

Sistem Presensi Pendeteksi Wajah menggunakan Metode *Modified Region Convolutional Neural Network* dan *PCA*

Renaldi Valentino Talumepa¹, Donny Anggara Putra^{1,*}, Hari Soetanto¹

¹ Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Budi Luhur, Indonesia

* Correspondence: 2111601254@student.budiluhur.ac.id

Copyright: © 2024 by the authors

Received: 27 Januari 2024 | Revised: 16 Februari 2024 | Accepted: 10 Maret 2024 | Published: 20 Juni 2024

Abstrak

Presensi adalah sebuah kegiatan pengambilan data guna mengetahui jumlah kehadiran pada suatu acara atau kegiatan. Demi meningkatkan efektifitas dan efisiensi waktu menjadi penting, sehingga perlu adanya presensi yang berbasis kecerdasan buatan dengan cara pendeteksi wajah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem presensi pendeteksi wajah menggunakan metode modified region convolutional neural network (MR-CNN) dan principal component analysis (PCA). Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan menerapkan konsep citra digital berbasis face recognition. Penelitian ini menerapkan metode dalam deep learning, yaitu MR-CNN melalui media kamera untuk mengambil citra dan proses ekstraksi menggunakan metode PCA untuk mengurangi resolusi citra. Citra yang mencakup berbagai individu yang ingin dikenali akan disimpan dan kemudian digunakan sebagai dataset. Dari dataset tersebut Model MR-CNN dilakukan pelatihan dengan data latih. Hasil temuan kami berupa sistem absensi pendeteksi wajah berbasis web. Dimana hasil perhitungan pada sistem ini memiliki nilai akurasi sebesar 96,1%, sehingga dapat digunakan dengan baik untuk identifikasi wajah, dan dapat digunakan di SMK Bhakti Anindya.

Kata kunci: presensi; kecerdasan buatan; pengenalan wajah; mr-cnn; pca

Abstract

Attendance is an activity to collect data to find out the number of attendances at an event or activity. In order to increase effectiveness and time efficiency is important, it is necessary to have an artificial intelligence-based presence by means of face detection. This study aims to create a face detection attendance system using modified region convolutional neural network (MR-CNN) and principal component analysis (PCA) methods. This type of research is development research by applying the concept of digital image based on face recognition. This research applies a method in deep learning, namely MR-CNN through camera media to take images and the extraction process using the PCA method to reduce image resolution. Images that include various individuals who want to be recognized are stored and then used as datasets. From the dataset, the MR-CNN model was trained with training data. Our findings are in the form of a web-based facial short-attendance system. Where are the calculation results in this system has an accuracy value of 96.1%, so it can be used well for facial identification, and can be used at SMK Bhakti Anindya.

Keywords: attendance; artificial intelligence; face recognition; mr-cnn; pca

PENDAHULUAN

Presensi adalah sebuah kegiatan pengambilan data guna mengetahui jumlah kehadiran pada suatu acara atau kegiatan (Affandi & Rizaldi, 2020; Pratama et al., 2021). Setiap kegiatan yang membutuhkan informasi mengenai peserta tentu akan melakukan absensi. Hal ini juga terjadi pada proses belajar. SMK Bhakti Anindya adalah salah satu sekolah yang hingga saat ini masih menggunakan metode pengambilan presensi dengan cara



konvensional, dengan melakukan pendataan presensi individu per individu secara manual atau tulis tangan. dalam penerapan sistem absensi ini terdapat beberapa hal yang menjadi kendala, yaitu diantaranya adalah keefektifan dan efisiensi waktu dan proses pengabsenan.

Presensi juga dimaknai sebagai proses mendata kehadiran atau laporan kegiatan di suatu institusi yang telah disusun agar dapat digunakan (Magriyanti & Mustofa, 2020; Nuraeni et al., 2023) atau dimanfaatkan ketika pihak yang berkepentingan memerlukan dan mencari data tersebut (Rozi et al., 2023). Dalam dunia pendidikan, pengenalan wajah adalah cara manual yang dilakukan guru dalam mengenali siswanya saat proses presensi, sebelum kegiatan belajar mengajar berlangsung. Umumnya presensi tersebut dilakukan menggunakan pendekatan konvensional dengan mencatat kehadiran siswa, dengan memanggil nama masing-masing siswa ataupun meminta siswa untuk menandatangani daftar hadir yang telah disediakan. Namun, menggunakan cara konvensional kurang efisien dan bisa memicu kecurangan siswa (Liana et al., 2023). Hal ini juga akan memakan waktu dan berdampak pada efektifitas proses pembelajaran.

