ISSN: 2655-7967 (online)

DETECTION OF USE OF MASKS BASED ON COLOR HISTOGRAM AND HAAR CASCADE

DETEKSI PENGGUNAAN MASKER BERBASIS HISTOGRAM WARNA DAN HAAR CASCADE

Muhammad Hekmatyar Rabbani[1], Reni Rahmadewi[2*], Arnisa Stefanie[3]

[1]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia
Email: 2110631160054@student.unsika.ac.id
[2]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia
Email: reni.rahmadewi@staff.unsika.ac.id
[3]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia
Email: arnisa.stefanie@staff.unsika.ac.id

Received: March 17, 2025 Revised: March 22, 2025 Published: April 16, 2025
DOI: https://doi.org/10.24912/tesla.v27i1.33366

Abstract
Air pollution in urban and industrial areas can have adverse effects on human health, particularly the respiratory system. One effective preventive measure is the use of face masks to filter harmful particles. This study develops a mask detection system by combining the Color Histogram method and Haar Cascade. The Color Histogram is used to recognize characteristic color patterns on masks, while Haar Cascade detects the presence of faces in images or videos. The dataset consists of 1,409 images, including 723 images of mask users and 686 images without masks. The research process involves preprocessing to enhance image quality, feature extraction based on color histograms, and mask classification based on the extracted color patterns. Testing was conducted to evaluate the system's effectiveness in detecting mask usage with various color and texture variations. Experimental results show that the system achieves a detection accuracy of 92%. However, the system encounters challenges in distinguishing masks with color patterns similar to skin tones, leading to potential detection errors. Improvements can be made by incorporating additional features such as texture analysis or deep learning to enhance accuracy. With its relatively high effectiveness, this system has the potential to be implemented in public monitoring devices to increase awareness and compliance with mask usage, particularly in areas with high pollution levels or during pandemic situations.

Keywords: *Mask Detection; With Mask; Color Histogram; Haar Cascade; Air Pollution Prevention*

Abstrak
Polusi udara di kawasan perkotaan dan industri dapat berdampak buruk terhadap kesehatan manusia, terutama pada sistem pernapasan. Salah satu langkah pencegahan yang efektif adalah penggunaan masker wajah untuk menyaring partikel berbahaya. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi penggunaan masker dengan menggabungkan metode Histogram Warna dan Haar Cascade. Histogram Warna digunakan untuk mengenali pola warna khas pada masker, sedangkan Haar Cascade berfungsi mendeteksi keberadaan wajah dalam citra atau video. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.409 citra, dengan 723 citra pengguna masker dan 686 citra tanpa masker. Proses penelitian meliputi tahap preprocessing untuk meningkatkan kualitas citra, ekstraksi fitur berbasis histogram warna, serta klasifikasi penggunaan masker berdasarkan pola warna yang diperoleh. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mendeteksi penggunaan masker dengan berbagai variasi warna dan tekstur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi masker dengan akurasi sebesar 92%. Meskipun demikian, sistem mengalami kendala dalam membedakan masker yang memiliki pola warna menyerupai kulit wajah, sehingga berpotensi menghasilkan kesalahan deteksi. Perbaikan dapat dilakukan dengan menambahkan fitur tambahan seperti analisis tekstur atau deep learning untuk meningkatkan akurasi. Dengan efektivitasnya yang cukup tinggi, sistem ini berpotensi diterapkan pada perangkat pemantauan publik guna meningkatkan kesadaran dan

https://doi.org/10.24912/tesla
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

kepatuhan masyarakat terhadap penggunaan masker, terutama di area dengan tingkat polusi tinggi atau dalam situasi pandemi.

