

PENGEMBANGAN GAME EDUKASI PUZZLE BERBASIS *COMPUTER VISION HAND TRACKING* UNTUK ANAK USIA DINI

Rudolf Filius Alsaro Ginting¹, Febi Elvira Messe²

^{1,2}Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo Kupang

Jl. Perintis Kemerdekaan 1 – Kayu Putih, Kupang – Nusa Tenggara Timur, Indonesia

Email: ¹rudolfginting92@gmail.com, ²febiimesse0502@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *game* edukasi *puzzle* berbasis *Computer Vision* dengan *Hand Tracking* untuk anak usia dini. *Game* ini dirancang agar pemain dapat menyusun potongan *puzzle* menggunakan gerakan tangan, tanpa perlu menggunakan perangkat input fisik seperti *mouse* atau *keyboard*. Teknologi *Hand Tracking* yang digunakan berbasis *MediaPipe* dan *OpenCV*, memungkinkan deteksi tangan serta pengenalan *pinch gesture* (gerakan mencubit) untuk memilih dan memindahkan potongan *puzzle* ke posisi yang benar. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa seluruh fitur utama *game* telah berfungsi dengan baik. Deteksi tangan berhasil mengenali tangan pemain dan menampilkan titik-titik *landmark*. *Pinch gesture* dengan jarak ≤ 70 px antara jari telunjuk dan jari tengah dapat digunakan untuk memilih potongan *puzzle*. Pemindahan dan penyelarasan otomatis potongan *puzzle* ke dalam grid juga berfungsi sesuai harapan. Potongan yang telah ditempatkan dengan benar akan terkunci dan ditandai dengan warna hijau, sedangkan yang belum benar berwarna merah. Sistem juga berhasil berpindah ke level berikutnya setelah *puzzle* terselesaikan dan menampilkan notifikasi "Puzzle Selesai!" ketika semua level telah diselesaikan. Selain itu, *game* telah berjalan dalam mode *fullscreen* dan dapat ditutup dengan menekan tombol 'q'. Dengan hasil pengujian yang menunjukkan keberhasilan implementasi fitur-fitur utama, *game* edukasi *puzzle* berbasis *Computer Vision* ini dapat memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan menyenangkan bagi anak usia dini, sekaligus meningkatkan keterampilan kognitif dan koordinasi tangan-mata mereka.

Kata kunci: Computer Vision, Hand Tracking, puzzle

ABSTRACT

This study aims to develop an educational puzzle game based on Computer Vision with Hand Tracking for early childhood. The game is designed to allow players to assemble puzzle pieces using hand gestures, eliminating the need for physical input devices such as a mouse or keyboard. The Hand Tracking technology used is based on MediaPipe and OpenCV, enabling hand detection and recognition of pinch gestures for selecting and moving puzzle pieces to the correct position. System testing results show that all the game's main features function properly. Hand detection successfully recognizes the player's hand and displays landmark points. A pinch gesture with a distance of ≤ 70 px between the index and middle fingers can be used to select puzzle pieces. The movement and automatic alignment of puzzle pieces into the grid also work as expected. Correctly placed pieces are locked and marked in green, while incorrect ones are marked in red. The system also successfully transitions to the next level once the puzzle is completed and displays a "Puzzle Selesai!" notification when all levels are finished. Additionally, the game runs in fullscreen mode and can be closed by pressing the 'q' key. With testing results confirming the successful implementation of key features, this Computer Vision-based educational puzzle game is expected to provide an interactive and enjoyable learning experience for young children while enhancing their cognitive skills and hand-eye coordination.

Keywords: Computer Vision, Hand Tracking, puzzle

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Usia dini merupakan tahap fundamental dalam perkembangan kognitif dan motorik anak. Pada tahap ini, anak-anak membutuhkan metode pembelajaran yang interaktif dan menarik agar mereka dapat memahami konsep-konsep dasar dengan lebih efektif [1]. Salah satu pendekatan yang mulai banyak digunakan dalam dunia pendidikan adalah penerapan teknologi berbasis *Computer Vision* untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif [2]. Teknologi ini memungkinkan anak-anak berinteraksi langsung dengan objek digital melalui gerakan tangan tanpa perlu menggunakan perangkat input konvensional seperti *mouse* atau *keyboard* [3].



