

Ekstraksi Ciri Image Wajah Berdasarkan Ciri Warna Hue Saturation Value (HSV) dan Geometri

Ridho Surya Pangestu*, Hari Purwadi, Agusma Wajiansyah

Program Studi Teknik Komputer, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Samarinda

Abstrak: Ekstraksi ciri wajah merupakan langkah krusial dalam pengenalan wajah, terutama dalam membedakan pola berdasarkan warna dan geometri. Warna menjadi salah satu aspek penting karena dapat digunakan untuk membedakan suatu citra dari citra lainnya dengan mengelompokkan pola berdasarkan ciri warna tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode ekstraksi ciri wajah dengan memadukan analisis warna menggunakan ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value) dan ekstraksi ciri geometri pada bagian mata, hidung, dan mulut. Metode penelitian dimulai dengan pengambilan gambar wajah dari tiga individu berbeda dengan posisi tampak depan menggunakan kamera handphone. Gambar yang diperoleh kemudian disimpan dan dikonversi dari format RGB ke ruang warna HSV untuk ekstraksi ciri warna. Rata-rata nilai hue, saturation, dan value pada setiap gambar digunakan sebagai ciri warna yang mewakili setiap wajah. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi ciri geometri dengan mengukur jarak antar bagian wajah utama, yaitu mata, hidung, dan mulut, untuk memperoleh ciri geometris yang berbeda pada masing-masing individu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ciri warna dan ciri geometri mampu menghasilkan identifikasi ciri wajah yang unik untuk setiap individu. Pendekatan ini memberikan dasar yang kuat dalam pengenalan wajah dengan memanfaatkan karakteristik warna dan struktur wajah secara simultan.

Kata Kunci: Ekstraksi Ciri, HSV, Geometri

DOI:

<https://doi.org/10.53697/jkomitek.v5i1.2472>

*Correspondence: Ridho Surya Pangestu

Email: pangesturidho161@gmail.com

Received: 15-04-2025

Accepted: 22-05-2025

Published: 06-06-2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Facial feature extraction is a crucial step in face recognition research, especially in differentiating patterns based on color and geometry. Color plays an important role as it can distinguish an image from others by grouping patterns according to their color features. This study aims to develop a facial feature extraction method by combining color analysis using the HSV (Hue, Saturation, Value) color space and geometric feature extraction on the eyes, nose, and mouth regions. The research method begins with capturing frontal face images of three different individuals using a smartphone camera. The obtained images are stored and then converted from the RGB format to the HSV color space for color feature extraction. The average values of hue, saturation, and value in each image are used as color features representing each face. Subsequently, geometric feature extraction is conducted by measuring the distances between key facial parts eyes, nose, and mouth to obtain unique geometric features for each individual. The results indicate that the combination of color features and geometric features can effectively produce unique facial characteristics for each person. This approach provides a strong foundation for face recognition by simultaneously utilizing color characteristics and facial structure.

Keywords: Feature Extraction, HSV, Geometry

Pendahuluan

Dalam pengolahan citra digital, ekstraksi ciri bertujuan untuk mendapatkan ciri atau informasi yang unik dari suatu objek dalam citra. Ciri tersebut dapat berguna untuk menganalisis dan membedakan satu objek dengan objek lainnya, sehingga dapat mendukung proses penelitian dalam menghasilkan data yang mudah dipahami oleh manusia. Ciri yang telah diekstraksi selanjutnya akan digunakan sebagai masukan dalam tahapan klasifikasi objek (Santoso dkk., 2019).

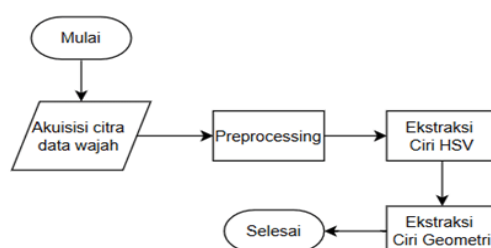
Wajah manusia memberikan sejumlah informasi, banyak hal menarik yang dapat diperhatikan serta dipelajari secara mendalam. Beberapa penelitian yang meneliti informasi dari wajah manusia meliputi pengenalan wajah, identifikasi ekspresi wajah, dan pengenalan isyarat mimik wajah. Ketika manusia berinteraksi satu sama lain, mereka menggunakan berbagai isyarat dari wajah untuk menyampaikan informasi (AL Sigit Guntoro dkk., 2022).