Teknologi yang diterapkan dalam membangun sistem presensi ini adalah citra digital. Dimana citra digital ini adalah representasi visual dari objek atau informasi dalam bentuk digital. Ini bisa mencakup gambar, video, grafik komputer, animasi, dan berbagai bentuk media visual lainnya yang diciptakan, disimpan, diproses, dan ditampilkan menggunakan teknologi digital (Satria et al., 2021; Tubagus et al., 2021).

Aplikasi atau sistem persensi telah dikembangkan dengan menggunakan Teknologi Informasi, seperti yang dilakukan oleh (Akbar et al., 2020; Megawati & Mulyana, 2023; Rintjap et al., 2014) telah mengembangkan aplikasi presensi dengan menggunakan sidik jari. Dimana temuan mereka menggunakan metode waterfall tetapi belum memiliki kemampuan membaca sidik jari yang baik dan dikarenakan keterbatasan pada hardware atau mesin absensinya, sehingga implementasinya kurang optimal.

Berdasarkan beberapa kajian tentang kekurangan dan permasalahan penggunaan dari metode persensi, kami melakukan penelitian untuk membantu staff tata usaha dan guru piket dalam kegiatan presensi siswa SMK Bhakti Anindya. Proses kegiatan presensi berbasis pengenalan wajah (*Face Recognition*) ini akan menerapkan salah satu metode dalam domain deep learning, yang disebut *Modified Region Convolutional Neural Network (MR-CNN)* yang digunakan untuk memproses gambar wajah siswa dan mengidentifikasi ciri-ciri penting yang digunakan untuk mengenali siswa. Metode ini juga dapat melakukan pembelajaran mesin (*machine learning*) (Indra et al., 2023; Pratama et al., 2024; Sibirtsev et al., 2023) untuk kompresi gambar untuk memisahkan objek, karakter, dan latar belakang dari yang lain dalam gambar (Pratiwi, 2023), menyesuaikan parameter kuantisasi agar memberikan peningkatan dalam melakukan ekstraksi tingkat dan kualitas gambar (Akram et al., 2023; Maliki & Febriansyah, 2023; Nurmaini et al., 2020).

Menurut (Park et al., 2017), tentang *Image Compression based on MR-CNN (Modified Region Convolutional Neural Network)*. Penelitian mereka mengusulkan pemrosesan gambar terkompresi berdasarkan pada metode *Modified Region Convolutional Neural Network (MRCNN)* metode. Unit pengestraksi objek dapat mengklasifikasikan masing-masing wilayah yang dimodifikasi menjadi salah satu wilayah latar belakang dan wilayah objek berdasarkan perubahan piksel (Hidayah et al., 2022; Marpaung et al., 2024) dari masing-masing set wilayah yang dimodifikasi. Algoritma ini meningkatkan 10,95% dari rasio kompresi tanpa degradasi dibandingkan dengan standar JPEG, dan standar HEVC. Kemudian *Principal Component Analysis (PCA)* yang dimana metode ini dapat mereduksi dimensi data dari gambar wajah (Murdika et al., 2021; Sari et al., 2023) sehingga dapat mempercepat waktu komputasi dan mengurangi beban memori dalam proses pengenalan wajah (Hardjianto, 2024; Mayasari et al., 2022).

Selain itu, berdasarkan hasil temuan yang dilakukan oleh (Hermawan, 2021) mengenai pengenalan ekspresi wajah dengan metode PCA dan CNN. Dimana tata cara PCA yang hendak digunakan buat pengekstraksi fitur merupakan tata cara *Eigenfaces* sebaliknya buat pengklasifikasian hendak memakai tata cara CNN. Bagi riset tata cara PCA sangat efisien buat sistem pengenalan wajah. Sebab tata cara ini hendak memperbesar rasio jarak antar kelas terhadap jarak intra kelas dari vektor karakteristik mereduksi ukuran.

Berdasarkan hasil temuan yang dilakukan oleh temun sebelumnya, hanya menerapkan model atau metode MR-CNN, PCA, dan CNN. Pada penelitian kami bertujuan untuk menerapkan ketiga metode tersebut untuk membentuk sebuah model yang tingkat akurasi tinggi dalam melakukan pendeteksi wajah untuk absensi siswa, agar mempermudah proses administrasi di sekolah ini (SMK Bhakti Anindya).

