

Pengenalan Emosi Wajah pada Anak Menggunakan *Convolutional Neural Network*

Bintang Prakoso¹, Sukma Puspitorini², Pariyadi³

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Nurdin Hamzah, Indonesia

³Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Indonesia

e-mail: ¹bintangpras35@gmail.com, ²sukmapuspitorini@gmail.com, ³pariyadi.twn@gmail.com

Abstrak

Salah satu teknologi biometrik yang digunakan adalah sistem pengenalan wajah dengan metode deep learning untuk mendeteksi kondisi emosional anak melalui ekspresi wajah. Sejak tahun 1992, enam emosi dasar telah diakui secara universal: marah, jijik, takut, senang, sedih, dan terkejut, serta ekspresi netral. Penelitian ini membahas penerapan deep learning dalam memantau emosi anak-anak di Kelompok Bermain Puspita Mutiara, Muaro Jambi. Dengan menggunakan jaringan saraf tiruan (CNN) dan OpenCV, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kondisi mental anak melalui ekspresi wajah. Alat yang digunakan meliputi program deep learning berbasis Python yang memanfaatkan metode CNN, sedangkan antarmuka web berbasis PHP digunakan untuk menjalankan Python dan mengklasifikasikan data ekspresi wajah. Hasilnya berupa laporan klasifikasi emosi siswa berdasarkan ekspresi mereka. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada perkembangan emosional dan psikologis anak, dengan rencana pengembangan lebih lanjut berupa akses daring dan keterlibatan ahli ekspresi untuk menghasilkan hasil yang lebih akurat.

Kata kunci: Convolutional neural network, Deep learning, Ekspresi, Pengenalan wajah

Abstract

One of the biometric technologies used is a facial recognition system with a deep learning method to detect children's emotional state through facial expressions. Since 1992, the six basic emotions have been universally recognized: anger, disgust, fear, happiness, sadness, and surprise, as well as neutral expressions. This study discusses the application of deep learning in monitoring children's emotions in the Puspita Mutiara Play Group, Muaro Jambi. Using artificial neural networks (CNN) and OpenCV, this study aims to detect children's mental states through facial expressions. The tools used include a Python-based deep learning program that utilizes the CNN method, while a PHP-based web interface is used to run Python and classify facial expression data. The result is a report of the classification of students' emotions based on their expressions. The research is expected to contribute to children's emotional and psychological development, with future plans for online access and the involvement of expression experts to produce more accurate results.

Keywords: Convolutional neural network, Deep learning, Expression, Face recognition

1. Pendahuluan

Perkembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) di dunia saat ini berlangsung sangat pesat seiring dengan kemajuan akses jaringan internet yang juga mengalami perkembangan luar biasa [1]. Kemunculan sistem AI tidak hanya membantu manusia dalam memproses data, tetapi juga dalam berbagai aktivitas sehari-hari hingga terbentuknya sistem jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*). Salah satu penerapan AI yang menggunakan

jaringan saraf tiruan adalah sistem biometrik yang dapat membaca informasi melalui wajah, yang dikenal dengan istilah *face recognition* [2].

Pengenalan wajah (*face recognition*) kini banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari sistem pembuka kunci ponsel berbasis wajah hingga sistem pembayaran daring yang memerlukan verifikasi wajah sebelum transaksi dilakukan [3]. Berdasarkan perkembangan tersebut, para peneliti tertarik untuk menciptakan sistem serupa yang dapat mendeteksi wajah. Perkembangan emosi anak merupakan hal yang sangat penting, namun sering kali diabaikan oleh orang tua, padahal memiliki peran signifikan terhadap pertumbuhan psikologis anak [4]. Sering kali, suasana hati atau kondisi mental anak sulit dikenali oleh guru di sekolah, terutama karena keterbatasan tenaga pengajar. Anak-anak juga cenderung mengalami kesulitan dalam mengekspresikan perasaan mereka melalui kata-kata. Oleh karena itu, ekspresi wajah menjadi cara yang efektif bagi guru dan orang tua untuk menggambarkan keadaan emosional anak [5]. Satu ekspresi wajah dapat memberikan lebih banyak informasi dibandingkan kata-kata [6]. Dengan demikian, ekspresi wajah merupakan indikator penting dalam memantau emosi.

