

## Pendeteksian Penggunaan Masker Untuk Pencegahan Penyebaran Covid-19 Menggunakan Algoritma *K-nearest neighbor*

**Amir Saleh**

Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi dan Ilmu Komputer, Universitas Prima Indonesia  
Email: amirsalehnst1990@gmail.com

### ABSTRAK

Penyebaran *Corona Virus Disease* (COVID-19) telah menjadi perhatian dunia sejak tahun 2019 sampai sekarang. Berbagai upaya dalam pencegahan penyebaran penyakit tersebut telah dilakukan, seperti penggunaan masker yang sangat diwajibkan di berbagai negara termasuk Indonesia. Banyak masyarakat yang mengabaikan peraturan tersebut, sehingga penularannya semakin cepat dan berdampak pada melemahnya perekonomian. Para ahli telah banyak melakukan penelitian, seperti pendeteksian terhadap penggunaan masker sebagai upaya pencegahan penularan penyakit tersebut. Hal ini dilakukan untuk digunakan pada perangkat yang mampu melakukan pendeteksian secara otomatis dan mempermudah pemerintah dalam melakukan pengawasan terhadap penggunaan masker tersebut. Salah satunya teknik tersebut adalah pendeteksian yang dilakukan dengan teknik *machine learning* dalam penerapan *computer vision*. Dalam penelitian ini, sebuah algoritma klasifikasi yaitu *k-nearest neighbor* (kNN) akan digunakan dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker berbasis pengolahan citra. Citra yang telah dikumpulkan akan dilakukan tahap ekstraksi terlebih dahulu sebelum proses klasifikasi dilakukan. Tahap selanjutnya akan dilakukan pendeteksian terhadap citra dengan hasil klasifikasi sebanyak 3 kelas, yaitu: menggunakan masker, tidak menggunakan masker, dan menggunakan masker hanya sebagian. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk pendeteksian penggunaan masker menggunakan algoritma kNN dan ekstraksi ciri tekstur (GLCM dan LBP), memperoleh hasil akurasi sebesar 91,04%, *sensitivity* sebesar 81,38%, dan *specificity* sebesar 94,49%. Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut mendapatkan kinerja yang baik dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker.

**Kata Kunci: COVID-19, Pendeteksian masker, kNN, GLCM, dan LBP**

### 1. PENDAHULUAN

*Corona Virus Disease* (COVID-19) merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus *Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus 2* (SARS-CoV-2) yang telah menjadi wabah dunia sejak tahun 2019 [1]. Indonesia merupakan negara yang termasuk terkena wabah tersebut dan mengalami krisis terutama pada sektor kesehatan dan ekonomi akibat virus tersebut, sehingga pemerintah melakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) di setiap daerah untuk pencegahan penyebaran virus yang semakin meningkat [2]. Badan kesehatan dunia (WHO) telah mengumumkan solusi dalam melakukan pencegahan untuk penyebaran virus COVID-19 dengan mematuhi protokol kesehatan, yaitu: penggunaan masker saat keluar rumah, mencuci tangan dan menerapkan aturan *physical distancing*.

Penggunaan masker sangat diwajibkan terutama pada wilayah pelayanan publik atau tempat umum. Pendeteksian masker yang selama ini dilakukan masih bersifat manual dengan menempatkan petugas keamanan di bagian pintu masuk. Hal yang sering terjadi dalam mendeteksi penggunaan

masker adalah *human error*. Sehingga, hal ini dirasa kurang efektif dan efisien serta memberikan peluang terjadinya penyebaran COVID-19. Salah satu upaya dalam pendeteksian tersebut dengan menerapkan teknik *computer vision* berbasis *machine learning* yang dapat melakukan pendeteksian penggunaan masker.

*Machine learning* telah dikenal luas sebagai teknik pembelajaran mesin yang dapat diterapkan dalam berbagai kebutuhan termasuk bidang kesehatan. Dalam bidang kesehatan, penggunaan teknik ini dapat diterapkan dalam pendeteksian penyakit dan pencegahan penyakit dengan bantuan teknik pengolahan citra. Salah satu penggunaan teknik tersebut dapat dilakukan dalam pencegahan penularan penyakit COVID-19. Pencegahan penyebaran penyakit tersebut dapat dilakukan dengan pendeteksian penggunaan masker. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan teknik *machine learning* dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker.