Game edukasi merupakan salah satu media pembelajaran yang terbukti efektif dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi anak-anak dalam belajar [4]. Dalam beberapa penelitian, penggunaan *game* edukasi berbasis gestur telah menunjukkan dampak positif terhadap perkembangan kognitif dan motorik anak usia dini, terutama dalam hal koordinasi tangan-mata dan kemampuan memecahkan masalah [5]. Salah satu implementasi teknologi yang dapat mendukung interaksi alami dalam *game* edukasi adalah *Hand Tracking*, yang memungkinkan sistem untuk mengenali dan merespons gerakan tangan pengguna [6]. Teknologi ini telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk rehabilitasi medis, pengenalan pola, dan interaksi berbasis *Augmented Reality* (AR), namun penerapannya dalam *game* edukasi untuk anak usia dini masih belum banyak dikembangkan [7].

Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah *game* edukasi berbasis *Computer Vision* yang menggunakan *Hand Tracking* sebagai metode interaksi utama. *Game* ini dirancang dalam bentuk *puzzle*, di mana anak-anak dapat menyusun potongan gambar dengan cara mencubit (*pinch gesture*) dan memindahkannya ke posisi yang sesuai [8]. Sistem ini dibangun menggunakan OpenCV dan MediaPipe, yang telah terbukti memiliki akurasi tinggi dalam mendeteksi tangan serta mengenali berbagai *gesture* [9]. Dengan teknologi ini, anak-anak dapat berlatih memecahkan masalah secara intuitif sambil mengembangkan keterampilan motorik halus mereka. Selain itu, penggunaan metode interaksi berbasis gestur memberikan pengalaman belajar yang lebih alami dan menyenangkan dibandingkan dengan metode berbasis klik atau sentuhan layar [10].

2. METODE PENELITIAN

Game Edukasi *Puzzle*

Game edukasi merupakan permainan yang dirancang untuk membantu proses belajar dengan cara yang menyenangkan. *Game* jenis ini dapat meningkatkan daya ingat, keterampilan kognitif, dan pemecahan masalah pada anak usia dini. *Puzzle* adalah salah satu bentuk permainan edukatif yang mengasah keterampilan spasial dan kognitif anak dengan menyusun potongan gambar menjadi satu kesatuan yang utuh. Dalam konteks digital, *game puzzle* berbasis komputer memanfaatkan teknologi interaktif untuk meningkatkan keterlibatan anak dalam proses pembelajaran [11].

Computer Vision dalam *Game* Interaktif

Computer Vision adalah cabang kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer untuk menganalisis dan memahami informasi visual dari dunia nyata. Dalam *game* edukasi, *Computer Vision* dapat digunakan untuk mengenali gerakan tangan pemain sebagai metode interaksi, menggantikan input konvensional seperti *keyboard* dan *mouse*. Teknologi ini memungkinkan pengalaman bermain yang lebih alami dan menarik bagi anak-anak [12].

Hand Tracking dengan Python dan OpenCV

Hand Tracking adalah teknik yang digunakan untuk mendeteksi dan melacak posisi tangan serta gerakan jari dalam suatu lingkungan digital. Salah satu metode populer untuk *Hand Tracking* adalah dengan menggunakan OpenCV dan MediaPipe, yang mampu mendeteksi titik-titik kunci (*landmark*) tangan secara *real-time*. Dalam penelitian ini, *Hand Tracking* digunakan untuk mendeteksi pergerakan tangan anak sebagai alat interaksi dalam menyusun *puzzle*. Dengan menggunakan *library* *cvzone* dan *HandTrackingModule*, sistem dapat mendeteksi jari telunjuk dan jari tengah sebagai kontrol utama dalam permainan [13].