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Multi-Region Convolutional Neural Networks (MR-CNN)*, dengan metode kompresi gambar untuk memisahkan objek, karakter, dan latar belakang dari yang lain dalam gambar menggunakan algoritma *MR-CNN* ini, menyesuaikan parameter kuantisasi untuk memberikan peningkatan ekstraksi tingkat dan kualitas gambar. Unit pengekstraksi objek dapat mengatur daerah-termodifikasi dalam gambar yang diterima dan melakukan pelatihan *CNN* pada sebagian daerah-termodifikasi yang ditetapkan untuk mengidentifikasi jenis objek yang termasuk dalam bagian daerah-termodifikasi yang ditetapkan.

Model pengenalan wajah sebagai sistem presensi siswa menggunakan metode ekstraksi fitur MR-CNN dan PCA yang dibangun menggunakan kombinasi model *Face Recognition* dan *Face Recognition framework*, menggunakan kamera *real-time* yang berfungsi sebagai pendeteksi wajah. Tahapan proses pengenalan wajah yang akan dilakukan terdiri dari proses yang dilakukan pada akuisisi data, proses deteksi wajah, preprocessing, proses ekstraksi ciri, dan proses klasifikasi.

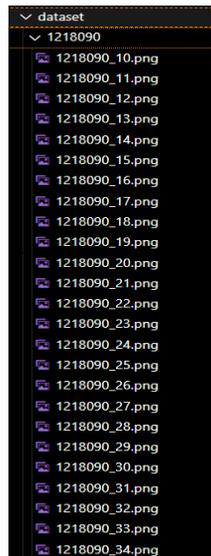
Pada tahap normalisasi akan digunakan kombinasi dari beberapa model pengolahan citra wajah. Kami menggunakan metode cropping, mengubah ukuran, RGB-Gray, dan menggunakan pemerataan histogram sebagai penyesuaian kecerahan-kontras untuk mengoptimalkan pengenalan wajah. Metode preprocessing digunakan untuk meningkatkan ketajaman citra guna mengantisipasi beberapa variasi iluminasi yang biasa muncul saat pengambilan citra wajah.

Kamera yang digunakan dalam proses deteksi wajah dilakukan dengan menggunakan deteksi wajah dari paket *Opencv*. Deteksi wajah dilakukan oleh kamera untuk mengambil citra wajah dari objek yang diambil. Gambar yang diambil dari lensa kamera merupakan gambar mentah yang berisi wajah. Pada proses pendeteksian wajah ini dilakukan proses dan pencarian fitur wajah pada citra kamera, dimana pada tahap ini sistem mengenali pola sebagai wajah atau bukan. Normalisasi atau preprocessing merupakan proses yang menghasilkan citra wajah yang terdeteksi pada proses pendeteksian wajah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

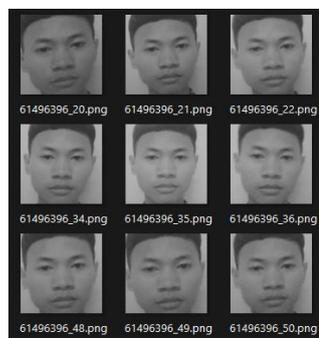
Hasil

Dataset yang digunakan yaitu berupa foto wajah hasil tangkapan kamera dan kemudian dimasukkan kedalam direktori Nomor Induk Siswa (NIS) untuk mengelompokkan hasil tangkapan foto wajah siswa berdasarkan NIS dari siswa tersebut. Nama foto yang berada dalam direktori tersebut juga memiliki nama dengan menggunakan NIS siswa dan nomor urut foto untuk membedakan dengan foto yang lain pada direktori tersebut. NIS pada nama foto digunakan sebagai label pada dataset yang terlihat di gambar 1.



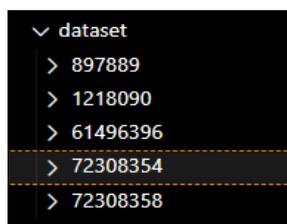
Gambar 1. Dataset

Pada pre-processing dataset foto wajah yang sudah tersimpan diubah menjadi grayscale. Kemudian dengan menggunakan detektor wajah (haar cascades), jika wajah terdeteksi maka dilakukan cropping pada area wajah. Hasil akhir adalah gambar wajah yang telah dipreprocess. Dapat dilihat pada gambar 2.

