

## SOROBAN DIGITAL BERBASIS *COMPUTER VISION* DETEKSI *GESTURE* JARI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF

Zudha Pratama <sup>1)</sup>, Wildan Mahmud <sup>2)</sup>, Moch. Sjamsul Hidajat <sup>3)</sup>, Dibyo Adi Wibowo <sup>4)</sup>, Didik Hermanto <sup>5)</sup>

<sup>1)3)4)5)</sup> Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

<sup>2)</sup> Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

email: [zudhapratama@dsn.dinus.ac.id](mailto:zudhapratama@dsn.dinus.ac.id) <sup>1)</sup>, [wildan.mahmud@dsn.dinus.ac.id](mailto:wildan.mahmud@dsn.dinus.ac.id) <sup>2)</sup>, [moch.sjamsul.hidajat@dsn.dinus.ac.id](mailto:moch.sjamsul.hidajat@dsn.dinus.ac.id) <sup>3)</sup>, [dibyoadiwibowo@dsn.dinus.ac.id](mailto:dibyoadiwibowo@dsn.dinus.ac.id) <sup>4)</sup>, [didik.hermanto@dsn.dinus.ac.id](mailto:didik.hermanto@dsn.dinus.ac.id) <sup>5)</sup>

### INFO ARTIKEL

#### Riwayat Artikel:

Diterima April, 2026

Revisi Mei, 2026

Terbit Mei, 2026

### ABSTRAK

Pembelajaran matematika di sekolah dasar membutuhkan media konkret untuk membantu siswa memahami konsep bilangan dan operasi aritmetika dasar. Soroban (abakus Jepang) telah lama menjadi alat manipulatif yang efektif, namun penggunaannya menurun seiring pergeseran menuju pembelajaran digital. Penelitian ini bertujuan mengembangkan simulasi soroban digital yang dikendalikan dengan gesture jari secara *real-time* melalui *computer vision* sebagai media pembelajaran interaktif bagi siswa sekolah dasar. Sistem dibangun menggunakan *Python*, *OpenCV*, dan *MediaPipe Hands* untuk mendeteksi posisi jari serta *gesture pinch* sebagai mekanisme utama dalam menggerakkan *bead* soroban digital. Metode penelitian meliputi perancangan sistem, implementasi perangkat lunak, dan evaluasi pengguna untuk mengukur kemudahan penggunaan, interaktivitas, serta pemahaman konsep bilangan. Hasil yang diharapkan adalah media pembelajaran yang intuitif, menarik, dan mudah diakses tanpa perangkat tambahan, dengan kebaruan berupa integrasi soroban digital dan kendali *gesture* alami berbasis *computer vision*.

#### Kata Kunci :

Soroban Digital; *Computer Vision*; *Gesture Recognition*; *MediaPipe*; Media Pembelajaran

### ABSTRACT

Mathematics learning in elementary schools requires concrete media to help students understand number concepts and basic arithmetic operations. The soroban (Japanese abacus) has long been an effective manipulative tool, but its use has declined with the shift toward digital learning. This study aims to develop a digital soroban simulation controlled by real-time finger gestures through computer vision as an interactive learning medium for elementary students. The system was built using Python, OpenCV, and MediaPipe Hands to detect finger positions and pinch gestures as the main interaction for moving soroban beads. The research method includes system design, software implementation, and user evaluation with elementary students to measure usability, interactivity, and understanding of number concepts. The expected outcome is an intuitive, engaging, and accessible learning medium without additional devices, offering novelty in integrating digital soroban with natural gesture control via computer vision.

#### Keywords:

Digital Soroban; *Computer Vision*; *Gesture Recognition*; *MediaPipe*; Learning Media

### Penulis Korespondensi:

Zudha Pratama

Teknik Informatika, Fakultas Ilmu  
Komputer, Universitas Dian  
Nuswantoro

Email:

[zudhapratama@dsn.dinus.ac.id](mailto:zudhapratama@dsn.dinus.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika pada jenjang sekolah dasar menuntut penggunaan media konkret yang mampu menjembatani konsep abstrak menjadi representasi visual yang mudah dipahami oleh siswa. Konsep bilangan, nilai tempat, serta operasi hitung dasar merupakan fondasi penting dalam perkembangan kemampuan numerasi anak. Namun, karakter abstrak dari konsep-konsep tersebut seringkali menjadi hambatan bagi siswa yang masih berada pada tahap perkembangan kognitif operasional konkret menurut teori Piaget. Oleh karena itu, media manipulatif seperti soroban (abakus Jepang) telah lama digunakan sebagai alat bantu pembelajaran yang efektif karena memungkinkan siswa melakukan manipulasi fisik terhadap *bead* untuk merepresentasikan nilai bilangan secara langsung. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan soroban dapat meningkatkan kemampuan berhitung, pemahaman nilai tempat, serta ketelitian siswa dalam melakukan operasi aritmetika [1], [2]. Soroban juga terbukti membantu siswa mengembangkan strategi *mental arithmetic* melalui proses internalisasi pola pergerakan *bead* [3].

Di sisi lain, perkembangan teknologi *computer vision* membuka peluang baru dalam menciptakan media pembelajaran digital yang tetap mempertahankan aspek manipulatif. Teknologi seperti *MediaPipe Hands* memungkinkan deteksi posisi jari dan *gesture* tangan secara *real-time* hanya dengan menggunakan kamera standar. Hal ini memungkinkan interaksi manusia-komputer yang lebih natural tanpa perangkat tambahan seperti *mouse*, *keyboard*, atau *touchscreen*. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *gesture recognition* dapat digunakan untuk meningkatkan interaktivitas dalam pembelajaran.

Meskipun terdapat beberapa aplikasi soroban digital, sebagian besar masih mengandalkan interaksi berbasis klik atau sentuhan layar, sehingga belum sepenuhnya menggantikan pengalaman manipulatif soroban fisik. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan soroban digital dengan kendali *gesture* berbasis *computer vision* masih sangat terbatas, terutama dalam konteks pembelajaran matematika untuk anak sekolah dasar.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan simulasi soroban digital berbasis *computer vision* yang dikendalikan menggunakan *gesture* jari secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk mempertahankan karakteristik manipulatif soroban fisik, namun disajikan dalam bentuk digital yang lebih modern, interaktif, dan mudah diakses. Penelitian ini bertujuan untuk (1) merancang dan mengimplementasikan soroban digital dengan kendali *gesture* jari, serta (2) mengevaluasi efektivitas dan kemudahan penggunaan media tersebut sebagai alat bantu pembelajaran matematika bagi siswa sekolah dasar.

Soroban merupakan alat hitung tradisional Jepang yang terdiri dari *bead* yang dapat digeser untuk merepresentasikan nilai bilangan. Penggunaan soroban dalam pembelajaran matematika telah terbukti meningkatkan kemampuan berhitung, pemahaman nilai tempat, serta ketelitian siswa [1], [2]. Soroban digital yang akan dibuat juga mendukung pembelajaran berbasis manipulatif, di mana siswa belajar melalui tindakan langsung (*learning by doing*). Penelitian Wulandari menunjukkan bahwa aplikasi digital interaktif sederhana dapat meningkatkan motivasi belajar siswa melalui pendekatan *discovery learning* [4].

Media digital telah menjadi bagian penting dalam pembelajaran. Namun, banyak aplikasi matematika digital yang hanya menampilkan visualisasi tanpa memberikan pengalaman manipulatif yang mendalam. Hal ini menyebabkan siswa kehilangan kesempatan untuk memahami konsep melalui interaksi fisik. Oleh karena itu, diperlukan media digital yang tetap mempertahankan karakteristik manipulatif seperti soroban fisik.

*Computer vision* memungkinkan komputer mengenali objek, pola, dan gerakan manusia melalui kamera. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah *MediaPipe Hands* [5], yang mampu mendeteksi 21 titik *landmark* pada tangan secara *real-time* [6]. Teknologi ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk *game* edukasi matematika, sistem interaksi manusia-komputer, dan alat bantu pembelajaran berbasis *gesture* [7], [8]. *Gesture* seperti *pointing* dan *pinch* dapat digunakan sebagai mekanisme interaksi intuitif yang mudah dipahami oleh anak-anak.