Kata Kunci: Deteksi Masker; With Mask; Histogram Warna; Haar Cascade; Pencegahan Polusi Udara

PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan masalah lingkungan yang tidak hanya terjadi di kota-kota besar, tetapi juga di daerah pedesaan. Perkembangan teknologi yang pesat dalam era Industri 4.0 telah meningkatkan produksi industri, yang berkontribusi besar terhadap polusi udara di Indonesia (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2019). Menurut Darmawan (2021), sekitar 70% polusi udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor, yang menghasilkan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO). Polusi udara yang tinggi ini menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia. Karbon monoksida adalah salah satu polutan berbahaya yang dapat memperburuk kondisi pernapasan dan menyebabkan berbagai penyakit, dengan sekitar 60.000 kematian setiap tahun di Indonesia akibat polusi udara [1].

Dalam menghadapi ancaman polusi udara dan penyebaran penyakit menular, masker menjadi alat pelindung yang penting. Masker berfungsi untuk menyaring partikel berbahaya di udara, seperti debu, asap kendaraan, dan bahan kimia beracun yang dapat merusak sistem pernapasan manusia. Penggunaan masker juga sangat krusial dalam mencegah penyebaran virus. Saat ini, masker telah menjadi praktik yang umum digunakan di banyak negara sebagai bagian dari langkah perlindungan terhadap polusi udara dan virus [2]. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa masker dapat mengurangi dampak buruk polusi udara pada kesehatan masyarakat. Misalnya, penelitian oleh Vina Rahmawati et al. (2024) mengidentifikasi bahwa pencemaran udara di perkotaan menyebabkan gangguan pernapasan dan penyakit jantung, serta merusak ekosistem [3]. Penelitian lainnya, seperti yang dilakukan oleh Haruyuki Dewi Faisal et al. (2017), menyoroti pentingnya penggunaan masker untuk mencegah dampak buruk dari polusi udara, yang dapat menyebabkan penyakit serius dan meningkatkan angka kematian [4].

Dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya penggunaan masker, deteksi otomatis penggunaan masker menjadi topik yang relevan untuk memastikan perlindungan yang efektif. Penelitian ini mengembangkan metode deteksi penggunaan masker menggunakan Histogram Warna dan Haar Cascade. Histogram Warna memberikan gambaran tentang distribusi piksel dalam gambar, yang menginformasikan kecerahan dan kontras pada gambar [5]. Teknik ini sangat berguna untuk mendeteksi perubahan warna, yang menjadi ciri khas pemakaian masker. Haar Cascade, di sisi lain, adalah metode pengklasifikasi berbasis fitur Haar-Like yang digunakan untuk mendeteksi objek seperti wajah dengan menghitung selisih intensitas antara piksel terang dan gelap [6]. Kedua metode ini dipilih karena kemampuannya yang terbukti efektif dalam mendeteksi objek dalam gambar dengan akurasi tinggi.

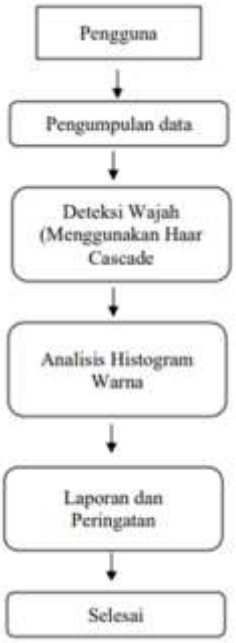
Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas kombinasi Histogram Warna dan Haar Cascade dalam mendeteksi penggunaan masker. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan sistem deteksi masker otomatis, serta memberikan wawasan lebih lanjut untuk perlindungan terhadap polusi udara dan peningkatan kesehatan masyarakat.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode Histogram Warna dan Haar Cascade dengan menggunakan library OpenCV dan Numpy. Library OpenCV merupakan library open source yang dirancang khusus untuk pengolahan citra bertujuan agar komputer dapat meniru kemampuan pengolahan visual yang dimiliki oleh manusia [15]. NumPy adalah pustaka komputasi yang mempercepat dan meningkatkan akurasi deteksi objek citra melalui iterasi numerik [16].

A. Alur Penelitian

Secara umum, alur metode yang dirancang akan digambarkan melalui flowchart pada Gambar 1. Dalam metode penelitian ini, dijelaskan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam proses deteksi penggunaan masker.