Salah satu teknik tersebut dilakukan dengan algoritma *k-nearest neighbor* (kNN). Penelitian yang dilakukan oleh [3], mengatakan bahwa

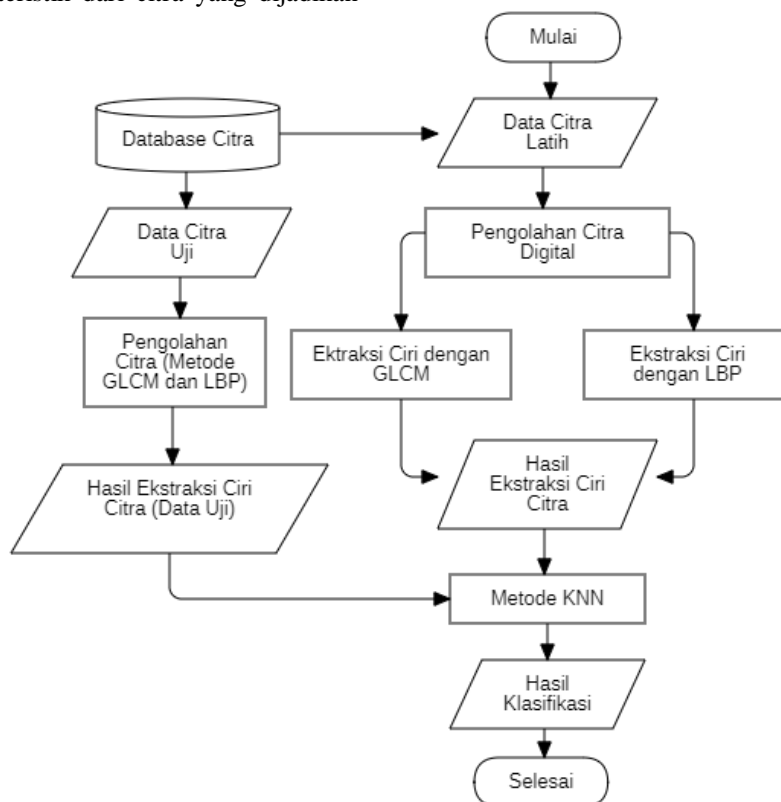
penggunaan metode kNN pada sistem pendeteksian penggunaan masker memperoleh akurasi sebesar 100%, dimana sistem yang diusulkan mampu membedakan orang yang menggunakan masker atau tidak menggunakan masker. Penelitian lainnya dilakukan oleh [4], melakukan pendeteksian masker menggunakan algoritma kNN dengan ekstraksi fitur *lobal binary pattern* (LBP). Hasil pendeteksian penggunaan masker yang dilakukan pada pengguna motor memperoleh akurasi sebesar 94,59%.

Pada penelitian ini, pendeteksian masker akan dilakukan menggunakan algoritma kNN sebagai metode klasifikasi dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker. Sebelum proses pendeteksian dilakukan, citra yang telah dikumpulkan akan dilakukan teknik pengolahan citra untuk memperoleh nilai ekstraksi ciri citra untuk mengetahui karakteristik dari citra yang dijadikan

sebagai objek penelitian. Ekstraksi ciri citra yang digunakan pada penelitian ini, yaitu: *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) dan *local binary pattern* (LBP). Hasil pendeteksian metode yang diusulkan pada penelitian ini merupakan kombinasi algoritma kNN dan ekstraksi ciri tekstur dengan melihat nilai akurasi, *sensitivity*, dan *specificity* yang diperoleh untuk mengetahui kinerja dari metode yang diusulkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diusulkan oleh penulis untuk melakukan pendeteksian penggunaan masker dapat dilihat pada *flowchart* penelitian Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Metode Penelitian

### 2.1. Dataset yang Digunakan

*Dataset* yang digunakan pada penelitian ini merupakan data citra yang diperoleh dari laman internet dengan alamat sebagai berikut: <https://www.kaggle.com/datasets/jamesnogra/face-mask-usage>. Jumlah data yang diperoleh sebanyak 6621 citra dengan klasifikasi data sebanyak 4 kelas. Pada penelitian ini, *dataset* yang digunakan hanya 3 kelas data citra, yaitu: menggunakan masker, tidak menggunakan masker dan menggunakan masker hanya sebagian dengan jumlah data sebanyak 5507 citra.