Ciri image yang telah didapatkan selanjutnya akan dilakukan *preprocessing* terhadap citra image yaitu dengan mengubah citra warna RGB ke model warna Hue, Saturation, Value (HSV), dimana pada proses ekstraksi ciri ini mencari nilai HSV. Setelah mendapatkan data ciri dari rata-rata nilai Hue, Saturation, Value maka proses selanjutnya dapat digunakan untuk membedakan obyek satu dengan obyek lainnya.

Ciri geometri merupakan ciri yang didasarkan pada hubungan antara dua buah titik, garis, atau bidang di dalam citra digital. Ciri geometri di antaranya adalah jarak dan sudut. Jarak antara dua buah titik dengan satuan piksel dapat ditentukan menggunakan persamaan euclidean distance (Wardhani dkk., 2021). Pada penelitian ini, ekstraksi ciri geometri digunakan dengan tujuan untuk mengukur ciri geometri pada bagian wajah manusia, seperti jarak antara mata kiri dengan mata kanan, jarak antara mata kiri atau mata kanan dengan hidung, jarak antara hidung dengan mulut. Sehingga dapat diperoleh informasi mengenai keunikan dan struktur wajah berdasarkan hubungan antar titik-titik daerah komponen wajah tersebut.

Metode

Pada penelitian ini, sistem untuk menentukan geometri pada wajah dengan tujuan untuk mengetahui ciri wajah masing-masing serta keunikan wajah. Data gambar foto yang digunakan sebanyak tiga orang yang berbeda. Foto diambil menggunakan kamera *handphone*. Foto diambil sebanyak satu kali pengambilan dengan posisi dan keadaan yang sama. Gambar 1 merupakan blok diagram untuk mencari ciri wajah berdasarkan fitur warna dan geometrinya.



Gambar 1. Blok diagram sistem

Penelitian ini diawali dengan proses pengambilan gambar wajah posisi tampak depan dengan menggunakan kamera *handphone* sebanyak 3 orang dengan posisi yang sama. Setelah itu gambar tersebut disimpan dalam sebuah folder. Dari hasil tersebut, maka akan dilakukan tahap ekstraksi ciri wajah yang akan dicari hasil warnanya, warna akan dicari ciri menggunakan HSV (Hue, Saturation, Value). Dengan demikian cara tersebut akan didapatkan data ciri HSV dan selanjutnya akan dicari diri geometri wajah.

Akuisisi citra merupakan tahap awal untuk mendapatkan suatu citra digital. Tujuan akuisisi citra yaitu untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode pengambilan citra digital. Pada tahap akuisisi citra ini dimulai dari pengambilan gambar dari objeknya (Hasugian & Zufria, 2018). Tahapan awal dari sistem ini adalah akuisisi data dengan melakukan pengambilan data(wajah) dengan tampak depan dengan keadaan yang sama. Menggunakan kamera *handphone*. Data wajah tersebut nantinya akan diolah ke proses selanjutnya.

Pada penelitian ini preprocessing yang digunakan yaitu converting. Converting dilakukan dengan tujuan untuk mengubah format tipe gambar dari JPG ke BMP dan mengubah tipe warna RGB ke HSV. perubahan model warna dari RGB (Red, Green, Blue) ke HSV (Hue, Saturation, Value) bertujuan untuk memisahkan informasi warna dari intensitas pencahayaan, sehingga analisis warna dapat dilakukan dengan lebih efektif. Fungsi yang digunakan pada Matlab untuk mengkonversi citra RGB dan HSV adalah `rgb2hsv`.

Model warna HSV mendefinisikan warna berdasarkan tiga komponen utama, yaitu Hue (H), Saturation (S), dan Value (V). Komponen Hue menggambarkan jenis warna dasar yang didasarkan pada panjang gelombang cahaya yang dominan dalam spektrum, dan dinyatakan dalam satuan derajat yaitu merah berada pada 0 derajat, hijau pada 120 derajat, dan biru pada 240 derajat. Saturation menunjukkan tingkat kejenuhan warna; semakin tinggi nilai saturasinya, maka warna akan tampak semakin pekat atau mencolok. Sementara itu, Value merepresentasikan tingkat kecerahan warna, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan warna yang lebih terang, dan sebaliknya (Siahaan & Sianipar, 2020).