Implementasi Python dalam Pengembangan *Game* Edukasi

Python merupakan bahasa pemrograman yang fleksibel dan banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi berbasis *Computer Vision* dan kecerdasan buatan. OpenCV sebagai salah satu pustaka dalam Python mendukung pengolahan citra digital dan memungkinkan analisis visual yang efisien. Dalam *game* edukasi ini, Python digunakan untuk menangani logika permainan, pemrosesan gambar *puzzle*, serta mendeteksi dan melacak gerakan tangan pengguna menggunakan algoritma *Computer Vision*. Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran berbasis multimedia telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman anak-anak dalam berbagai aspek edukatif, termasuk dalam pengenalan budaya dan keterampilan kognitif [14].

Desain Penelitian

1. Uji Fungsionalitas: *Game* diuji untuk memastikan setiap fitur utama, seperti deteksi tangan, pengenalan *pinch gesture*, dan mekanisme penempatan potongan *puzzle*, berfungsi dengan baik.
2. Observasi Terstruktur: Peneliti mengamati interaksi anak dengan *game* yang mencakup aspek, seperti keakuratan gerakan tangan dan keberhasilan dalam menempatkan potongan *puzzle*.

Subjek Penelitian

1. Populasi dan Sampel: Subjek penelitian adalah anak berusia 3–6 tahun yang dipilih berdasarkan kesediaan orang tua untuk berpartisipasi.
2. Kriteria Inklusi: Subjek harus memiliki kemampuan motorik dasar yang memadai dan tidak memiliki gangguan fisik yang memengaruhi interaksi tangan.



Instrumen Penelitian

1. Game Puzzle Berbasis *Hand Tracking*: Game ini menjadi instrumen utama untuk mengamati interaksi anak dengan teknologi berbasis gerakan tangan.


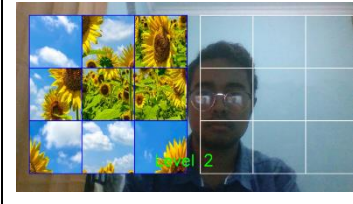

Prosedur Penelitian

1. Tahap Persiapan: Pengembangan dan pengujian awal *game* dilakukan untuk memastikan semua fitur berfungsi dengan baik, termasuk deteksi gerakan tangan dan respons sistem terhadap input pengguna.
2. Pelaksanaan Observasi: Anak-anak bermain *game* di bawah pengawasan peneliti, sementara peneliti mengamati perilaku mereka.

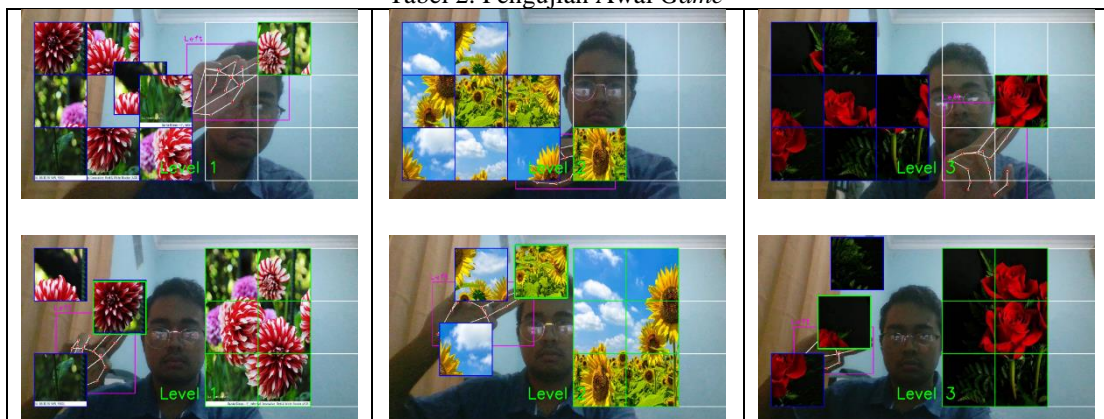
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah *game* edukasi *puzzle* berbasis *Computer Vision Hand Tracking*. *Game* ini memungkinkan pemain untuk menyusun potongan *puzzle* dengan menggunakan gerakan tangan tanpa perlu perangkat input fisik seperti *mouse* atau *keyboard*. Berikut tahap pengujian awal dari *game* yang telah dibuat:

Tabel 1. Tampilan *Game*

	Bunga Dahlia
	Bunga Matahari
	Bunga Mawar

Tabel 2. Pengujian Awal *Game*



Inisialisasi dan *Import* Pustaka

```
import cv2
import numpy as np
import random
from cvzone.HandTrackingModule import
HandDetector
```

Kode Sumber 1. Inisialisasi dan *Import* Pustaka



Masing-masing modul dalam skrip ini berfungsi secara spesifik untuk menciptakan permainan *puzzle* yang interaktif:

1. OpenCV menangani pemrosesan gambar dan visualisasi *puzzle*.
2. NumPy mengelola perhitungan matematis terkait posisi jari.
3. Random mengacak susunan potongan *puzzle*.
4. HandDetector menangani pelacakan tangan untuk memberikan kendali gerakan dalam permainan.

Menyiapkan Dunia Puzzle: Kamera dan Deteksi Tangan

```
cap = cv2.VideoCapture(0)
cap.set(3, 1280) # Set lebar frame ke 1280
cap.set(4, 720) # Set tinggi frame ke 720
detector = HandDetector(detectionCon=0.8, maxHands=1)
```

Kode Sumber 2. Kamera dan Deteksi Tangan

Skrip melakukan persiapan untuk memasuki dunia *puzzle* interaktif. Kamera diaktifkan, dan detektor tangan disiapkan. Dengan bantuan pustaka HandDetector dari cvzone, sistem mampu mengenali dan melacak pergerakan tangan pengguna. Kamera disetel pada resolusi tinggi agar dunia *puzzle* terlihat lebih tajam, dan detektor tangan disiapkan untuk memastikan setiap gerakan pengguna dapat dikontrol dengan baik.

Menampilkan Objek Utama: Gambar Puzzle Berdasarkan Level

```
image_paths = {
    1: 'gambar/bunga_dahlia.jpg',
    2: 'gambar/bunga_matahari.jpg',
    3: 'gambar/bunga_mawar.jpeg'
}
```

Kode Sumber 3. Gambar Puzzle Berdasarkan Level

Setiap level akan menampilkan gambar yang berbeda untuk dijadikan *puzzle*. Jika ada masalah dalam memuat gambar, skrip mengeluarkan pesan error untuk memastikan pengalaman permainan tetap lancar.

Mengubah Gambar Menjadi Potongan-Potongan Puzzle

```
def setup_puzzle(level):
    image = load_image(level)
    rows, cols = 3, 3
    piece_height, piece_width = image.shape[0] // rows, image.shape[1] // cols

    pieces = []
    original_positions = []
    for i in range(rows):
        for j in range(cols):
            piece = image[i * piece_height:(i + 1) * piece_height, j *
            piece_width:(j + 1) * piece_width]
            pieces.append(piece)
            original_positions.append((j, i))

    indices = list(range(len(pieces)))
    random.shuffle(indices)
    pieces = [pieces[idx] for idx in indices]
    original_positions = [original_positions[idx] for idx in indices]

    return pieces, original_positions, piece_height, piece_width
```

Kode Sumber 4. Mengubah Gambar Menjadi Potongan-Potongan *Puzzle*

Di sini, gambar dipecah menjadi 9 bagian (3x3), dan setiap potongan diberi posisi acak. Tantangan bagi pemain adalah mengembalikan potongan-potongan ini ke posisi semula untuk menyelesaikan *puzzle*.

Interaksi dengan Puzzle Menggunakan Gerakan Tangan

```

if hands:
    hand = hands[0]
    lmList = hand['lmList']
    cursor = lmList[8]

    pinch_distance =
np.linalg.norm(np.array(lmList[8]) -
np.array(lmList[12]))

    if pinch_distance < 70:
        # Memulai gerakan drag

```

Kode Sumber 5. Interaksi dengan Puzzle Menggunakan Gerakan Tangan

Bagian ini memungkinkan pengguna untuk memindahkan potongan *puzzle* dengan mengarahkan jari telunjuk mereka ke layar. Deteksi dilakukan dengan menghitung jarak antara jari telunjuk dan jari tengah; ketika kedua jari berdekatan, potongan *puzzle* dapat “diambil” atau “dilepaskan”.