Data citra yang digunakan pada penelitian ini akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu: citra pelatihan untuk proses melatih metode yang digunakan dan citra pengujian untuk melakukan proses pengujian dengan pembagian data sebesar 70:30. Sebelum dilakukan proses pengujian, citra terlebih dahulu akan dilakukan proses pengolahan citra untuk mendapatkan nilai ekstraksi ciri menggunakan metode *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) dan *local binary pattern* (LBP). Hasil pengolahan tersebut berupa data numerik yang menggambarkan ciri tekstur suatu citra.

Adapun informasi tentang *dataset* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Informasi *Dataset* yang Digunakan

No	Kelas Data	Data pelatihan	Data Uji	Jumlah Data
1	<i>Fully Covered</i>	1016	435	1451
2	<i>Not Covered</i>	2565	1099	3664
3	<i>Partially Covered</i>	274	118	392

Adapun contoh data citra yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



(a) *Fully Covered*



(b) *Not Covered*



(c) *Partially Covered*

**Gambar 2.** Contoh Data Citra yang Digunakan

### 2.2. Ekstraksi Ciri Citra

Ekstraksi ciri citra merupakan langkah penting pada proses klasifikasi citra dan pengenalan pola yang memiliki tujuan untuk mengambil nilai fitur diskriminatif dari suatu data citra. Nilai fitur ini akan diumpankan sebagai vektor *input* ke model pembelajaran mesin dari deskripsi visual untuk mengambil informasi suatu data citra serta secara otomatis dapat dibedakan oleh mesin [5]. Pemilihan fitur *input* memiliki dampak signifikan pada akurasi klasifikasi dan merupakan persyaratan dalam melakukan pelatihan algoritma yang digunakan [6]. Salah satu teknik ekstraksi ciri berbasis tekstur

yang paling populer dan secara luas digunakan adalah *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) yang ditemukan oleh Haralick et al. (1973) [7].

Di dalam menganalisis suatu data citra, umumnya terdapat tiga ciri utama yang dapat diolah dengan teknik ekstraksi ciri, yaitu: warna, tekstur dan bentuk. Pada pendeteksian penggunaan masker, citra yang diolah berupa citra wajah dengan menampilkan fitur tekstur pada citra tersebut, karena fitur warna dan bentuk tidak memiliki informasi khusus untuk merepresentasikan informasi yang terkandung pada citra yang diperoleh untuk penelitian ini. Fitur tekstur sebagian besar mewakili organisasi gambar skala abu-abu sebagai bagian penting dan setiap citra memiliki karakteristik tekstur yang berbeda-beda [8].

Fitur GLCM merupakan fitur yang diambil dari hubungan antara dua piksel yang diberi jarak tertentu dalam sebuah citra. Fitur GLCM memiliki nilai yang berubah dengan cepat di daerah tekstur halus dan nilai yang berubah perlahan di daerah tekstur kasar [9]. Metode GLCM digunakan untuk mengambil properti tekstur dari suatu citra dan mewakili informasi citra dalam skala abu-abu [8]. Metode ekstraksi fitur dengan GLCM pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil nilai fitur tekstur, yaitu: *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity* menggunakan persamaan 1, 2, 3, dan 4 berikut [6].