Perkembangan machine learning berbasis artificial intelligence dengan teknologi deep learning dapat membantu dalam mengatasi masalah pengenalan emosi melalui ekspresi wajah ini. *Deep learning* merupakan salah satu cabang dari *machine learning* yang terdiri atas algoritma pemodelan abstraksi tingkat tinggi terhadap data, dengan fungsi transformasi non-linear yang berlapis dan mendalam hingga mencapai ratusan lapisan [7]. *Deep learning* merupakan konsep pembelajaran mesin yang berbasis jaringan saraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan dengan konsep jaringan terhubung penuh (*fully connected neural network*) membutuhkan jumlah koneksi yang sangat besar untuk melakukan pembelajaran sehingga tidak efisien secara koneksi. Teknik deep learning memiliki kemampuan feature engineering yang dapat merekayasa fitur secara otomatis sehingga kita tak perlu bersusah payah membangun model ekstraksi fitur yang sangat rumit (Suyanto, 2018). Algoritma deep learning yang sering dipakai untuk melakukan analisis citra visual adalah algoritma Convolutional Neural Network (CNN). Algoritma CNN merupakan salah satu algoritma jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk memproses dan menganalisis data berupa gambar atau video, di mana arsitektur CNN sangat efisien dalam menangani tugas-tugas yang berkaitan dengan pengenalan pola visual, seperti klasifikasi gambar, deteksi objek, dan segmentasi citra [9].

Beberapa penelitian terkini telah mengeksplorasi pengenalan emosi wajah pada anak-anak antara lain penelitian tentang sistem untuk mengklasifikasikan emosi dan mendeteksi wajah pada pembelajaran daring menggunakan deep learning dengan arsitektur CNN [10]. Penelitian dilakukan untuk mendeteksi 7 emosi pada siswa kelas 4 dan 5 sekolah dasar, yaitu emosi marah, senang, netral, sedih, takut, terkejut, dan jijik dengan akurasi identifikasi emosi sebesar 74,8%. Keterbatasan dari penelitian ini adalah ukuran sampel yang kecil serta ketidakmampuan mendeteksi wajah saat terlalu dekat dengan kamera (<40 cm) sehingga sistem sulit untuk mendeteksi emosi sedih, jijik, dan marah.[10]. Selanjutnya adalah penelitian tentang Implementasi Jaringan Saraf Konvolusional (CNN) dalam Pengenalan Ekspresi Wajah [11]. Temuan utama pada penelitian ini bahwa algoritma CNN yang digunakan untuk pengenalan ekspresi wajah menunjukkan tingkat akurasi sebesar 70,46% untuk data training sebanyak 3589 titik data. Tantangan dalam pengenalan emosi pada penelitian ini adalah masalah kejernihan kamera, kesamaan antar emosi. Selanjutnya penelitian oleh [12] tentang Klasifikasi Ketertarikan Anak PAUD Melalui Ekspresi Wajah Menggunakan Metode CNN. Penelitian ini dilakukan untuk mengenali ekspresi emosi anak PAUD ketika ditayangkan video pembelajaran yaitu tertarik, cukup tertarik, dan tidak tertarik dengan akurasi tingkat klasifikasi ketertarikan sebesar 81,66%. Keterbatasan penelitian ini adalah hanya menggunakan tiga kategori ketertarikan yang ditentukan secara subjektif oleh pengajar, sehingga potensi bias dalam pelabelan cukup tinggi dengan jumlah data training yang sedikit

Melihat hasil penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa tingkat akurasi dalam pengenalan emosi wajah anak masih perlu ditingkatkan. Selain itu, masih terdapat keterbatasan pada proses pendeteksian emosi tertentu serta variasi jumlah kelas emosi yang digunakan. Dengan demikian, dibutuhkan penelitian lanjutan untuk mengembangkan model klasifikasi emosi pada anak dengan dukungan metode deep learning yang mampu mengekstraksi fitur wajah secara lebih optimal.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana proses pengenalan emosi wajah pada anak real time menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengklasifikasikan tujuh emosi berdasarkan dataset yang digunakan. Sejalan dengan rumusan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan model pengenalan emosi wajah anak berbasis CNN yang mampu melakukan klasifikasi tujuh emosi dasar secara otomatis. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membangun aplikasi berbasis web untuk mengidentifikasi emosi siswa KB Pulpit Mutiara dan mengevaluasi performansi model melalui pengujian akurasi sehingga memberikan hasil klasifikasi yang lebih optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mendukung guru maupun orang tua untuk memahami kondisi emosional siswa KB Puspita Mutiara melalui pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan (*applied research*) karena penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan aplikasi berbasis web untuk mengenali emosi anak. Adapun penelitian bersifat kuantitatif karena mengolah data-data citra dalam bentuk piksel serta analisis dilakukan dengan menghitung akurasi dalam bentuk angka. Penelitian juga menggunakan metode eksperimental karena pada penelitian ini dilakukan percobaan melalui proses training model CNN, pengujian hasil model dengan data tertentu, serta melakukan perbandingan hasil dan penilaian performansi. Adapun tahapan pada penelitian ini antara lain:

Tahap pertama yaitu melakukan studi literatur tentang sistem deteksi emosi anak menggunakan ekspresi wajah dan deep learning. Pada tahap ini peneliti melakukan studi literatur buku mengenai pengenalan emosi berdasarkan ekspresi dan juga metode deep learning

Tahap kedua yaitu dilakukan identifikasi dan analisis masalah melalui observasi dan wawancara di KB Puspita Mutiara, yang menunjukkan bahwa guru mengalami kesulitan dalam mengenali kondisi emosional siswa secara langsung. Untuk mengatasi kendala tersebut, penelitian ini melakukan analisis kebutuhan data, yang mencakup penggunaan dataset publik dari Kaggle sebagai data pelatihan (training data), serta pengumpulan data uji (*testing data*) melalui observasi terhadap ekspresi wajah siswa di lingkungan sekolah.

Tahap ketiga adalah analisis kebutuhan sistem, yang meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang diperlukan agar sistem dapat berjalan secara optimal. Perangkat keras yang digunakan adalah laptop dengan prosesor Intel Core i5, RAM 8GB, dan kamera 720p, sedangkan perangkat lunak yang digunakan meliputi Python dengan library TensorFlow dan OpenCV untuk pemrosesan citra, serta PHP untuk membangun antarmuka berbasis web.

Tahap keempat yaitu perancangan dan pengembangan sistem. Pada tahap ini, model Convolutional Neural Network (CNN) diterapkan untuk mengklasifikasikan tujuh jenis ekspresi dasar, yaitu marah (*anger*), jijik (*disgust*), takut (*fear*), senang (*joy*), netral (*neutrality*), sedih (*sadness*), dan terkejut (*surprise*). Sistem ini kemudian diuji melalui implementasi dan validasi model, dengan mengevaluasi tingkat akurasi dan kesalahan klasifikasi guna memastikan keandalan deteksi emosi.

Tahap kelima yaitu melakukan analisis data yang pada penelitian ini dilakukan dengan menilai efektivitas model CNN dalam mengidentifikasi ekspresi wajah secara akurat. Secara keseluruhan, rancangan sistem terdiri atas input berupa citra wajah siswa, proses menggunakan CNN untuk klasifikasi emosi, dan output berupa laporan visual dan tekstual.

Strategi yang diterapkan untuk mengatasi kendala dalam penelitian ini mencakup pemanfaatan teknologi *deep learning* guna meningkatkan akurasi sistem, pengujian langsung terhadap siswa di KB Puspita Mutiara, serta pengembangan antarmuka web agar guru dan orang tua dapat dengan mudah mengakses hasil pemantauan emosi anak secara *real-time*. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat berkontribusi terhadap pemanfaatan kecerdasan buatan dalam mendukung pemantauan kesehatan emosional anak usia dini, sehingga membantu pendidik dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih responsif terhadap kebutuhan emosional siswa.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem Deteksi Emosi dikembangkan menggunakan library Flask pada bahasa pemrograman Python, yang memungkinkan sistem dijalankan secara lokal melalui server Apache XAMPP pada alamat 127.0.0.1:5000. Peneliti melakukan analisis terhadap kinerja sistem dengan menguji berbagai nilai epoch dan batch size untuk mengevaluasi tingkat akurasi serta waktu pelatihan (*training time*).

3.1. Pelatihan dan Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kemampuan komputasi yang tinggi sangat diperlukan agar proses pelatihan berjalan secara efisien. Perangkat dengan spesifikasi rendah berpotensi menyebabkan keterlambatan (*delay*) atau bahkan kesalahan (*error*) selama proses pelatihan. Hasil pelatihan sistem divisualisasikan dalam dua grafik yaitu Grafik pertama menunjukkan tingkat akurasi model, sedangkan grafik kedua menampilkan nilai loss dari model selama beberapa iterasi pelatihan.

Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan adanya indikasi *overfitting*, yaitu kondisi di mana model memperoleh hasil sangat baik pada data pelatihan namun mengalami penurunan performa pada data uji (*testing data*). Hal ini disebabkan oleh pengenalan pola yang terlalu mendetail, termasuk terhadap *noise* atau data yang tidak relevan.

Adapun hasil analisis diperoleh dari 28.709 data pelatihan dan 7.178 data validasi, dengan ringkasan hasil sebagai berikut:

Tabel 1 Ringkasan Hasil Akurasi

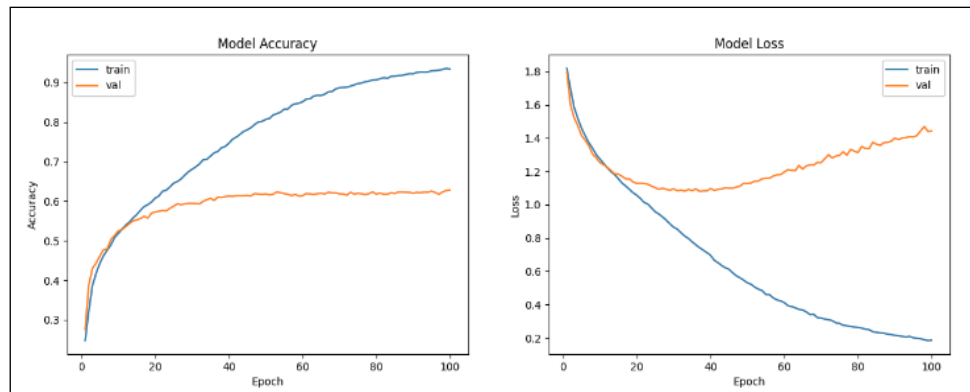
<i>Experiment</i>	<i>Epoch Value</i>	<i>Batch Value</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Duration</i>
1	25	64	70%	09:51
2	25	128	70%	07:38
3	50	64	80%	12:43
4	50	128	80%	11:38
5	75	64	90%	18:42
6	75	128	90%	17:27
7	100	64	93%	28:09
8	100	128	93%	24:20

Tabel 2 Ringkasan Hasil Loss

<i>Experiment</i>	<i>Value</i>	<i>Batch Value</i>	<i>Loss</i>	<i>Duration</i>
1	25	64	1.1	09:51
2	25	128	1.1	07:38
3	50	64	1.2	12:43
4	50	128	1.2	11:38
5	75	64	1.4	18:42
6	75	128	1.4	17:27
7	100	64	1.5	28:09

8	100	128	1.5	24:20
---	-----	-----	-----	-------

Berdasarkan hasil percobaan, sistem deteksi emosi ini dapat dijalankan dengan tingkat akurasi mencapai 93% pada epoch ke-100, dengan waktu pelatihan selama 24 menit 20 detik. Visualisasi hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik Hasil Analisis Model

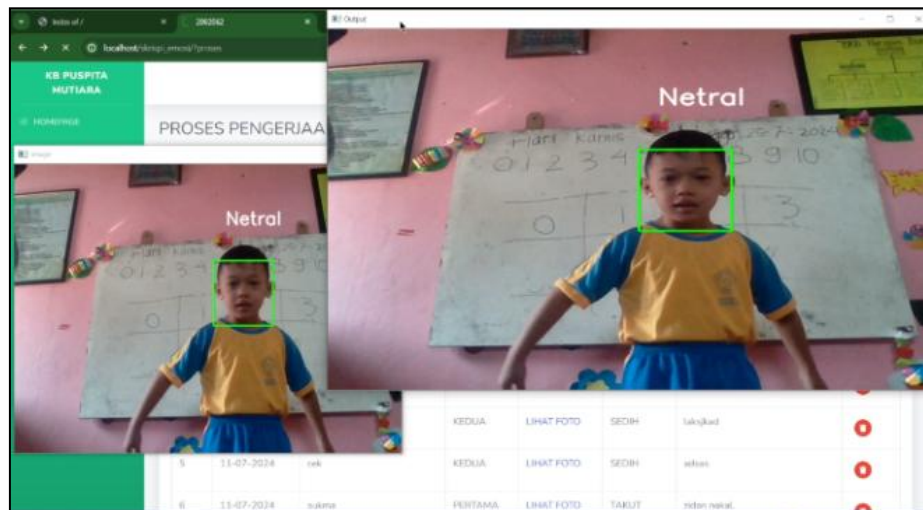
3.2. Implementasi

Proses inisialisasi dan pemrosesan data siswa KB Puspita Mutiara dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:

PROSES Pengerjaan									
Choose a mode: Simulasi Test Uji Uji Uji Uji Uji Uji Uji Uji									
Show: 10 records									
NO	TANGGAL	ISWA	SRG	FOTO	EMOSI	DESKRIPSI	TI	AKSI	TI
1	25-07-2024	Alvaro Redhya Sanjaya	FISIOLOGIA	LIHAT FOTO	NETRAL	tidak menunjukkan ekspresi apa-apa			
2	25-07-2024	Alvaro Redhya Sanjaya	PERTAMA	LIHAT FOTO	SEDIH	subjek menunjukkan ekspresi sedih karena melihat beberapa gambar			
3	25-07-2024	Alvaro Redhya Sanjaya	KEDUA	LIHAT FOTO	TAKUT	subjek menunjukkan ekspresi takut karena jam pulang dipukul untuk penelitian			
4	25-07-2024	Hagen Arian Pahlani	PERTAMA	LIHAT FOTO	TAKUT	subjek menunjukkan ekspresi takut terhadap kamera			
5	25-07-2024	Hagen Arian Pahlani	KEDUA	LIHAT FOTO	NETRAL	subjek telah menstabilkan emosi			
6	25-07-2024	Daffa Dzuhairi Alfarizi	PERTAMA	LIHAT FOTO	SENANG	subjek senang saat melihat kamera, kondisi emosi baik			
7	25-07-2024	Daffa Dzuhairi Alfarizi	KEDUA	LIHAT FOTO	KURUS	subjek emosi marah karena jam pulang dipukul untuk penelitian			
8	25-07-2024	Muhammad Subhan	FISIOLOGIA	LIHAT FOTO	SENANG	subjek memiliki emosi senang terhadap kamera			

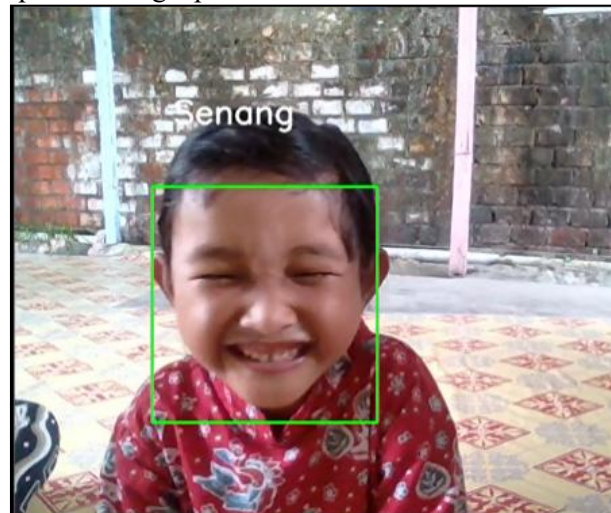
Gambar 2. Tampilan Proses Sistem

Dengan menekan tombol “display”, sistem akan menampilkan deteksi emosi melalui webcam, sebagaimana terlihat pada Gambar 3 berikut:

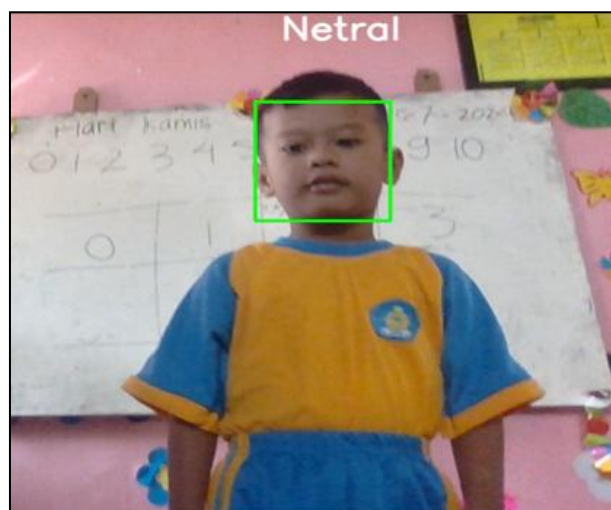


Gambar 3. Deteksi Emosi Menggunakan Webcam

Berikut beberapa hasil tangkapan citra dari sistem deteksi emosi:



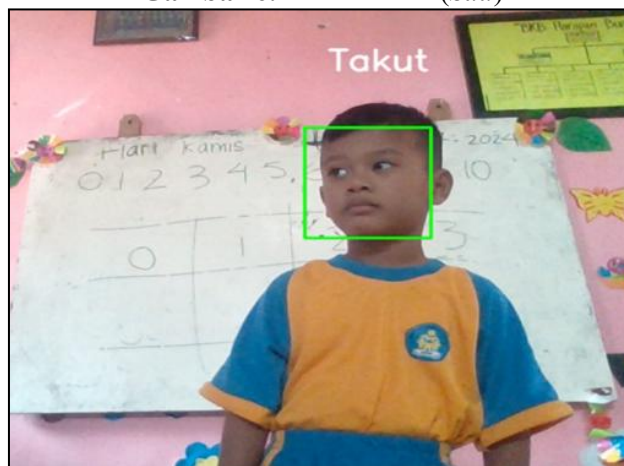
Gambar 4. Emosi Senang (*Happy*)



Gambar 5. Emosi Netral (*Neutral*)



Gambar 6. Emosi Sedih (*Sad*)



Gambar 7. Emosi Takut (*Fear*)



Gambar 8. Emosi Terkejut (*Shocked/Surprised*)



Gambar 9. Emosi Marah (*Angry*)

Setiap hasil tangkapan gambar akan disimpan pada halaman PHP di dalam basis data MySQL. Pada halaman klasifikasi, sistem menampilkan data yang mencakup nama siswa, tanggal, sesi, jenis emosi, deskripsi emosi, serta bukti citra hasil deteksi emosi dari siswa KB Puspita Mutiara.

Gambar 10. Proses Klasifikasi Emosi

Seluruh data yang telah disimpan di MySQL dapat diekspor ke dalam format laporan PDF. Sistem menyediakan beberapa pilihan format laporan, seperti laporan berdasarkan nama siswa, sesi, kategori emosi, maupun laporan keseluruhan proses deteksi emosi. Contoh hasil keluaran laporan ditunjukkan pada Gambar 11 berikut:

04/01, 9:20 AM

Detek Laporan Proses

APK DETEKSI EMOSI KB PUSPITA MUTIARA

01-07-2024 sampai 31-07-2024

NO	TGL	NAMA SISWA	SESI	DESKRIPSI	JENIS EMOSI
1	25-07-2024	Alvaro Raditya Sanjana	PERTAMA	tidak menunjukkan ekspresi apa-apa	NETRAL
2	25-07-2024	Alvaro Raditya Sanjana	PERTAMA	subjek menunjukkan ekspresi sedih karena waktu bermainnya diambil	SEDIH
3	25-07-2024	Alvaro Raditya Sanjana	KEDUA	subjek menunjukkan ekspresi takut karena jam pulang dipakai untuk penelitian	TAKUT
4	26-07-2024	Alvaro Raditya Sanjana	PERTAMA	anak tampak terkejut karena lupa membawa tas	KAGET
5	26-07-2024	Alvaro Raditya Sanjana	KEDUA	anak sedih karena telat dijemput ortu	SEDIH
6	27-07-2024	Alvaro Raditya Sanjana	PERTAMA	anak marah karena waktu libur digunakan untuk gotong royong sekolah	MARAH

Kasang Pudak,04-09-2024

Kepala Sekolah,

(Rohani.S.Pd)