Perhitungan citra warna HSV dapat diperoleh dari citra RGB menggunakan berbagai metode transformasi, diantaranya sebagai berikut (Acharya & Ray, 2005):

$$H = \tan \left[\frac{3(G - B)}{(R - G) + (R - B)} \right] \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{V} \quad (2)$$

$$V = \frac{R + G + B}{3} \quad (3)$$

Jika $S = 0$ maka hue tidak dapat di tentukan maka perlu adanya normalisasi nilai RGB terlebih dahulu.

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad (4)$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \quad (5)$$

$$b = \frac{B}{R + G + B} \quad (6)$$

Setelah dilakukan normalisasi R,G, dan B maka rumus konversi RGB ke HSV sebagai berikut:

$$V = \max(r, g, b) \quad (7)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{Jika } V = 0 \\ V - \frac{\min(r, g, b)}{V} & \text{Jika } V > 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$H = \begin{cases} 0, & \text{Jika } S = 0 \\ \frac{60 * (g - b)}{S * V}, & \text{Jika } V = r \\ 60 * \left[2 + \frac{(b - r)}{S * V} \right], & \text{Jika } V = g \\ 60 * \left[4 + \frac{(r - g)}{S * V} \right], & \text{Jika } V = b \end{cases} \quad (9)$$

Ekstraksi ciri geometri didasarkan atas hubungan antara dua titik, garis, atau bidang dalam citra digital lainnya. Ciri geometri digunakan jarak dan sudut (Wardhani dkk., 2021). Titik yang digunakan untuk menghitung pada bagian wajah yaitu mata kiri, mata kanan, hidung dan mulut. Selanjutnya akan dihitung jaraknya menggunakan persamaan *euclidean distance*. Pada penelitian ini untuk mengukur jarak antara titik pada bagian wajah menggunakan persamaan *euclidean distance*. *Euclidean Distance* adalah perhitungan untuk menghitung jarak dua titik dalam *euclidean space* yang mempelajari hubungan antara sudut dan jarak. Euclidean ini berkaitan erat dengan Teorema Pythagoras dan umumnya diterapkan dalam ruang satu, dua, atau tiga dimensi (Miftahuddin dkk., 2020).

Berikut adalah persamaan *euclidean distance*:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

Keterangan :

d = Jarak

x_1 = Koordinat latitude 1

x_2 = Koordinat latitude 2

y_1 = Koordinat Longitude 1

y_2 = Koordinat Longitude 2

Hasil dan Pembahasan

Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra pengambilan proses data dilakukan dengan menggunakan kamera *handphone*. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan gambar dengan mengambil sampel wajah sebanyak 3 orang yang berbeda, seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Data foto

Pre-processing

Tahap pertama *pre-processing* yang digunakan pada penelitian ini yaitu converting. Converting dilakukan dengan tujuan untuk mengubah format tipe gambar dari JPG ke BMP.

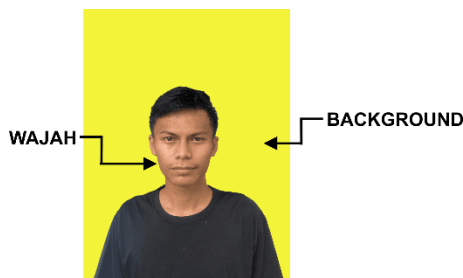
 A1	JPG File	2.704 KB
 A2	JPG File	2.039 KB
 A3	JPG File	878 KB

Gambar 3. Foto dengan format jpg

 A3	BMP File	47.125 KB
 A1	BMP File	35.722 KB
 A2	BMP File	35.722 KB

Gambar 4. Hasil format foto BMP

Bagian foto yang digunakan yaitu wajah dan backgroundnya.



Gambar 5. Wajah dan Backgroundnya

Data yang telah diambil selanjutnya akan diolah ke proses ekstraksi ciri.

Ekstraksi Ciri

Pada ekstraksi ciri ini dilakukan dengan cara mencari ciri warna HSV diantaranya *Hue*, *Saturation*, *Value*. Dari hasil pengujian gambar yang telah melalui proses akuisisi citra menggunakan perintah berikut:

```
a = imread ('A1.bmp') %baca gambar
figure, imshow (a)
b = rgb2hsv (a) %konversi ke hsv
figure, imshow (b)
hue = b (:,:,1);
imshow (hue)
ciri_hue=mean(mean(hue))
saturasi = b (:,:,2);
figure, imshow (saturasi)
ciri_saturasi=mean(mean(saturasi))
value = b (:,:,3);
figure, imshow (value)
ciri_value=mean(mean(value))
```