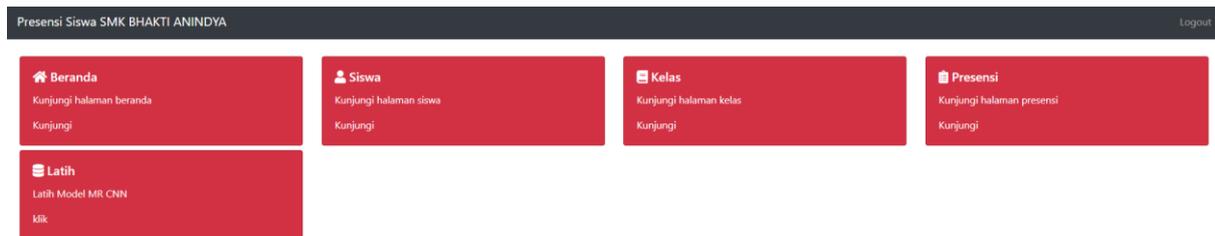


Gambar 2. Preprocessing dataset

Data gambar diterima dalam format base64 dan disimpan dalam variabel imageData, sedangkan NIS disimpan dalam variabel nis. Selanjutnya dilakukan decoding base64 dan gambar diubah ke skala abu-abu (grayscale) untuk mempermudah proses deteksi wajah. gambar wajah yang terdeteksi dipotong (crop) dari gambar asli menggunakan koordinat dan ukuran yang diberikan oleh bounding box. Gambar 3 menunjukkan file dimana folder nis akan dibuat secara otomatis pada saat pelatihan dilakukan pada fitur aplikasi pengambilan dataset dan nama file gambar yang diambil akan otomatis sesuai dengan nama folder yang dibuat.



Gambar 3. Bounding box



Gambar 4. *Interface* sistem absensi pendeteksi wajah

Pada gambar 4 merupakan halaman utama dari aplikasi yang berfungsi sebagai titik masuk untuk mengakses fitur-fitur lainnya. Pengguna akan disambut dengan dashboard yang menampilkan informasi ringkasan tentang sistem. Informasi ini mencakup jumlah data siswa yang terdaftar, status model pengenalan wajah, dan histori presensi siswa. Halaman dashboard memberikan gambaran umum tentang status dan kinerja sistem. Sementara pada gambar 5 Fitur ini memungkinkan pengguna untuk mengelola data siswa yang terdaftar dalam database Mysql. Pengguna dapat menambahkan data siswa baru dengan mengisi informasi seperti nama, nomor induk siswa, dan data pribadi lainnya. Selain itu, pengguna juga dapat menghapus atau memperbarui data siswa yang ada. Fitur pengelolaan data siswa memberikan fleksibilitas dalam mengatur dan memperbarui informasi siswa sesuai dengan perubahan yang terjadi.

Tambah Siswa

NIS:

Nama:

Kelas:

Tanggal Lahir:

Jenis Kelamin:

Data Siswa

NIS	Nama	Kelas	Tanggal Lahir	Jenis Kelamin	Aksi
1218090	ADELIA ZAHRA	X-1	2002-02-26	Perempuan	<input type="button" value="Hapus"/> <input type="button" value="Buat Data Set"/>
61496396	Zahran	X-1	2002-06-04	Laki-laki	<input type="button" value="Hapus"/> <input type="button" value="Buat Data Set"/>
72308354	Ghufron	X-1	2002-09-16	Laki-laki	<input type="button" value="Hapus"/> <input type="button" value="Buat Data Set"/>