Beberapa penelitian telah mengembangkan aplikasi pembelajaran berbasis *gesture*. *MediaPipe* untuk mengembangkan *game* matematika berbasis *gesture* dan menemukan bahwa interaksi *gesture* meningkatkan keterlibatan siswa [9]. Sistem deteksi *gesture* untuk pembelajaran berhitung dan menunjukkan bahwa *gesture recognition* dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap operasi dasar [10], [11]. Namun, belum ada penelitian yang secara khusus mengintegrasikan soroban digital dengan kendali *gesture* berbasis *computer vision*.

**Tabel 1.** Tabel *state of the art* penelitian

Penelitian	Fokus	Teknologi	Hasil Utama	Gap
Wulandari dan Santoso [4]	Media Pembelajaran matematika digital	Aplikasi pembelajaran interaktif	Meningkatkan motivasi belajar siswa	Belum mendukung interaksi <i>gesture</i> dan manipulasi numerik secara langsung
Pratama dan Saputra [9]	<i>Game</i> edukasi berbasis <i>computer vision</i>	<i>OpenCV</i> dan <i>MediaPipe</i>	<i>Gesture</i> meningkatkan keterlibatan pengguna	Fokus pada <i>game</i> edukasi bukan media manipulatif numerasi
Setiadi dan Utami [10]	<i>Gesture recognition</i> untuk pembelajaran berhitung	<i>Computer vision</i>	Membantu pemahaman operasi dasar matematika	Tidak mengimplementasikan soroban digital
Thompson dan Davis [12]	Interaksi <i>gesture</i> pada <i>virtual learning</i>	<i>Gesture</i> dan <i>voice recognition</i>	Interaksi lebih natural dalam pembelajaran virtual	Tidak dirancang untuk pembelajaran numerasi anak sekolah dasar
Meng et al. [5]	<i>Real-time hand gesture recognition</i>	<i>MediaPipe Hands</i>	Deteksi <i>gesture real-time</i> dengan akurasi tinggi	Tidak diterapkan pada media pembelajaran manipulatif matematika

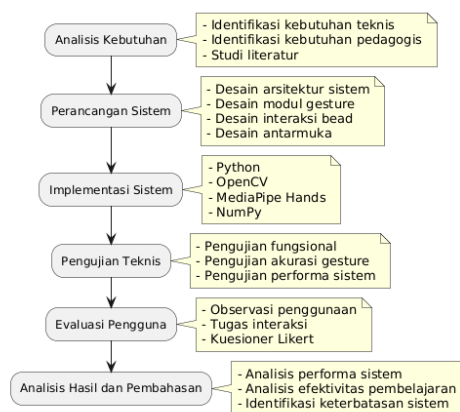
Berdasarkan Tabel 1., sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada aplikasi *gesture recognition* untuk *game* edukasi atau interaksi virtual umum. Penelitian mengenai media pembelajaran matematika digital juga umumnya belum menyediakan pengalaman manipulatif berbasis *gesture* yang menyerupai penggunaan media fisik secara langsung. Soroban digital yang telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya sebagian besar masih menggunakan interaksi berbasis klik atau sentuhan layar, sehingga pengalaman manipulatif pengguna belum optimal. Selain itu, penelitian *gesture recognition* untuk pembelajaran matematika masih terbatas pada permainan edukatif dan belum banyak diterapkan pada media manipulatif numerik [12], [13]. Integrasi antara soroban digital, *computer vision*, dan *gesture recognition* dalam konteks pembelajaran numerasi siswa sekolah dasar juga masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan soroban digital berbasis *computer vision* dengan kendali *gesture* alami secara *real-time* untuk mendukung pembelajaran numerasi yang lebih interaktif dan manipulatif. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi soroban digital dengan deteksi *gesture* berbasis *computer vision* yang memungkinkan interaksi alami tanpa memerlukan perangkat tambahan khusus.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design Science Research* (DSR), yaitu metode penelitian yang berfokus pada perancangan, pengembangan, dan evaluasi artefak teknologi untuk menyelesaikan permasalahan tertentu. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya bertujuan membangun sistem soroban digital berbasis *gesture*, tetapi juga mengevaluasi efektivitasnya sebagai media pembelajaran interaktif. Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian teknis, evaluasi pengguna, serta analisis hasil.