Penilaian dan Penyelesaian *Puzzle*

```

for idx, (x, y) in enumerate(piece_positions):
    if piece_locked[idx]:
        color = (0, 255, 0)
    else:
        color = (255, 0, 0)
    cv2.rectangle(img, (x, y), (x + piece_width, y +
piece_height), color, 2)

```

Kode Sumber 6. Penilaian dan Penyelesaian *Puzzle*

Ketika pemain berhasil menyusun sebuah potongan ke posisi yang tepat, skrip memberikan umpan balik visual berupa warna hijau pada bingkai potongan tersebut, memberi tanda bahwa pemain sudah benar. Sebaliknya, bingkai merah menandakan potongan yang belum tepat.

Tampilan Level dan Pesan Akhir

```

if check_puzzle_complete():
    if current_level < max_level:
        current_level += 1
    else:
        text = "Puzzle Selesai!"
        cv2.putText(img, text, (text_x, text_y), font,
font_scale, (0, 255, 0), thickness, cv2.LINE_AA)

```

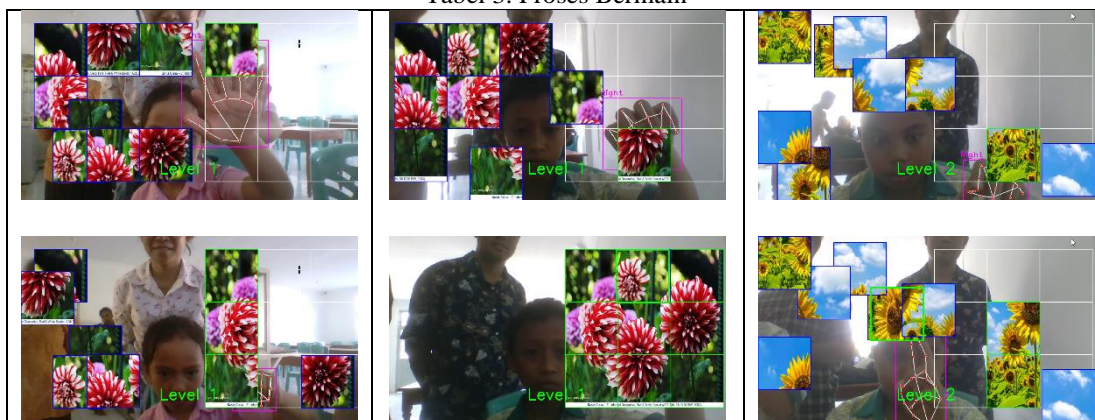
Kode Sumber 7. Tampilan Level dan Pesan Akhir

Skrip juga menampilkan level saat ini di bagian bawah layar agar pemain tahu seberapa jauh perjalanan mereka. Jika pemain menyelesaikan semua level, skrip menampilkan pesan penghargaan “Puzzle Selesai!” dengan warna hijau yang mencolok di tengah layar, memberikan momen kepuasan yang layak untuk pemain.

Implementasi ke Subjek

Berikut implementasi dari *game* yang telah dibuat:

Tabel 3. Proses Bermain



Pengujian Sistem

Tabel 4. Pengujian Sistem

No	Fitur yang Diuji	Langkah Pengujian	Data Uji	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Deteksi tangan	<ol style="list-style-type: none"> Arahkan tangan ke kamera. Pastikan sistem mengenali tangan. 	Posisi tangan di dalam jangkauan kamera.	Sistem mendeteksi tangan dan menampilkan titik-titik <i>landmark</i> .	Berhasil
2	Deteksi <i>pinch gesture</i> (gerakan mencubit)	<ol style="list-style-type: none"> Dekatkan jari telunjuk dan jari tengah. Periksa apakah potongan <i>puzzle</i> dapat diambil. 	Jarak antara jari telunjuk dan tengah ≤ 70 px.	Potongan <i>puzzle</i> dapat dipilih saat <i>pinch gesture</i> dilakukan.	Berhasil
3	Pemindahan potongan <i>puzzle</i>	<ol style="list-style-type: none"> Ambil potongan <i>puzzle</i> menggunakan <i>pinch gesture</i>. Pindahkan ke lokasi lain. Lepaskan <i>gesture</i>. 	Gerakan tangan yang membawa potongan <i>puzzle</i> ke posisi tertentu.	Potongan <i>puzzle</i> berpindah mengikuti pergerakan tangan dan berhenti ketika dilepas.	Berhasil
4	Penyelarasan otomatis ke grid	<ol style="list-style-type: none"> Pindahkan potongan <i>puzzle</i> ke dekat posisi yang benar. Lepaskan <i>pinch gesture</i>. 	Posisi potongan <i>puzzle</i> dekat dengan grid (± 20 px).	Potongan <i>puzzle</i> otomatis menempel pada posisi yang benar.	Berhasil
5	Kunci potongan yang sudah benar	<ol style="list-style-type: none"> Letakkan potongan <i>puzzle</i> di posisi yang benar. Coba pindahkan kembali. 	Potongan <i>puzzle</i> berada di grid yang sesuai dengan posisi aslinya.	Potongan tidak bisa dipindahkan lagi setelah dikunci.	Berhasil
6	Warna <i>border</i> potongan <i>puzzle</i>	<ol style="list-style-type: none"> Tempatkan potongan <i>puzzle</i> di posisi yang salah. Tempatkan potongan <i>puzzle</i> di posisi yang benar. 	Posisi potongan <i>puzzle</i> dalam grid.	Warna merah saat belum benar, hijau saat sudah benar.	Berhasil
7	Perpindahan level	<ol style="list-style-type: none"> Selesaikan semua potongan <i>puzzle</i> di level saat ini. 	Semua potongan terkunci dengan benar.	Level meningkat ke gambar berikutnya secara otomatis.	Berhasil
8	Notifikasi permainan selesai	<ol style="list-style-type: none"> Selesaikan semua level permainan. 	Semua potongan terkunci di level terakhir.	Teks " <i>Puzzle Selesai!</i> " muncul di layar.	Berhasil
9	Mode <i>fullscreen</i>	<ol style="list-style-type: none"> Jalankan <i>game</i>. Pastikan layar tampil penuh. 	Resolusi layar 1280x720.	Game berjalan dalam mode <i>fullscreen</i> .	Berhasil
10	Keluar dari permainan	<ol style="list-style-type: none"> Tekan tombol 'q' pada <i>keyboard</i>. 	Input tombol 'q'.	Permainan ditutup dan kamera dilepaskan.	Berhasil

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa Game Edukasi Puzzle Berbasis *Computer Vision Hand Tracking* berhasil dikembangkan dan berfungsi dengan baik dalam mengenali serta memproses interaksi tangan anak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua fitur utama game telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan, termasuk deteksi tangan, pengenalan *gesture* mencubit (*pinch gesture*), pemindahan dan penyelarasan otomatis potongan *puzzle*, serta mekanisme penguncian potongan yang sudah benar. Selain itu, fitur tambahan seperti perubahan warna border untuk memberikan umpan balik visual, perpindahan level otomatis, notifikasi permainan selesai, dan mode fullscreen telah beroperasi dengan baik tanpa kendala. Hal ini membuktikan bahwa game ini mampu memberikan pengalaman bermain yang interaktif dan edukatif dengan menggunakan teknologi *Hand Tracking* berbasis *Computer Vision*.