$$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i - j)^2 P(i, j) \quad (1)$$

$$\text{Correlation} = \frac{\sum_i \sum_j i j P[i, j] - \mu_i \mu_j}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2)$$

$$\text{Energy} = \sum_i \sum_j P[i, j]^2 \quad (3)$$

$$\text{Homogeneity} = \sum_i \sum_j \frac{P[i, j]}{1 + |i - j|} \quad (4)$$

*Local binary pattern* (LBP) adalah struktur spasial lokal yang menggambarkan sebuah citra yang memiliki invariansi abu-abu dan memiliki ketahanan yang baik terhadap kebisingan latar belakang serta cahaya tampak [10]. Ide dasar dari LBP adalah jumlah hasil yang membandingkan piksel suatu citra dengan piksel sekitarnya. Pada piksel tengah, nomor pola dihitung dengan membandingkan nilai ambangnya dengan nilai ambang batas piksel tetangganya. Jika ambang batas piksel tengah lebih besar atau sama dengan piksel yang berdekatan, maka ditandai sebagai 1, jika tidak ditandai sebagai 0 [11]. Adapun persamaan yang digunakan dalam mencari nilai fitur LBP dapat dilihat menggunakan persamaan 5 dan 6 sebagai berikut [12].

$$LBP_p = \sum_{i=0}^p s(g_i - g_c) 2^i \quad (5)$$

$$s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq t \\ 0 & x < t \end{cases} \quad (6)$$

Dimana:  $p$  adalah nilai *center pixel*,  $g_c$  adalah *brightness*,  $g_i$  adalah *brightness of adjacent pixels*, dan  $t$  adalah nilai *threshold*.

### 2.3. Algoritma kNN

Penelitian tentang penggunaan metode *k-nearest neighbor* (kNN) telah menjadi topik penelitian yang hangat pada teknik *data mining* dan *machine learning* untuk klasifikasi data sejak algoritma ini diusulkan pada tahun 1967 [13]. Metode kNN diawali dengan memilih  $k$  (nilai ketetanggaan) sampel pada data pelatihan terdekat untuk sampel data pengujian, kemudian memprediksi sampel data pengujian tersebut dengan kelas terbanyak di antara  $k$  sampel data pelatihan terdekat. Kelebihan dari algoritma ini adalah prinsipnya yang sederhana dan sedikit parameter yang dimasukkan. Namun, terdapat beberapa kelemahan metode kNN, seperti terlalu banyak memakan waktu dan ruang serta kesulitan dalam memilih nilai  $k$  yang optimal. Hal tersebut dikarenakan algoritma kNN tidak melakukan *preprocessing* data sebelum klasifikasi, tetapi melibatkan semua data pelatihan untuk pengujian data yang diberikan [14].

Dalam penelitian ini, penggunaan metode kNN untuk melakukan pendeteksian penggunaan masker pada *dataset* yang telah dikumpulkan. Tahapan ini dilakukan setelah ekstraksi ciri menggunakan metode GLCM dan LBP diterapkan pada setiap citra pelatihan. Tahap selanjutnya, citra pengujian akan diekstraksi ciri dengan cara yang sama dan proses klasifikasi atau pendeteksian dilakukan menggunakan metode kNN. Hasil dari pendeteksian tersebut adalah sebuah *index* yang menunjukkan data tersebut masuk ke dalam salah satu tipe kelas citra penggunaan masker, yaitu: menggunakan masker, tidak menggunakan masker, dan menggunakan masker sebagian. Adapun persamaan umum untuk kecocokan pendeteksian dapat menggunakan jarak Euclidean seperti diperlihatkan pada persamaan 7 sebagai berikut [15].

$$d(x, X) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - X_i)^2} \quad (7)$$

Dimana:  $d$  adalah jarak minimum dengan menggunakan persamaan Euclidean *distance*,  $x$  adalah data pengujian dan  $X$  adalah data pelatihan.

### 2.4. Kinerja Metode Klasifikasi

Klasifikasi merupakan proses untuk memperoleh kelas data dengan menerapkan suatu algoritma pengelompokan di dalam teknik *machine learning*. Hasil klasifikasi merupakan gambaran yang diperoleh untuk mengetahui kinerja suatu algoritma klasifikasi. Salah satu teknik pengukuran kinerja tersebut adalah *confusion matrix* yang berisikan informasi dengan membandingkan hasil pada klasifikasi data yang telah dilakukan menggunakan suatu metode tertentu dengan hasil klasifikasi