### 2.2 Tahapan Penelitian



**Gambar 1.** Diagram alur penelitian dengan pendekatan *Design Science Research*

Gambar 1., menunjukkan alur metodologi penelitian yang dimulai dari tahap analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi kebutuhan teknis dan pedagogis sistem. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem yang meliputi desain arsitektur, modul *gesture*, interaksi *bead*, dan antarmuka pengguna. Sistem kemudian diimplementasikan menggunakan *Python*, *OpenCV*, *MediaPipe Hands*, dan *NumPy*. Setelah implementasi selesai, dilakukan pengujian teknis untuk mengukur fungsionalitas, akurasi *gesture*, dan performa sistem. Tahap akhir meliputi evaluasi pengguna dan analisis hasil untuk mengetahui efektivitas sistem sebagai media pembelajaran interaktif.

### 2.3 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisa kebutuhan dilakukan untuk menentukan spesifikasi teknis dan fungsional sistem soroban digital. Berdasarkan kajian pustaka dan observasi awal, sistem harus memenuhi beberapa kebutuhan berikut:

#### 1. Deteksi tangan dan *gesture*

Sistem harus mampu mendeteksi keberadaan tangan pengguna secara real-time serta mengidentifikasi posisi 21 titik landmark tangan menggunakan metode *MediaPipe Hands*. Selain itu, sistem juga harus dapat mengenali *gesture pointing* ketika jari telunjuk digunakan untuk menunjuk suatu area guna menentukan lokasi interaksi. Tidak hanya itu, sistem diharapkan mampu mengenali *gesture pinch*, yaitu ketika ibu jari dan jari telunjuk saling mendekat, yang digunakan sebagai mekanisme pemilihan dan penggerakan *bead* pada aplikasi.

#### 2. Interaksi dengan *bead* soroban

Sistem harus mampu mengidentifikasi *bead* yang disentuh atau dipilih melalui *gesture* pengguna, kemudian menggerakkan *bead* sesuai dengan arah pergerakan *gesture* yang dilakukan. Selain itu, sistem juga harus dapat memperbarui status *bead* menjadi aktif atau tidak aktif sesuai dengan aturan perhitungan pada soroban.

#### 3. Perhitungan nilai soroban

Sistem harus menghitung nilai bilangan berdasarkan posisi *bead* menggunakan rumus:

$$N = \sum_{i=0}^{k-1} (5 \cdot H_i + L_i) \cdot 10^i \quad (1)$$

$H_i$  = Status *bead* atas (0 atau 1)

$L_i$  = Jumlah *bead* bawah aktif (0-4)

$k$  = Jumlah kolom soroban

#### 4. Antarmuka pengguna

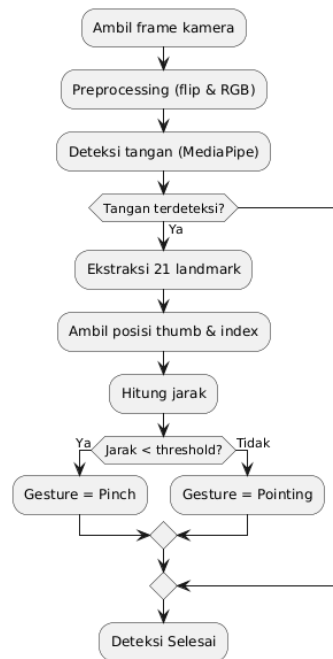
Sistem harus mampu menampilkan soroban digital dengan *bead* yang dapat digerakkan secara interaktif oleh pengguna. Selain itu, sistem juga harus dapat menampilkan nilai bilangan yang dihasilkan secara *real-time* berdasarkan posisi *bead* pada soroban. Untuk membantu pengguna memahami proses interaksi, sistem diharapkan menyediakan visualisasi *gesture* yang menunjukkan deteksi dan pergerakan tangan selama penggunaan aplikasi.