Gambar 1. Alur Penelitian

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahap dalam penelitian di mana data yang diperlukan untuk analisis dan pengujian dikumpulkan. Data yang terkumpul terdiri dari 723 citra menggunakan masker dan 686 citra tanpa masker, total gambar tersebut sebanyak 1.409 citra . Dataset yang penulis gunakan berasal dari kaggles [17].

Tabel 1. Tabel Dataset

Dataset	Jumlah
Menggunakan Masker	723 Citra
Tanpa Masker	686 Citra
Total	1.409 Citra

C. Deteksi Wajah Menggunakan Haar Cascade

Deteksi masker menggunakan algoritma Haar Cascade, yang diperkenalkan oleh Viola dan Jones pada 2001 untuk deteksi wajah real-time. Metode ini cepat dan efektif mendeteksi objek pada berbagai skala. Algoritma ini mengandalkan Haar-like features untuk menganalisis kontras antara area terang dan gelap, lebih andal dibandingkan metode konvensional yang hanya menggunakan nilai RGB.

1. Representasi Fitur Haar-Like

Haar-like features terdiri dari pola berbentuk kotak hitam dan putih yang digunakan untuk mendeteksi perbedaan intensitas cahaya di berbagai area dalam gambar. Pola ini dirancang untuk mengenali karakteristik khas wajah manusia, seperti kontras antara mata dan pipi, atau antara hidung dan bagian sekitarnya.

```
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt

image = cv2.imread("gambar.jpg")
gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
face_cascade = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades + 'haarcascade_frontalface_default.xml')
faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.1, 5)

for (x, y, w, h) in faces:
    cv2.rectangle(image, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 3)

plt.imshow(cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.axis("off")
plt.show()
```

Gambar 1. Kode Deteksi Wajah dengan Haar Cascade

Gambar ini menunjukkan cuplikan kode Python menggunakan OpenCV untuk mendeteksi wajah dalam gambar. Kode ini membaca gambar, mengonversinya ke grayscale, lalu menggunakan Haar Cascade Classifier untuk menemukan wajah dan menggambar kotak di sekitarnya.

Gambar 2. Hasil Deteksi Wajah dengan Haar Cascade

Gambar ini menunjukkan hasil deteksi wajah menggunakan Haar Cascade. Kotak hijau mengindikasikan area wajah yang terdeteksi dalam gambar.

2. Integral Image

Untuk mempercepat komputasi, metode ini menggunakan konsep integral image, yaitu representasi gambar yang memungkinkan perhitungan fitur dilakukan dengan sangat cepat. Dengan menggunakan integral image, nilai piksel dalam suatu area dapat dihitung dalam waktu konstan, sehingga mempercepat proses ekstraksi fitur.

Gambar 3. Hasil Integral Image

3. Adaboost Training

Setelah fitur Haar-like dikumpulkan, algoritma Adaboost digunakan untuk memilih fitur yang paling signifikan dalam mendeteksi wajah. Tidak semua fitur dalam gambar memiliki kontribusi yang besar dalam proses klasifikasi, sehingga Adaboost akan memilih fitur yang paling relevan untuk meningkatkan efisiensi model.

Gambar 4. Hasil Adaboost Training

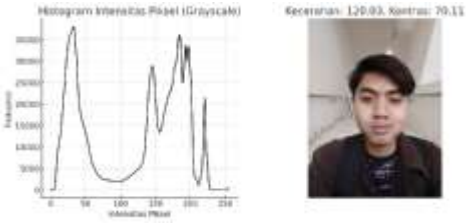
4. Cascade Classifier

Algoritma ini menggunakan cascade classifier untuk menguji gambar melalui tahap klasifikasi bertingkat, mengeliminasi gambar bukan wajah pada tahap awal untuk mempercepat deteksi. Deteksi wajah dengan Haar Cascade di OpenCV menggunakan model pralatih, dengan akurasi dipengaruhi oleh pencahayaan, sudut wajah, kualitas gambar.