Dari perintah diatas maka didapatkan data ciri dari hasil ekstraksi ciri menggunakan HSV seperti pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Ciri warna HSV			
Data Ciri Warna HSV			
Nama	Hue	Saturation	Value
A1	0.2133	0.4654	0.8510
A2	0.2764	0.5687	0.7316
A3	0.4084	0.3720	0.8596

Dari tabel 1 tersebut maka didapatkan ciri dari hasil ekstraksi ciri menggunakan HSV. Hasil konversi gambar RGB ke HSV pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil konversi gambar RGB ke HSV

Pada Gambar 6 tersebut merupakan hasil ekstraksi masing-masing komponen dari ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value) yang berasal dari citra RGB. Setiap baris memperlihatkan hasil masing-masing komponen yaitu, baris pertama: Hue, baris kedua: Saturation, baris ketiga:value. Pada baris pertama atau komponen Hue, menunjukkan warna dominan (merah,hijau,biru) dan bentuk intensitas keabuan (grayscale), maka gambar yang dihasilkan tampak seperti pola dengan kontras rendah dan bentuk wajah yang kurang jelas. Baris kedua atau komponen saturation menunjukkan tingkat kejenuhan warna. Area yang lebih putih menunjukkan warna yang lebih jenuh, sedangkan area yang abu-abu atau lebih gelap menunjukkan warna yang lebih pudar. Baris ketiga atau komponen value menunjukkan tingkat kecerahan dari setiap piksel. Komponen value mewakili terang-gelap suatu gambar. Oleh karena itu, bentuk wajah dan detailnya tampak paling jelas pada komponen ini.

Setelah melakukan konversi tipe RGB ke HSV, maka proses selanjutnya yaitu menghitung ciri geometri pada masing-masing data gambar wajah tersebut. Tahap pertama adalah dengan membuka aplikasi Matlab 2017a, dengan membuka editor pada matlab. Setelah terbuka editor pada matlab lalu masukkan perintah sebagai berikut:

```
img = imread('A1.bmp');
imshow(img);
```

Tujuan dari perintah tersebut adalah untuk membaca gambar dari input dan membuka jendela imshow berupa gambar agar dapat menentukan titik mata kiri, mata kanan, hidung, dan mulut. Lalu dilanjutkan dengan mencari titik koordinat piksel (x,y) menggunakan imshow pada Matlab.



Gambar 7. Mencari titik koordinat (x,y) menggunakan imtool Matlab

Dari menentukan titik koordinat (x,y) diatas maka didapatkan data titik koordinat (x,y) pada masing-masing data gambar seperti pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Data titik koordinat (x,y)

Nama	Mata Kiri (x,y)	Mata Kanan (x,y)	Hidung (x,y)	Mulut (x,y)
A1	(1252,1672)	(1792,1708)	(1492,1900)	(1492,2104)
A2	(1252,1894)	(1668,1894)	(1452,2129)	(1452,2339)
A3	(1338,1647)	(1877,1647)	(1613,1922)	(1613,2152)

Dari tabel 2 tersebut maka didapatkan data titik kooordinat (x,y), titik tersebut meliputi mata kiri, mata kanan, hidung, dan mulut, yang nantinya akan dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu menghitung jarak masing-masing bagian tersebut agar dapat mencari ciri wajah. Proses menghitung jarak menggunakan perintah sebagai berikut.

```
a = imread('A1.bmp') %baca gambar
imshow(a);
x1 = 1252; %titik pertama
y1 = 1627;
x2 = 1792; %titik kedua
y2 = 1708;
d = sqrt((x2-x1)^2+(y2-y1)^2);
plot(x1,y1);
plot(x2,y2);
disp(d);
```

Perintah diatas berfungsi untuk menentukan dua titik koordinat. Setelah titik koordinat ditemukan melalui koordinat (x1,y1) dan (x2,y2), setelah itu menghitung jarak lurus (euclidean distance) antara kedua titik tersebut menggunakan rumus jarak. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menghitung hubungan spasial antara titik pada citra dalam pengolahan citra digital. Dari perintah tersebut maka didapatkan hasil data ciri geometri wajah.