(pengelompokan) yang sebenarnya [16]. Dalam penelitian ini, kinerja klasifikasi yang digunakan untuk mengukur sistem pendeteksian masker menggunakan metode yang diusulkan, yaitu: akurasi, *sensitivity*, dan *specificity*. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengukur parameter tersebut dapat dilihat pada persamaan 8, 9, dan 10 berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FN+FP+TN} \quad (8)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \quad (9)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \quad (10)$$

Teknik pengukuran *confusion matrix* memiliki beberapa istilah, antara lain:

- TP (*True Positive*) : Banyaknya data positif dengan klasifikasi benar
- TN (*True Negative*) : Banyaknya data negatif dengan klasifikasi benar
- FP (*False Positive*) : Banyaknya data positif dengan klasifikasi salah
- FN (*False Negative*) : Banyaknya data negatif dengan klasifikasi salah

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

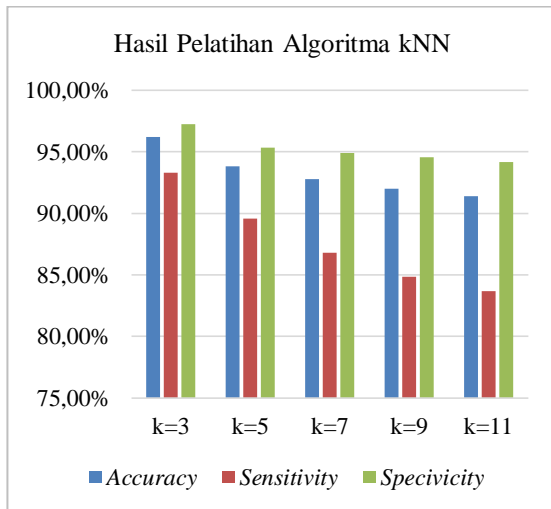
Pengujian awal pada penelitian ini dilakukan dengan menerapkan algoritma kNN untuk pendeteksian penggunaan masker terhadap data pelatihan yang digunakan. Pengujian akan dilakukan sebanyak 5 kali dengan menerapkan nilai parameter  $k$  (nilai ketetanggaan) yang berbeda-beda, yaitu: 3, 5, 7, 9, dan 11. Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai  $k$  yang paling sesuai. Selanjutnya, nilai dengan parameter yang sesuai akan disimpan untuk digunakan kembali pada saat proses pengujian data.

Setelah memperoleh nilai  $k$  yang paling optimal, maka nilai tersebut akan digunakan untuk tahap akhir dari penelitian ini dan menghitung nilai hasil klasifikasi data dari metode yang diusulkan dengan menggunakan teknik *confusion matrix* untuk melihat kinerja metode tersebut pada permasalahan pendeteksian penggunaan masker. Adapun kinerja dari metode yang diusulkan akan dilakukan dengan mengukur tingkat akurasi, *sensitivity*, dan *specificity* dari hasil klasifikasi dengan menggunakan algoritma kNN. Hasil dari kinerja tersebut merupakan suatu tolak ukur yang digunakan untuk mengetahui seberapa akurat penggunaan metode pendeteksian masker yang telah diusulkan.

Adapun hasil yang diperoleh pada algoritma kNN melalui tahap pelatihan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Klasifikasi dari Proses Pelatihan dengan Algoritma kNN

Pengujian	Nilai k	Jumlah Data Pelatihan	Jumlah Data Benar	Akurasi	Sensitivity	Specificity
1	3	3855	3709	96,21%	93,31%	97,25%
2	5	3855	3617	93,83%	89,57%	95,35%
3	7	3855	3576	92,76%	86,81%	94,89%
4	9	3855	3547	92,01%	84,84%	94,58%
5	11	3855	3523	91,39%	83,66%	94,15%



Gambar 3. Hasil Klasifikasi Pelatihan Algoritma kNN untuk Pendeteksian Penggunaan Masker