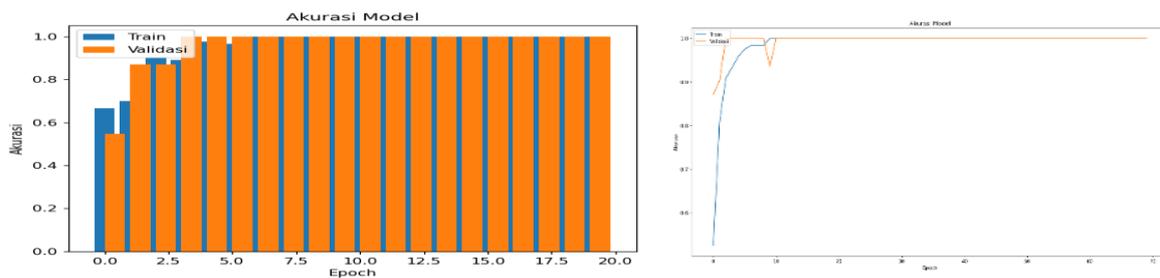
Gambar 5. Menu tambah siswa

Gambar 5 merupakan fitur untuk melakukan presensi siswa berdasarkan pengenalan wajah. Pengguna dapat mengambil gambar wajah siswa dan memasukkannya ke dalam sistem untuk pengenalan. Sistem akan menggunakan model MR-CNN dan PCA yang telah dilatih untuk mengenali siswa berdasarkan gambar yang diberikan. Setelah proses pengenalan selesai, hasil pengenalan akan ditampilkan. Informasi tentang nis siswa yang dikenali dan status kehadiran akan ditampilkan kepada pengguna. Fitur presensi memungkinkan pengguna untuk melakukan presensi secara cepat dan efisien berdasarkan pengenalan wajah.

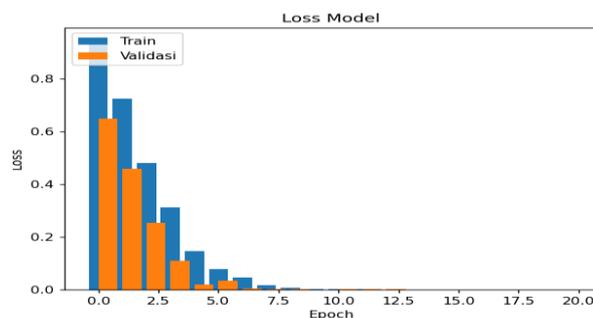


Gambar 6. Hasil yang didapatkan pada saat prototipe tidak dapat mendeteksi wajah

Model MR-CNN yang dibangun dilakukan menggunakan data latih untuk. Model akan melalui beberapa epoch (iterasi) untuk memperbarui bobot-bobotnya berdasarkan data latih. Proses ini bertujuan untuk mengoptimalkan performa model sehingga dapat mengenali dan membedakan wajah dengan akurasi yang tinggi. Gambar 7 adalah gambaran kinerja model berkembang seiring dengan berjalannya iterasi dalam pelatihan. Pada awal iterasi, model memiliki akurasi yang rendah sebesar 0,491667. Pada iterasi ke-2, akurasi meningkat menjadi 0,691667, menunjukkan bahwa model sedang belajar dan mampu mengklasifikasikan data dengan lebih baik. Peningkatan performa model berlanjut hingga mencapai puncaknya pada iterasi ke-4, dengan akurasi sebesar 0,916667. Dalam iterasi berikutnya, akurasi validasi tetap tinggi di 1,000000, sementara akurasi pelatihan tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan adanya overfitting yang kuat.



Gambar 7. Akurasi model *mr-cnn*



Gambar 8. Grafik loss model

Grafik *loss* model pada gambar 8 memberikan informasi tentang perubahan kesalahan model seiring dengan berjalannya iterasi dalam pelatihan. Pada awal iterasi, model memiliki tingkat *loss* yang tinggi, yaitu 0,978285. Namun, seiring dengan berjalannya iterasi, terjadi penurunan yang signifikan dalam *loss* model. Pada iterasi ke-4, model berhasil mencapai tingkat *loss* terendah sebesar 0,299534. Hal ini menunjukkan bahwa model sedang belajar dan mampu mengurangi kesalahan dalam prediksinya. Setelah mencapai titik terendah pada iterasi ke-4, *loss* model tetap rendah dan stabil hingga akhir iterasi. Secara keseluruhan, grafik *loss* memberikan gambaran tentang penurunan kesalahan model seiring dengan berjalannya iterasi.

Hasil *precision*, *recall*, dan *F1-score* digunakan sebagai metrik untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi. *precision* mengukur akurasi model dalam mengklasifikasikan objek positif, *recall* digunakan untuk mengukur seberapa baik model mengidentifikasi objek positif secara keseluruhan. *F1-score* adalah rata-rata harmonis dari *precision* dan *recall*, memberikan gambaran keseluruhan tentang kinerja model. Nilai-nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang tercantum dalam tabel menunjukkan seberapa baik model melakukan klasifikasi untuk setiap kelas yang dievaluasi. Semakin tinggi nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score*, semakin baik kinerja model dalam mengklasifikasikan data ke dalam kelas yang benar yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel akurasi mr-cnn dan pca

Label	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>	<i>Support</i>	Akurasi
1218090	0,92	1,00	0,96	46	
61496396	1,00	0,91	0,95	11	
72308354	0,90	0,90	0,90	10	96,1%
72308358	1,00	0,83	0,91	12	
897889	1,00	0,97	0,99	40	

Hasil evaluasi metode MR-CNN dan PCA menunjukkan bahwa model tersebut memiliki kinerja yang baik dengan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang bervariasi untuk setiap kelas yang dievaluasi. bervariasi untuk setiap kelas menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan objek secara akurat dan memperoleh nilai akurasi sebesar 96,1%.