Gambar 5. Hasil Cascade Classifier

Dalam penelitian ini, Haar Cascade digunakan untuk mendeteksi wajah sebagai tahap awal, diikuti analisis histogram warna untuk mendeteksi penggunaan masker. Metode ini memungkinkan deteksi real-time yang cepat dan efisien dalam berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang (Rahim Abdur, 2013) [18].

D. Analisis Histogram Warna



Gambar 6. Analisis Histogram warna

Analisis histogram menggambarkan distribusi kecerahan atau warna citra, dihasilkan dari model RGB atau HSV. Fungsi histogram meliputi segmentasi objek, peningkatan kualitas gambar, dan deteksi fitur. Puncak histogram menunjukkan intensitas, dengan nilai tinggi menandakan intensitas tinggi, serta manfaatnya untuk penyesuaian kecerahan, kontras, dan segmentasi citra [19].

HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu dengan menggunakan metode Haar Cascade untuk mendeteksi wajah dan teknik pengolahan citra berbasis Histogram Warna untuk membandingkan gambar wajah yang terdeteksi dengan dataset gambar masker dan tanpa masker.

Gambar 7. Hasil Pengujian Akurasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi 92% dalam kondisi pencahayaan yang baik, namun menurun menjadi 85% dalam kondisi pencahayaan rendah. Selain itu, masker dengan warna menyerupai kulit memiliki tingkat deteksi yang lebih rendah sekitar 80%, sedangkan masker berwarna kontras seperti biru atau hijau memiliki akurasi lebih tinggi hingga 92%. Untuk pemanggilan metode tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

```
# Code Model Haar Cascade (Memuat model deteksi wajah)
haar_cascade = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades + "haarcascade_frontalface_default.xml")
if haar_cascade.empty():
    print("Error: Model Haar Cascade tidak ditemukan!")
else:
    print("Model Haar Cascade berhasil dimuat.")
```

Gambar 8. Code Model Haar Cascade

Baris kode ini memuat model Haar Cascade bawaan OpenCV untuk deteksi wajah. Model ini bekerja dengan mencocokkan pola-pola fitur wajah, seperti mata dan hidung, menggunakan file XML yang berisi data pre-trained khusus untuk deteksi wajah yang menghadap depan

```
# Mendeteksi Wajah (Menggunakan Haar Cascade untuk mendeteksi wajah)
def detect_faces(frame):
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = haar_cascade.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
    return faces
```

Gambar 9. Code Mendeteksi Wajah

Kode tersebut untuk mendeteksi wajah dalam gambar berwarna abu-abu (gray). Metode ini mengurangi ukuran gambar dengan faktor 1.3 untuk menangkap wajah dalam berbagai ukuran, sementara parameter minNeighbors=5 memastikan hanya deteksi yang kuat yang diakui, mengurangi kemungkinan kesalahan deteksi. Hasilnya adalah koordinat dari setiap wajah yang terdeteksi dalam bentuk bounding box.

```
# Calculate Histogram (Menghitung histogram warna dari gambar)
def extract_histogram(image):
    hist = cv2.calcHist([image], [0, 1, 2], None, [8, 8, 8], [0, 256, 0, 256, 0, 256])
    hist = cv2.normalize(hist, hist).flatten()
    return hist
```

Gambar 10. Code Calculate Histogram

Fungsi calculate_histogram(image) menghitung histogram warna dari gambar, yang dibagi menjadi 8 bin untuk setiap saluran warna (biru, hijau, merah), dan dinormalisasi

agar hasilnya berada dalam rentang 0 hingga 1. Ini memungkinkan perbandingan yang akurat antar gambar.

```
# Hist Color (Ekstraksi histogram warna untuk semua gambar)
dataset_path = r"C:\Users\USER\Downloads\archive\images"
categories = ["with_mask", "without_mask"]
image_size = (64, 64)

def load_images():
    data, labels = [], []
    for category in categories:
        path = os.path.join(dataset_path, category)
        if not os.path.exists(path):
            print(f"Peringatan: Folder {category} tidak ditemukan.")
            continue
        label = categories.index(category)
        for img_name in os.listdir(path):
            img_path = os.path.join(path, img_name)
            img = cv2.imread(img_path)
            if img is None:
                continue
            img = cv2.resize(img, image_size)
            hist = extract_histogram(img)
            data.append(hist)
            labels.append(label)
    return np.array(data, dtype=np.float32), np.array(labels, dtype=np.int32)

data, labels = load_images()
np.save("data.npy", data)
np.save("labels.npy", labels)
```

