aplikasi seperti pada penelitian [15].

**Daftar Referensi**

- [1] I. Two Sides North America, "PRINT AND PAPER IN A DIGITAL WORLD KEY FINDINGS FROM THE US SURVEY," 2017. [Online]. Available: www.twosidesna.org
- [2] R. N. Situmorang, "KLASIFIKASI KESEGERAN IKAN BERDASARKAN EKSTRAKSI FITUR MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR DAN HUE SATURATION VALUE," 2021.
- [3] Noah Keen, "Color Moments," 2005.
- [4] M. Ezar, A. Rivan, U. Bina, I. Lubuklinggau, M. Arman, and W. Kennedy, "PENENTUAN KUALITAS BUAH PEPAYA CALIFORNIA MENGGUNAKAN METODE K-NN," 2021.
- [5] A. D. Ismail, D. Erwanto, and I. Yanuartanti, "KLASIFIKASI KEMATANGAN DAUN TEMBAKAU VIRGINIA MENGGUNAKAN PENGOLAH CITRA DIGITAL," *Jurnal ELKON*, vol. 3, no. 1, pp. 2809–140, 2023.
- [6] S. P. Adenugraha, V. Arinal, and D. I. Mulyana, "Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Ambon Menggunakan Metode KNN dan PCA Berdasarkan Citra RGB dan HSV," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 1, p. 9, Jan. 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3287.
- [7] M. Franch, R. Gozali, and A. Mahmud Husein, "Identification of Banana Types with the Least-Squares Support Vector Machine (LS-SVM) Method," 2022, doi: 10.32996/jmcie.
- [8] A. Wibowo, D. M. C. Hermanto, K. I. Lestari, and H. Wijoyo, "Deteksi Kematangan Buah Jambu Kristal Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna Hsv (Hue Saturation Value) Dan K-Nearest Neighbor," *INCODING: Journal of Informatics and Computer Science Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 76–88, Oct. 2021, doi: 10.34007/incoding.v2i1.131.
- [9] M. F. Wibawa, M. A. Rahman, and A. W. Widodo, "Penerapan Ruang Warna HSV dan Ekstraksi Fitur Tekstur Local Binary Pattern untuk Tingkat Kematangan Sangrai Biji Kopi," 2021. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [10] D. T. Anggraeni, "Perbaikan Citra Dokumen Hasil Pindai Menggunakan Metode Simple, Adaptive-Gaussian, dan Otsu Binarization Thresholding," *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 11, no. 2, p. 71, Dec. 2021, doi: 10.36448/expert.v11i2.2170.
- [11] R. Rismanto, A. Prasetyo, and D. A. Irawati, "Optimalisasi Image Thresholding pada Optical Character Recognition Pada Sistem Digitalisasi dan Pencarian Dokumen," *PETIR*, vol. 13, no. 1, pp. 1–11, Mar. 2020, doi: 10.33322/petir.v13i1.659.
- [12] P. Li *et al.*, "SelfDoc: Self-Supervised Document Representation Learning," 2021.
- [13] A. R. Smith, "Color Gamut Transform Pairs," IEEE Computer Society Press, 1978.
- [14] R. E. F. Rizarta, "IMPLEMENTASI K-NEAREST NEIGHBOR DAN EUCLIDEAN DISTANCE UNTUK APLIKASI PENGENALAN CITRA RAMBU LALU LINTAS," 2019.
- [15] I. T. Prayudha, H. Prayitno, F. Rizqullah Bagaskara, and S. Agustin, "Klasifikasi Jenis Warna Dokumen Berdasarkan Ruang Warna Cymk Menggunakan Metode K-Means Clustering," vol. 02, no. 02, 2024.