Tabel 2. Tabel akurasi cnn

Label	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>	<i>Support</i>	Akurasi
1218090	0,92	1,00	0,96	46	
61496396	1,00	0,91	0,95	11	
72308354	0,90	0,90	0,90	10	94,9%
72308358	1,00	0,83	0,91	12	
897889	1,00	0,97	0,99	40	

Pada tabel 2 adalah hasil evaluasi dari metode CNN sebagai metode pembandingan, menunjukkan bahwa model mencapai presisi yang tinggi untuk sebagian besar kelas. Terdapat variasi dalam kinerja model di antara kelas-kelas yang dievaluasi. Beberapa kelas menunjukkan *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang lebih rendah dibandingkan dengan kelas lainnya. Hal ini dapat menjadi area yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan kinerja model dalam mengklasifikasikan objek untuk melakukan klasifikasi kelas, dan memperoleh nilai akurasi sebesar 94,9%.

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan akurasi yang telah dilakukan, hasil penelitian dengan menggunakan metode MR-CNN dan PCA memiliki akurasi sekitar 96,1%. Penelitian ini menunjukkan bahwa akurasi model dipengaruhi oleh preprocessing data dan reduksi dimensi citra dengan PCA. Preprocessing data dilakukan untuk meningkatkan kinerja model dalam melakukan pelatihan model MR-CNN. Dari temuan penelitian ini pada proses pre-processing dataset dan reduksi dimensi citra dengan PCA untuk menguji kinerja model sehingga model dapat melakukan prediksi dengan lebih efisien. Hasil pengujian ini dapat dijadikan dasar untuk pengembangan lebih lanjut pada sistem informasi yang memanfaatkan model identifikasi citra wajah. Selain itu, MR-CNN memungkinkan untuk deteksi objek yang lebih baik karena model ini dapat memperhatikan dan menggabungkan informasi dari berbagai bagian atau region dalam sebuah gambar. Hal ini memungkinkan model untuk lebih sensitif terhadap objek yang mungkin muncul dalam berbagai posisi atau skala. Dengan memperhatikan berbagai region dalam gambar, MR-CNN dapat secara efektif mengatasi variasi skala objek. Ini berarti model ini dapat mendeteksi objek dalam berbagai ukuran tanpa harus mengandalkan proses pra-pemrosesan yang rumit.

Model MR-CNN juga dapat menangani objek yang tumpang tindih dengan baik. Dengan memperhatikan berbagai region dalam gambar, model ini dapat membedakan antara objek yang berdekatan dan mengidentifikasi batas objek dengan lebih akurat. Meskipun memperhatikan berbagai region dalam gambar, MR-CNN tetap dapat menggunakan sumber daya komputasi secara efisien. Ini karena model ini dapat fokus pada region-region yang relevan dan mengabaikan region-region yang tidak penting, sehingga mengurangi beban komputasi secara keseluruhan.

Pada temuan sebelumnya sebelumnya yang menghasilkan akurasi dalam identifikasi dan klasifikasi wajah oleh (Yusuf et al., 2019). Hasil temuan mereka adalah menghasilkan nilai akurasi terbaik sebesar 86,4% dengan menggunakan model CNN dan dataset yang diperoleh dari Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+) dengan total gambar yang digunakan sebanyak 327 gambar. Sementara itu, selanjutnya oleh (Astuti et al., 2019) untuk pengenalan ekspresi wajah dengan menggunakan CNN dan PCA. Dengan menggunakan PCA, menghasilkan efektifitas untuk sistem pengenalan wajah. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan keberhasilan dalam implementasi data sebagai upaya untuk meningkatkan kinerja model. Berdasarkan hasil temuan sebelumnya hanya menggunakan model CNN dan PCA. Sedangkan temuan kami memberikan hasil akurasi terbaik dengan menerapkan model MR-CNN dan PCA dalam melakukan citra digital untuk mendeteksi wajah dalam membangun aplikasi atau sistem absensi pendeteksi wajah. Sehingga dengan adanya temuan ini dapat digunakan dan dimanfaatkan pihak terkait untuk memudahkan proses administrasi seperti absensi yang lebih efisien dan tidak memakan banyak waktu.