Gambar 11. Code Hist Color

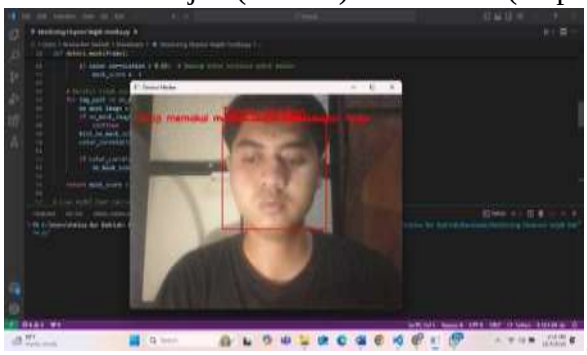
Fungsi extract_histogram(img) dalam kode ini menghitung histogram warna untuk setiap gambar yang diproses (gambar dalam dataset), dan hasilnya disimpan dalam variabel data. Histogram ini digunakan untuk menganalisis distribusi warna dalam gambar untuk tujuan deteksi masker.

```
# Hist Mask Color & Hist No Mask Color (Membandingkan histogram masker dan non-masker)
model = cv2.ml.KNearest_create()
model.train(data, cv2.ml.ROW_SAMPLE, labels)
print("Model KNN berhasil dilatih!")

# Membuka kamera untuk deteksi masker
cap = cv2.VideoCapture(0)
while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break
    faces = detect_faces(frame)

    for (x, y, w, h) in faces:
        face = frame[y:y+h, x:x+w]
        face = cv2.resize(face, (64, 64))
        hist = extract_histogram(face)
        hist = np.array([hist], dtype=np.float32)

        _, result, _, _ = model.findNearest(hist, k=3)
        label = int(result[0][0])

        text = "Mask" if label == 0 else "No Mask"
        color = (0, 255, 0) if label == 0 else (0, 0, 255)

        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), color, 2)
        cv2.putText(frame, text, (x, y-10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.8, color, 2)

    cv2.imshow("Deteksi Masker", frame)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break
```

Gambar 12. Code Hist Mask Color & Hist No Mask Color

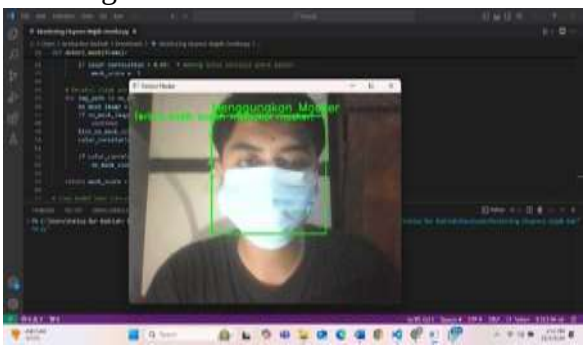
Fungsi extract_histogram(face) menghitung histogram warna untuk wajah yang terdeteksi dan membandingkannya dengan dataset yang dilatih menggunakan model

KNN untuk menentukan apakah seseorang memakai masker atau tidak, dengan hasil deteksi ditampilkan dalam warna hijau (masker) atau merah (tanpa masker)



Gambar 13. Hasil Deteksi Tanpa Masker

Gambar ini menunjukkan hasil deteksi wajah tanpa masker. Sistem mendeteksi wajah dengan kotak merah dan mengklasifikasikannya sebagai "Tanpa Masker" setelah membandingkan histogram warna wajah dengan dataset. Pesan peringatan "Harap memakai masker untuk keselamatan Anda! ditampilkan dalam teks merah sebagai pengingat penting untuk mengenakan masker.