Gambar 11. Tampilan Laporan Hasil Deteksi Emosi

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi emosi berbasis ekspresi wajah yang dikembangkan telah mampu mengklasifikasikan emosi siswa dengan tingkat akurasi sebesar 93%. Sistem ini memanfaatkan model *deep learning* dan diterapkan dalam lingkungan pendidikan anak usia dini, khususnya di KB Puspita Mutiara. Integrasi sistem dengan platform berbasis web memudahkan pendidik dalam memantau dan mengevaluasi ekspresi wajah siswa sebagai bagian dari penilaian perkembangan emosional. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan jumlah epoch selama proses pelatihan model berkontribusi terhadap peningkatan akurasi sistem, meskipun terdapat risiko terjadinya *overfitting*. Pada pengujian dengan ukuran batch 128 dan epoch ke-100, sistem menunjukkan kinerja terbaiknya. Namun demikian, perlu ditekankan bahwa sistem ini bukanlah alat diagnostik psikologis, melainkan alat bantu untuk memahami dinamika emosi anak. Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian ini dapat difokuskan pada peningkatan akurasi model melalui perluasan dataset, optimalisasi perangkat keras guna mempercepat proses pelatihan, serta integrasi dengan teknologi berbasis cloud agar sistem dapat diakses secara daring dan memberikan manfaat yang lebih luas dalam pemantauan emosi anak secara *real-time*.

Daftar Pustaka

- [1] M. Awaludin, V. Yasin, and F. Risyda, "The Influence of Artificial Intelligence Technology, Infrastructure and Human Resource Competence on Internet Access Networks," *Inform : Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 9, no. 2, pp. 111–120, May 2024, doi: 10.25139/inform.v9i2.8109.
- [2] M. M. Siddiqui and P. Valsalan, "AI-Based Human Face Recognition System," 2024.
- [3] M. Arsal, B. Agus Wardijono, and D. Anggraini, "Face Recognition Untuk Akses Pegawai Bank Menggunakan Deep Learning Dengan Metode CNN," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 55–63, Jun. 2020, doi: 10.25077/teknosi.v6i1.2020.55-63.
- [4] S. Puspitorini, N. Kahar, and I. Kartika, "Predicting Early Childhood Readiness to Enter Elementary School Using the Naive Bayes Classification," *Arcitech: Journal of Computer Science and Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 2, pp. 84–99, Dec. 2024, doi: 10.29240/arcitech.v4i2.11635.
- [5] R. S. I. Sihombing, R. N. T. Siregar, V. Sitorusm, and T. S. Sitompul, "Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," *Journal of Creative Student Research*, vol. 1, no. 6, pp. 89–97, Dec. 2023, doi: 10.55606/jcsrpolitama.v1i6.3046.

- [6] L. B. Adrianto, M. I. Wahyuddin, and W. Winarsih, "Implementasi Deep Learning untuk Sistem Keamanan Data Pribadi Menggunakan Pengenalan Wajah dengan Metode Eigenface Berbasis Android," *Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, vol. 4, no. 2, p. 89, Jan. 2021, doi: 10.35870/jtik.v5i1.201.
- [7] S. Prasetyo and T. Dewayanto, "PENERAPAN MACHINE LEARNING, DEEP LEARNING, DAN DATA MINING DALAM DETEKSI KECURANGAN LAPORAN KEUANGAN-A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW," *DIPONEGORO JOURNAL OF ACCOUNTING*, vol. 13, no. 3, pp. 1–12, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/accounting>
- [8] Suyanto, *Machine Learning Tingkat Dasar dan Lanjut*. Bandung: Informatika, 2018.
- [9] E. Setia Budi, A. Nofriyaldi Chan, P. Priscillia Alda, and M. Arif Fauzi Idris, "RESOLUSI : Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi Optimasi Model Machine Learning untuk Klasifikasi dan Prediksi Citra Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *Media Online*, vol. 4, no. 5, p. 509, 2024, [Online]. Available: <https://djournals.com/resolusi>
- [10] L. C. Limanjaya, H. Khoswanto, and I. Sugiarto, "Sistem Untuk Mengklasifikasikan Emosi Dan Mendeteksi Wajah Pada Pembelajaran Daring," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 41–47, Jul. 2023, doi: 10.9744/jte.15.2.41-47.
- [11] A. L. Seandrio, A. H. Pratomo, and M. Y. Florestiyanto, "Implementation of Convolutional Neural Network (CNN) in Facial Expression Recognition," *Telematika*, vol. 18, no. 2, p. 211, Oct. 2021, doi: 10.31315/telematika.v18i2.4823.
- [12] A. R. Kusumastuti, Y. Kristian, and E. Setyati, "Klasifikasi Ketertarikan Anak PAUD Melalui Ekspresi Wajah Menggunakan Metode CNN," *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, vol. 7, no. 2, pp. 92–96, Dec. 2020, doi: 10.25047/jtit.v7i2.176.