Tabel 3. Hasil perhitungan jarak distance

Nama	Jarak mata kiri-mata kanan	Jarak mata kiri-hidung	Jarak mata kanan-hidung	Jarak mata kiri-mulut	Jarak mata kanan-mulut
A1	5.411.987	3.310.347	3.561.797	4.941.902	4.968.058
A2	4.16	3.085.855	3.191.880	4.878.781	4.946.524
A3	5.390.232	3.889.087	3.848.324	5.750.217	5.742.787

Dari hasil penelitian yang sudah di uji bahwa ciri warna dan geometri diharapkan dapat mampu menjadi acuan untuk mendapatkan ciri dari masing-masing wajah dengan baik. Tabel Data Ciri Wajah Geometri menunjukkan pengukuran jarak antar titik-titik bagian wajah pada tiga data gambar (A1, A2, dan A3) berdasarkan lima parameter, yaitu jarak mata kiri ke mata kanan, jarak mata kiri ke hidung, jarak mata kanan ke hidung, jarak mata kiri ke mulut, dan jarak mata kanan ke mulut. Data ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik bentuk wajah yang dapat digunakan untuk membedakan ciri wajah berbasis fitur geometri.

Berdasarkan data yang ditampilkan, data gambar A1 dan A3 memiliki jarak mata kiri-kanan yang hampir sama, yaitu sekitar 5.4 satuan. Hal ini menunjukkan bahwa kedua individu memiliki lebar wajah yang relatif serupa. Sementara itu, data gambar A2 memiliki lebar wajah yang lebih kecil dibandingkan A1 (5.411) dan A3 (5.390).

Pada pengukuran vertikal seperti jarak mata ke hidung dan mata ke mulut, A3 memiliki nilai tertinggi, mengindikasikan wajah yang lebih panjang secara vertikal dibandingkan A1 dan A2. Misalnya, jarak mata kiri-mulut pada A3 mencapai 5.750, lebih besar dari A1 (4.941) dan A2 (4.878). Secara keseluruhan, individu A3 memiliki dimensi wajah paling besar dan konsisten, diikuti oleh A1, dan kemudian A2 dengan ukuran wajah yang relatif lebih kecil.

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi antara ciri warna dan ciri geometri wajah dapat digunakan untuk membedakan ciri wajah setiap orang. Ciri warna diekstraksi dengan mengubah citra wajah dari RGB ke HSV dan menghitung nilai rata-rata dari komponen Hue, Saturation, dan Value. Sementara itu, ciri geometri diperoleh melalui pengukuran jarak antar bagian penting wajah seperti mata, hidung, dan mulut. Hasil ekstraksi ini memberikan representasi unik dari tiap wajah yang mendukung proses identifikasi secara lebih akurat.

Daftar Pustaka

- Acharya, T., & Ray, A. K. (2005). Image Processing: Principles and Applications. Dalam Image Processing: Principles and Applications. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/0471745790>
- AL Sigit Guntoro, Edy Julianto, & Djoko Budiyo. (2022). Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Convolutional Neural Network. Jurnal Informatika Atma Jogja, 3(2), 155–160. <https://doi.org/10.24002/jiaj.v3i2.6790>
- Changhui, Y. (2017). Overlapped fruit recognition for citrus harvesting robot in natural scenes. 2017 2nd International Conference on Robotics and Automation Engineering, ICRAE 2017, 2017, 398-402, <https://doi.org/10.1109/ICRAE.2017.8291418>

- Chen, W. (2022). Algorithm for Locating and Detecting Parallel-edged Sewing Thread of Irregular Small Cloth. Chinese Control Conference, CCC, 2022, 6279-6285, ISSN 1934-1768, <https://doi.org/10.23919/CCC55666.2022.9902655>
- Flores-Rodríguez, K.L. (2020). Road Signs Segmentation Through Mobile Laser Scanner and Imagery. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 12469, 376-389, ISSN 0302-9743, https://doi.org/10.1007/978-3-030-60887-3_33
- Guo, Y. (2019). Detection of cow mounting behavior using region geometry and optical flow characteristics. Computers and Electronics in Agriculture, 163, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.037>
- Hasugian, A. H., & Zufria, I. (2018). Perancangan Sistem Restorasi Citra Dengan Metode Image Inpainting. ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika, 6341(November), 1.
- Hu, E. (2016). Bleeding and Tumor Detection for Capsule Endoscopy Images Using Improved Geometric Feature. Journal of Medical and Biological Engineering, 36(3), 344-356, ISSN 1609-0985, <https://doi.org/10.1007/s40846-016-0138-8>
- Jing, L. (2021). Art Image Processing and Color Objective Evaluation Based on Multicolor Space Convolutional Neural Network. Computational Intelligence and Neuroscience, 2021, ISSN 1687-5265, <https://doi.org/10.1155/2021/4273963>
- Kuang, X. (2018). Real-Time detection and recognition of road traffic signs using MSER and random forests. International Journal of Online Engineering, 14(3), 34-51, ISSN 1868-1646, <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i03.7925>
- Kuang, X. (2018). Real-Time Detection and Recognition of Road Traffic Signs using MSER and Random Forests. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 14(3), 34-51, ISSN 1865-7923, <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i03.7925>
- Li, D.C. (2022). RESEARCH ON SEMI-AUTOMATIC EXTRACTION METHOD OF SEISMIC SURFACE RUPTURES BASED ON HIGH-RESOLUTION UAV IMAGE: TAKING THE 2021 M<inf>s</inf>7.4 MADUO EARTHQUAKE IN QINGHAI PROVINCE AS AN EXAMPLE. Dizhen Dizhi, 44(6), 1484-1502, ISSN 0253-4967, <https://doi.org/10.3969/j.issn.0253-4967.2022.06.008>
- Miftahuddin, Y., Umaroh, S., & Karim, F. R. (2020). Perbandingan Metode Perhitungan Jarak Euclidean, Haversine, Dan Manhattan Dalam Penentuan Posisi Karyawan. Jurnal Tekno Insentif, 14(2), 69–77. <https://doi.org/10.36787/jti.v14i2.270>
- Pasumarthi, N. (2016). An empirical study and comparative analysis of content based image retrieval (CBIR) techniques with various similarity measures. IET Conference Publications, 2016, <https://doi.org/10.1049/cp.2016.1529>