Gambar 14. Hasil Deteksi Menggunakan Masker

Gambar ini menunjukkan sistem deteksi masker yang berhasil mengenali wajah menggunakan masker, ditandai dengan kotak hijau di sekitar wajah dan label "Menggunakan Masker". Sistem menggunakan Haar Cascade untuk mendeteksi wajah dan membandingkan histogram warna wajah dengan dataset gambar masker. Karena deteksi masker berhasil, muncul pesan apresiasi "Terima kasih sudah memakai masker!".

B. Evaluasi Kinerja Sistem dalam Berbagai Kondisi Pencahaayaan

Gambar 15. Hasil Pengujian Akurasi

Sistem deteksi masker diuji dalam berbagai kondisi pencahayaan, dengan hasil akurasi 92% pada pencahayaan baik. Namun, akurasi menurun menjadi 85% pada pencahayaan rendah atau tidak merata, karena Haar Cascade bergantung pada kontras antara wajah dan latar belakang, yang kurang jelas dalam cahaya redup. Selain itu, analisis Histogram Warna menunjukkan akurasi 80% pada masker berwarna mirip kulit

(coklat muda atau krem), sementara masker berwarna cerah (biru atau hijau) mencapai 92%. Penurunan akurasi pada masker warna mirip kulit disebabkan oleh kesamaan distribusi warna dengan kulit wajah.

C. Strategi Peningkatan Akurasi Deteksi Masker

Untuk mengatasi tantangan ini, metode tambahan seperti analisis tekstur atau pengenalan pola dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan masker dari kulit wajah. Metode ini memungkinkan sistem untuk mempertimbangkan karakteristik permukaan dan pola tekstur masker, sehingga lebih adaptif terhadap berbagai jenis masker dan kondisi pencahayaan [20].

KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi masker menggunakan Haar Cascade dan histogram warna, dengan hasil akurasi 92% dalam pencahayaan optimal dan 85% dalam pencahayaan rendah. Warna masker mempengaruhi deteksi, di mana masker terang lebih mudah dikenali. Meskipun Haar Cascade cepat dalam mendeteksi wajah, kinerjanya menurun pada sudut wajah dan pencahayaan rendah. Histogram warna efektif dalam membedakan masker, namun masih dipengaruhi variasi warna dan tekstur. Sistem ini berpotensi untuk aplikasi kesehatan dan keamanan, namun perlu dilakukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dalam kondisi yang lebih bervariasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan berkontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahannya, serta kepada keluarga dan teman-teman atas dukungan moral dan motivasi yang tiada henti.

Tak lupa, penulis juga berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pengujian dan penyediaan data, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] F. S. M. Darmawan, M. M. Azhari, M. N. Alif, and T. I. R. Pramita, “Klasifikasi Pengaruh Polusi Udara di Indonesia terhadap Kesehatan menggunakan Algoritme Kernel Modified K-Nearest Neighbor,” J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput., vol. 6, no. 6, pp. 2617–2624, Jun. 2022.

[2] F. W. Gandhi, D. Hartono, and R. D. H. Prabowo, “Pengenalan Jenis Masker dengan Metode Color Histogram dan Euclidean Distance,” J. Ilmu Komput. dan Sistem Informasi, Universitas Tarumanagara, Jakarta, pp. 1, 2023.

[3] V. Rahmawati, M. R. Aulia, and A. H. Nurazizah, “Analisis Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Masyarakat di Perkotaan,” SEMAR J. Sos. dan Pengab. Masyarakat, vol. 2, no. 3, 2024, doi: 10.59966/semar.v2i3.885.

[4] H. D. Faisal, M. N. Azhar, and A. S. Pertiwi, “Peran Masker/Respirator dalam Pencegahan Dampak Kesehatan Paru Akibat Polusi Udara,” J. Respirasi, vol. 3, no. 1, Jan. 2017.