SIMPULAN

Penelitian ini menggunakan MR-CNN untuk memproses gambar wajah dan mengidentifikasi ciri-ciri penting yang digunakan untuk mengenali siswa, dengan bantuan metode PCA yang dapat mereduksi dimensi dan mempercepat waktu komputasi. Efisiensi model MR-CNN, dengan hasil akurasi dan waktu proses yang lebih baik. Upaya seperti preprocessing data, normalisasi nilai piksel, dan transformasi data citra juga berdampak pada hasil kinerja model. Implikasinya memberikan kemudahan pada proses belajar mengajar sehingga waktu lebih kondusif untuk membahas pelajaran dan juga pengembangan sistem identifikasi wajah untuk presensi yang lebih unggul. Dengan mengutamakan hasil akurasi, penelitian ini memiliki potensi untuk mendukung identifikasi citra wajah sebagai presensi dan meningkatkan kualitas pembelajaran siswa dalam belajar.

REFERENSI

- Affandi, L., & Rizaldi, A. (2020). Sistem Presensi menggunakan NFC Smartphone Android dan Raspberry Pi (Studi Kasus Politeknik Negeri Malang). *Jurnal Informatika Polinema*, 6(3), 75–82. <https://doi.org/10.33795/jip.v6i3.299>
- Akbar, A. L., Fatchah, C., & Saikhu, A. (2020). Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Deep Neural Networks Dengan Perpaduan Metode Discrete Wavelet Transform, Stationary Wavelet Transform, Dan Discrete Cosine Transform. *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf*, 18(2), 158–170. <https://doi.org/10.12962/j24068535.v18i2.a1000>
- Akram, A., Rashid, J., Jaffar, M. A., Faheem, M., & Amin, R. ul. (2023). Segmentation and classification of skin lesions using hybrid deep learning method in the Internet of Medical Things. *Skin Research and Technology*, 29(11), e13524. <https://doi.org/10.1111/srt.13524>
- Astuti, D. L. Z., Samsuryadi, S., & Rini, D. P. (2019). Real-time classification of facial expressions using a principal component analysis and convolutional neural network. *Sinergi*, 23(3), 239–244. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.3.008>
- Hardjianto, M. (2024). Pengenalan Wajah Secara Realtime Menggunakan Adaboost Viola-Jones dan 2D DWT-PCA dengan Struktur Index KNN-KD Tree. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(1), 154–166.
- Hermawan, E. (2021). Klasifikasi Pengenalan Wajah Menggunakan Masker atau Tidak Dengan Mengimplementasikan Metode CNN (Convolutional Neural Network). *Jurnal Industri Kreatif Dan Informatika Series (JIKIS)*, 1(1), 33–43.
- Hidayah, M., Irfansyah, A. N. I., & Purwanto, D. (2022). Deteksi Objek Pada Mobil Otonom dengan Kamera Termal Infra Merah. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), A204–A209. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.94793>
- Indra, D., Herman, H., & Budi, F. S. (2023). Implementasi Sistem Penghitung Kendaraan Otomatis Berbasis Computer Vision. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 53–62. <https://doi.org/10.34010/komputika.v12i1.9082>
- Liana, D. A., Kristianto, B., Amylia, A., Maharani, A., & Ilham, A. (2023). Sistem Presensi Mahasiswa Menggunakan Fitur Deteksi Wajah Berbasis Cognitive Internet of Things. *Jurnal Pekommas*, 8(2), 129–136. <https://doi.org/10.56873/jpkm.v8i2.5277>
- Magriyanti, A. A., & Mustofa, Z. (2020). Implementasi Sistem Informasi Presensi Kehadiran Siswa Menggunakan Fingerprint Terintegrasi dengan SMS Gateway. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(1), 56–66.
- Maliki, I., & Febriansyah, A. (2023). Implementation of Convolutional Neural Network–Extreme Learning Machine for Handwriting Recognition of Sundanese Script. *2023 9th International Conference on Signal Processing and Intelligent Systems (ICSPIS)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICSPIS59665.2023.10402761>
- Marpaung, F., Khairina, N., Muliono, R., Muhathir, M., & Susilawati, S. (2024). Klasifikasi Daun Teh Siap Panen Menggunakan Convolutional Neural Network Arsitektur Mobilenetv2. *Jurnal Teknoinfo*, 18(1), 215–225.
- Mayasari, M., Mulyana, D. I., & Yel, M. B. (2022). Komparasi klasifikasi jenis tanaman rimpang menggunakan principal component analysis, support vector machine, k-nearest neighbor dan decision tree. *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, 6(2), 644–655.
- Megawati, M., & Mulyana, D. I. (2023). Optimasi Deteksi Wajah Hijab Dengan Menggunakan Data Augmentation dan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, 3(2), 99–110.
- Murdika, U., Alif, M., & Mulyani, Y. (2021). Identifikasi Kualitas Buah Tomat dengan Metode PCA (Principal Component Analysis) dan Backpropagation. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 15(3), 175–180. <https://doi.org/10.51135/justevol3issue2page99-110>
- Nuraeni, R., Fitri, S., & Riki, C. (2023). Implementasi MVC (Model View Controller) Pada