Dengan demikian, game ini dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang inovatif bagi anak usia dini dalam mengasah keterampilan motorik halus dan kognitif mereka. Keberhasilan sistem dalam mengimplementasikan fitur-fitur yang dirancang juga menunjukkan potensi lebih lanjut dalam pengembangan game edukasi berbasis teknologi interaksi tangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Rahmayuni and N. Hazizah, "Penggunaan Permainan Hulahop dalam Mengembangkan Kemampuan Motorik Kasar Anak Usia Dini," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 4, no. 1, pp. 535–541, Apr. 2020, doi: 10.31004/jptam.v4i1.495.
- [2] A. M. Chalik, B. A. Qowy, F. Hanafi, and A. Nuraminah, "Mouse Tracking Tangan dengan Klasifikasi Gestur menggunakan OpenCV dan MediaPipe," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Komunikasi (JUITIK)*, vol. 1, no. 2, pp. 10–18, July. 2021, doi: 10.55606/juitik.v1i2.323.
- [3] D. Khairianto and R. Firdaus, "Penerapan Hand Gesture Recognition sebagai Media Kontrol Presentasi Aplikasi PowerPoint," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, vol. 8, no. 2, pp. 1852-1860, Apr. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9167.
- [4] A. Setiawan, H. Praherdhiono, and S. Sulthoni, "Penggunaan Game Edukasi Digital sebagai Sarana Pembelajaran Anak Usia Dini," *Jurnal Inovasi dan Teknologi Pembelajaran (JINOTEP)*, vol. 6, no. 1, pp. 39-44, July. 2019, doi: 10.17977/um031v6i12019p039.
- [5] V. Križnar, M. Leskovšek, and B. Batagelj, "Use of Computer Vision Based Hand Tracking in Educational Environments," in *2021 IEEE 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, Opatija: IEEE, Nov. 2021, pp. 4–17. doi: 10.23919/MIPRO52101.2021.9596976.
- [6] S. N. Budiman, S. Lestanti, S. M. Evvandri, and R. K. Putri, "Pengenalan Gestur Gerakan Jari untuk Mengontrol Volume di Komputer menggunakan Library Opencv dan MediaPipe," *Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, vol. 16, no. 2, pp. 223–232, Nov. 2022, doi: 10.35457/antivirus.v16i2.2508.
- [7] S. Irviantina, D. A. Wijaya, D. R. Situmorang, and N. M. J. Nasution, "Deteksi Bahasa Isyarat Berdasarkan Abjad menggunakan Metode LSTM (Long Short-Term Memory)," *Majalah Ilmiah METHODODA*, vol. 14, no. 3, pp. 371-376, Dec. 2024, doi: 10.46880/methoda.Vol14No3.pp371-376.
- [8] H. Nurul, D. M. K. Nugraheni, B. Noranita, and N. Bahtiar, "Pengembangan Game Edukasi Digital Tema Seni dan Bahasa dengan Metode Multimedia Development Life Cycle," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 14, no. 3, pp. 302-310, Aug. 2024, doi: 10.21456/vol14iss3pp302-310.
- [9] D. I. Mulyana, Rasiban, Sutisna, and S. F. Banase, "Optimasi Deteksi Gerak Bahasa Isyarat dan Ekpresi Wajah Real Time dengan Metode Random Forest," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (JTik)*, vol. 9, no. 1, pp. 277–284, Jan. 2025, doi: 10.35870/jtik.v9i1.3188.
- [10] M. Sari and E. R. Jamzuri, "Hand Sign Recognition of Indonesian Sign Language System SIBI Using Inception V3 Image Embedding and Random Forest," *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi (RESTI)*, vol. 9, no. 2, pp. 258-265, Mar. 2025, doi: 10.29207/resti.v9i2.6156.
- [11] P. T. D. Faradisha and D. P. Ambara, "Permainan Puzzle berbasis Multimedia Interaktif untuk Menstimulus Kognitif Anak Usia Dini," *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini Undiksha (PAUD)*, vol. 10, no. 1, pp. 153–162, Jul. 2022, doi: 10.23887/paud.v10i1.47136.
- [12] T. Mado, "Aplikasi Multimedia Pembelajaran Huruf dan Angka untuk Anak - Anak", *HOAQ: Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, pp. 38–44, May. 2021, doi: 10.52972/hoaq.vol12no1.p38-44.
- [13] Supiyandi, A. Sitorus, N. Fitriah, H. Virul, and S. P. Rangkuti, "Pendeteksi Gerakan pada Vidio menggunakan Python dan OpenCV," *Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 6, pp. 334–343, Nov. 2024, doi: 10.61132/merkurius.v2i6.522.
- [14] U. E. E. Rasmani, N. E. Nurjanah, J. Jumiatmoko, Y. K. W. Widiastuti, P. Agustina, and M. D. P. Nazidah, "Multimedia Interaktif PAUD dalam Perspektif Merdeka Belajar," *Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, vol. 6, no. 5, pp. 5397–5405, Aug. 2022, doi: 10.31004/obsesi.v6i5.2962.