- Reshma, S.R. (2017). Microscope image processing for TB diagnosis using shape features and ellipse fitting. 2017 IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems, SPICES 2017, <https://doi.org/10.1109/SPICES.2017.8091342>
- Saha, J. (2017). Exploring the Scope of HSV Color Channels Towards Simple Shadow Contour Detection. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 10597, 110-115, ISSN 0302-9743, https://doi.org/10.1007/978-3-319-69900-4_14
- Santoso, M. W. B., Wihandika, R. C., & Rahman, Muh. A. (2019). Ekstraksi Ciri untuk Klasifikasi Jenis Kelamin berbasis Citra Wajah menggunakan Metode Compass Local Binary Patterns. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 3(11), 10556–10563.
- Siahaan, V., & Sianipar, R. H. (2020). Panduan praktis dan lengkap Pemrosesan Citra Digital dengan Matlab. ANDI.
- Sun, D. (2022). Geometric Feature Detection of Space Targets Based on Color Space. International Conference on Communication Technology Proceedings, ICCT, 2022, 1736-1739, <https://doi.org/10.1109/ICCT56141.2022.10072520>
- Varma, S.L. (2018). Human skin detection using histogram processing and Gaussian Mixture Model based on color spaces. Proceedings of the International Conference on Intelligent Sustainable Systems, ICISS 2017, 116-120, <https://doi.org/10.1109/ISS1.2017.8389349>
- Wang, H. (2019). Fast Edge Extraction Algorithm Based on HSV Color Space. Shanghai Jiaotong Daxue Xuebao/Journal of Shanghai Jiaotong University, 53(7), 765-772, ISSN 1006-2467, <https://doi.org/10.16183/j.cnki.jsjtu.2019.07.001>
- Wardhani, I. P., Putri, A. M., Widayati, S., Informasi, T., Sti, S. J., Bri, J., Dalam, R., Baru, K., Selatan, J., Informatika, T., Indonesia, I. T., Raya, J., Serpong, P., Selatan, T., & Ekstraksi, C. (2021). Algoritma Identifikasi Ciri Citra Pegunungan dengan Metode Copping. Jurnal Ilmiah Komputasi, 20(2), 283–289. <https://doi.org/10.32409/jikstik.20.2.2763>
- Zhang, R. (2017). Method of Extracting Forewings Angle of 3D Pose for the Moth Based on Machine Vision. Linye Kexue/Scientia Silvae Sinicae, 53(11), 120-130, ISSN 1001-7488, <https://doi.org/10.11707/j.1001-7488.20171114>
- Zhao, L. (2018). Brake pad image classification algorithm based on color segmentation and information entropy weighted feature matching. Qinghua Daxue Xuebao/Journal of Tsinghua University, 58(6), 547-552, ISSN 1000-0054, <https://doi.org/10.16511/j.cnki.qhdxxb.2018.26.025>

Zhu, L. (2017). Internet eggplant image retrieval method and system based on mixed features. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33, 177-183, ISSN 1002-6819, <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2017.zl.027>