Pada Tabel 2 dan Gambar 3 sebelumnya, dapat dilihat kinerja metode kNN dan ekstraksi ciri pada data pelatihan yang digunakan untuk mendeteksi penggunaan masker. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai tertinggi yang diperoleh pada saat nilai parameter  $k = 3$ , dengan perolehan hasil akurasi pelatihan sebesar 96,21%, hasil *sensitivity* pelatihan sebesar 93,31%, dan hasil *specificity* pelatihan sebesar 97,25%. Tahap selanjutnya adalah melakukan proses pengujian pada data pengujian menggunakan model algoritma kNN sebelumnya. Adapun hasil pengujian yang diperoleh untuk mendeteksi penggunaan masker dengan metode yang diusulkan dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Klasifikasi Data dengan Algoritma kNN

Jumlah Data Uji	Akurasi	Sensitivity	Specificity
1652	91,04%	81,38%	94,49%

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil pengujian yang diperoleh dari pendeteksian masker menggunakan algoritma kNN dan ekstraksi ciri tekstur. Hasil pengujian yang diperoleh dengan akurasi sebesar 91,04%, *sensitivity* sebesar 81,38%, dan *specificity* sebesar 94,49%. Hasil tersebut diperoleh dengan menggunakan nilai parameter  $k = 3$  yang merupakan parameter terbaik pada proses pelatihan algoritma kNN.

Algoritma kNN pada dasarnya merupakan algoritma klasifikasi data yang umum digunakan dalam melakukan proses pendeteksian suatu objek. Algoritma ini dapat pula digunakan pada bidang *computer vision* dengan menambahkan serangkaian metode pengolahan citra untuk memperoleh hasil ekstraksi ciri citra berupa data numerik. Dalam pengenalan atau klasifikasi citra, metode ini sering digunakan dan memperoleh hasil yang cukup memuaskan. Pada penelitian ini, proses pengolahan citra yang dilakukan untuk mendapatkan ciri citra berupa ciri tekstur dari suatu citra. Metode yang digunakan adalah GLCM dan LBP yang cukup populer digunakan untuk mendapatkan nilai ekstraksi ciri tekstur pada suatu citra dengan hasil yang sangat baik.

Permasalahan yang cukup sering ditemukan dalam penggunaan algoritma kNN adalah penentuan nilai  $k$  (parameter ketetanggaan). Sehingga, pengujian pada penelitian ini dilakukan sebanyak 5 kali pada proses pelatihan untuk mendapatkan hasil pendeteksian yang maksimal berdasarkan nilai  $k$  yang diberikan. Nilai  $k$  pada algoritma kNN merupakan parameter penting yang akan menentukan suatu data akan masuk ke dalam suatu kelompok data. Perangkingan akan dimulai dari kemiripan jarak tertinggi hingga terendah dan kemudian akan diambil label terbanyak dalam penentuan kelas data pengujian yang dimasukkan. Kemiripan data yang digunakan pada algoritma kNN dilakukan umumnya menggunakan persamaan Euclidean *distance*. Berdasarkan hasil yang diperoleh, penelitian ini menunjukkan nilai  $k$  yang optimal dengan nilai sebesar 3.