[5] M. Ikhsan, A. R. Khair, and D. S. Wibowo, “Analisis Perbandingan Metode Histogram Equalization dan Gaussian Filter untuk Perbaikan Kualitas Citra,” J. Sci. and Soc. Res., vol. VII, no. 2, pp. 487–492, May 2024.

[6] G. A. Anarki, F. N. Rachmawati, and M. Z. Aulia, "Penerapan Metode Haar Cascade pada Aplikasi Deteksi Masker," JATI (J. Mahasiswa Tek. Inform.), vol. 5, no. 1, pp. 179, Mar. 2021.
[7] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," in Proc. 2001 IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., 2001.
[8] G. A. Anarki, F. N. Rachmawati, and M. Z. Aulia, "Penerapan Metode Haar Cascade pada Aplikasi Deteksi Masker," JATI (J. Mahasiswa Tek. Inform.), vol. 5, no. 1, pp. 179, 2021.
[9] F. W. Gandhi, D. Hartono, and R. D. H. Prabowo, "Pengenalan Jenis Masker dengan Metode Color Histogram dan Euclidean Distance," J. Ilmu Komput. dan Sistem Informasi, 2023.
[10] M. Ikhsan, A. R. Khair, and D. S. Wibowo, "Analisis Perbandingan Metode Histogram Equalization dan Gaussian Filter untuk Perbaikan Kualitas Citra," J. Sci. and Soc. Res., vol. VII, no. 2, 2024.
[11] V. Rahmawati, M. R. Aulia, and A. H. Nurazizah, "Analisis Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Masyarakat di Perkotaan," SEMAR J. Sos. dan Pengab. Masyarakat, vol. 2, no. 3, 2024.
[12] F. S. M. Darmawan, M. M. Azhari, M. N. Alif, and T. I. R. Pramita, "Klasifikasi Pengaruh Polusi Udara di Indonesia terhadap Kesehatan menggunakan Algoritme Kernel Modified K-Nearest Neighbor," J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput., vol. 6, no. 6, 2022.
[13] H. D. Faisal, M. N. Azhar, and A. S. Pertiwi, "Peran Masker/Respirator dalam Pencegahan Dampak Kesehatan Paru Akibat Polusi Udara," J. Respirasi, vol. 3, no. 1, 2017.
[14] R. A. Saputra, M. H. Faiz, and Y. Nurcahyani, "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) untuk Mendeteksi Penggunaan Masker pada Gambar," JITET (J. Inform. dan Tek. Elektro Terapan), vol. 11, no. 3, 2023.
[15] K. Diantoro, S. H. Pratama, and M. A. Fauziah, "Sistem Identifikasi Jenis Burung dengan Image Classification Menggunakan OpenCV," TekInfo, vol. 20, no. 1, Apr. 2019; M. A. Fauziah et al., "Color Palette Menggunakan Python cv2 dan NumPy," in Proc. SNTEI, 2023, pp. 163.
[16] R. A. Saputra, M. H. Faiz, and Y. Nurcahyani, "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) untuk Mendeteksi Penggunaan Masker pada Gambar," JITET, vol. 11, no. 3, pp. 710, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3286.
[17] G. A. Anarki, F. N. Rachmawati, and M. Z. Aulia, "Penerapan Metode Haar Cascade pada Aplikasi Deteksi Masker," JATI, vol. 5, no. 1, pp. 179, Mar. 2021.
[18] M. Sipan, S. R. Nugroho, and D. R. Santoso, "Analisa Citra Berbasis Fitur Warna, Tekstur, dan Histogram untuk Menentukan Kemiripan Citra," Elektrikal, vol. 11, no. 1, pp. 15–20, 2019.
[19] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 4th ed., Pearson Education, 2018.
[20] L. Zhang and L. Lin, "Color and Texture Analysis for Image Classification," IEEE Trans. Image Process., vol. 28, no. 5, pp. 2345–2538, 2019.