- Perancangan Aplikasi Presensi Berbasis Web (Preparasi)(Studi Kasus SMK Nurul Fitri). *PRODUKTIF: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknologi Informasi*, 7(2), 671–681.
- Nurmaini, S., Rachmatullah, M. N., Sapitri, A. I., Darmawahyuni, A., Jovandy, A., Firdaus, F., Tutuko, B., & Passarella, R. (2020). Accurate detection of septal defects with fetal ultrasonography images using deep learning-based multiclass instance segmentation. *IEEE Access*, 8, 196160–196174. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3034367>
- Park, S., Choi, B. G., Oh, K.-I., Kim, S. E., Lee, J. H., Lee, J. J., & Kang, S. W. (2017). Image compression based on MR-CNN (modified region convolutional neural network). *2017 International SoC Design Conference (ISOCC)*, 292–293. <https://doi.org/10.1109/ISOCC.2017.8368901>
- Pratama, A. P., Yasin, V., & Sianipar, A. Z. (2021). Perancangan aplikasi sistem presensi karyawan berbasis web di PT. PWS Reinsurance Broker Indonesia. *Jurnal Widya*, 2(2), 115–128.
- Pratama, N., Liebenlito, M., & Irene, Y. (2024). Perbandingan Model Klasifikasi Transfer Learning Convolutional Neural Network Tumor Otak menggunakan Citra Magnetic Resonance Imaging. *Jurnal Sehat Indonesia (JUSINDO)*, 6(01), 308–318. <https://doi.org/10.54593/awl.v2i2.24>
- Pratiwi, A. O. C. (2023). Klasifikasi Jenis Anggur Berdasarkan Bentuk Daun Menggunakan Convolutional Neural Network Dan K-Nearest Neighbor. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Komunikasi*, 3(2), 201–224. <https://doi.org/10.55606/juitik.v3i2.535>
- Rintjap, A. S., Sompie, S. R. U. A., & Lantang, O. (2014). Aplikasi absensi siswa menggunakan sidik jari di Sekolah Menengah Atas Negeri 9 Manado. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 3(3), 1–5.
- Rozi, F., Restiawan, P., & Sukmana, F. (2023). Rancang Bangun Sistem Presensi Siswa Menggunakan Sensor RFID dan Website Berbasis PHP & MYSQL. *JIMP-Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 7(3), 115–119. <https://doi.org/10.51213/jimp.v7i3.737>
- Sari, I. P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, 2(3), 146–157. <https://doi.org/10.56211/helloworld.v2i3.346>
- Satria, A. F., Adam, R. I., & Carudin, C. (2021). Analisis Digital Watermarking untuk Otentikasi pada Citra Manipulasi Menggunakan Metode Least Significant Bit. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(2), 204–213. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i2.3901>
- Sibirtsev, S., Zhai, S., Neufang, M., Seiler, J., & Jupke, A. (2023). Mask R-CNN based droplet detection in liquid–liquid systems, Part 2: Methodology for determining training and image processing parameter values improving droplet detection accuracy. *Chemical Engineering Journal*, 473, 144826. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.144826>
- Tubagus, A. S., Mahdi, R. S., Rizal, A., & Suharso, A. (2021). Analisis Perbandingan Teknik Video Codec H. 264/AVC, H. 265/HEVC, VP9 dan AV1. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(2), 187–195. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i2.3850>
- Yusuf, A., Wihandika, R. C., & Dewi, C. (2019). Klasifikasi emosi berdasarkan ciri wajah menggunakan convolutional neural network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(11), 10595–10604.