Penggunaan algoritma kNN cukup efektif digunakan dalam melakukan klasifikasi atau pendeteksian data pada penelitian ini. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari proses pelatihan dan pengujian algoritma kNN untuk mendeteksi penggunaan masker memberikan hasil yang cukup memuaskan dengan nilai akurasi atau ketepatan data lebih besar dari 90%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut, metode yang diusulkan dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker memiliki kinerja yang baik. Sehingga, metode yang diusulkan dapat diterapkan pada perangkat dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker di tempat umum sebagai upaya dalam mencegah penularan virus COVID-19.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk pendeteksian penggunaan masker menggunakan algoritma kNN dan ekstraksi ciri tekstur (GLCM dan LBP) memperoleh hasil akurasi sebesar 91,04%, *sensitivity* sebesar 81,38%, dan *specificity* sebesar 94,49%. Hasil yang diperoleh dari pengujian menggunakan metode yang diusulkan memperoleh hasil yang baik dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker. Sehingga, metode yang diusulkan dapat diterapkan pada perangkat dalam melakukan pendeteksian penggunaan masker di tempat umum sebagai upaya mencegah penularan virus COVID-19.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. C. Culp, "Coronavirus Disease 2019: In-Home Isolation Room Construction," *A&A Pract.*, vol. 14, no. 6, p. e01218, 2020, doi: 10.1213/XAA.0000000000001218.
- [2] T. Septiana, N. Puspita, M. Al Fikih, and N. Setyawan, "Face Mask Detection Covid-19 Using Convolutional Neural Network ( Cnn )," *Semin. Nas. Teknol. dan Rekayasa 2020*, vol. 3, pp. 27–32, 2020.
- [3] N. Saisupriya, Priyanka, S. Rashmi, and G. Parthasarathy, "Face mask detection using CNN," *Adv. Parallel Comput.*, vol. 38, no. 12, pp. 118–122, 2021, doi: 10.3233/APC210022.
- [4] A. S. Kurnia, I. Safitri, and R. Y. Nur, "Deteksi Masker Wajah Pada Pengguna Motor Menggunakan Metode Local Binary Pattern ( Lbp ) Dan K-Nearest Neighbor ( K-Nn ) Face Mask Detection on Motorcyclists Using Local Binary Pattern ( Lbp ) and K-Nearest Neighbor ( K-Nn ) Methods," vol. 8, no. 5, pp. 4917–4924, 2021.
- [5] S. Bakheet and A. Al-Hamadi, "Automatic detection of COVID-19 using pruned GLCM-Based texture features and LDCRF classification," *Comput. Biol. Med.*, vol. 137, no. August, p. 104781, 2021, doi: 10.1016/j.combiomed.2021.104781.
- [6] Priyanka and D. Kumar, "Feature Extraction and Selection of kidney Ultrasound Images Using GLCM and PCA," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 167, no. 2019, pp. 1722–1731, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.03.382.
- [7] M. H. Abd Latif, H. Md Yusof, S. N. Sidek, and N. Rusli, "Implementation of GLCM Features in Thermal Imaging for Human Affective State Detection," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 76, no. Iris, pp. 308–315, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.12.298.
- [8] K. Prakash and S. Saradha, "Efficient prediction and classification for cirrhosis disease using LBP, GLCM and SVM from MRI images," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, pp. 2–7, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.03.418.
- [9] M. Yogeshwari and G. Thailambal, "Automatic feature extraction and detection of plant leaf disease using GLCM features and convolutional neural networks," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.03.700.
- [10] Q. Zhang, "Facial expression recognition in VGG network based on LBP feature extraction," *Proc. - 2020 5th Int. Conf. Mech. Control Comput. Eng. ICMCCE 2020*, pp. 2089–2092, 2020, doi: 10.1109/ICMCCE51767.2020.00454.
- [11] Y. X. Zhang, Y. Q. Zhao, Y. Liu, L. Q. Jiang, and Z. W. Chen, "Identification of wood defects based on LBP features," *Chinese Control Conf. CCC*, vol. 2016-Augus, pp. 4202–4205, 2016, doi: 10.1109/ChiCC.2016.7554010.
- [12] L. Zhang, B. Zhong, and A. Yang, "Building Change Detection using Object-Oriented LBP Feature Map in Very High Spatial Resolution Imagery," *2019 10th Int. Work. Anal. Multitemporal Remote Sens. Images, MultiTemp 2019*, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/Multi-Temp.2019.8866919.
- [13] Z. Deng, X. Zhu, D. Cheng, M. Zong, and S. Zhang, "Efficient kNN classification algorithm for big data," *Neurocomputing*, vol. 195, pp. 143–148, 2016, doi: 10.1016/j.neucom.2015.08.112.
- [14] H. Wang, P. Xu, and J. Zhao, "Improved KNN algorithms of spherical regions based on clustering and region division," *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 5, pp. 3571–3585, 2022, doi: 10.1016/j.aej.2021.09.004.
- [15] A. Almomany, W. R. Ayyad, and A. Jarrah, "Optimized implementation of an improved KNN classification algorithm using intel FPGA platform: Covid-19 case study," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, no. xxxx, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2022.04.006.
- [16] E. Prasetyo, "Data mining konsep dan aplikasi menggunakan matlab," *Yogyakarta Andi*, vol. 1, 2012.