### 2.4 Desain Sistem

Desain sistem dilakukan untuk merancang arsitektur dan alur kerja aplikasi virtual soroban berbasis *gesture*, sehingga setiap komponen dapat terintegrasi dengan baik. Tahapan ini mencakup perancangan proses deteksi tangan menggunakan *MediaPipe*, pengolahan citra dengan *OpenCV*, pemetaan posisi jari terhadap area interaksi manik (*bead*), serta logika perhitungan nilai berdasarkan posisi *bead* yang aktif. Selain itu, desain sistem juga meliputi perancangan antarmuka visual yang menampilkan soroban digital secara interaktif, sehingga pengguna dapat melakukan manipulasi manik secara intuitif melalui gerakan tangan.

#### 1. Deteksi tangan dan *gesture*

Sistem pertama-tama mengambil *frame* dari kamera, kemudian melakukan *preprocessing* berupa *flip* dan konversi ke *RGB*. Setelah itu, *MediaPipe* digunakan untuk mendeteksi keberadaan tangan. Jika tangan terdeteksi, sistem mengekstraksi 21 titik *landmark*. Dari *landmark* tersebut, posisi ibu jari dan telunjuk diambil, lalu dihitung jaraknya. Apabila jarak lebih kecil dari ambang batas, *gesture* dikenali sebagai *pinch*. Jika lebih besar, *gesture* dikenali sebagai *pointing*. Dengan alur ini, sistem dapat membedakan dua jenis *gesture* utama secara *real-time*. Untuk lebih jelas terkait proses deteksi tangan dan *gesture* bisa dilihat pada Gambar 2.

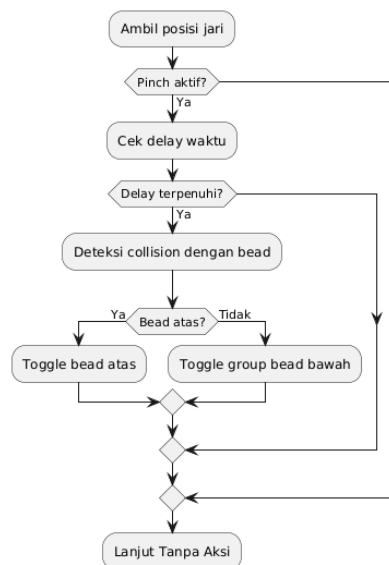


Gambar 2. Flowchart modul deteksi tangan dan *gesture*

Berdasarkan alur tersebut, sistem mampu membedakan *gesture pinch* dan *pointing* secara *real-time* sebagai mekanisme utama interaksi pada soroban digital.

## 2. Interaksi dengan *bead* soroban

Sistem mengambil posisi jari terlebih dahulu, kemudian memeriksa apakah *gesture pinch* aktif. Jika *pinch* terdeteksi, sistem mengecek apakah jeda waktu (*delay*) sudah terpenuhi agar interaksi tidak terjadi berulang terlalu cepat. Bila terpenuhi, sistem melakukan deteksi tabrakan (*collision*) antara posisi jari dengan *bead*. Jika yang terdeteksi adalah *bead* atas, maka *bead* tersebut di-*toggle* secara bebas. Jika yang terdeteksi adalah *bead* bawah, maka sistem mengeksekusi logika grup untuk menyesuaikan *bead* sesuai aturan soroban. Jika kondisi tidak terpenuhi, proses dilanjutkan tanpa aksi. Proses interaksi *bead* soroban dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart modul interaksi *bead*

Berdasarkan proses tersebut, terdapat tiga kemungkinan keluaran sistem. Pertama *toggle* terhadap *bead* atas atau *toggle* pada *bead* bawah atau langsung melanjutkan proses untuk *frame* berikutnya.

### 3. Perhitungan nilai soroban



Gambar 4. Flowchart perhitungan nilai soroban digital

Sistem pertama-tama memperbarui posisi *bead* sesuai interaksi pengguna. Setelah itu, nilai tiap kolom dihitung berdasarkan status *bead*. Jika *bead* atas aktif, nilainya ditambah 5. Sedangkan *bead* bawah dihitung berdasarkan jumlah *bead* aktif, masing-masing bernilai 1. Nilai dari setiap kolom kemudian diakumulasi untuk mendapatkan total. Hasil akhir perhitungan ditampilkan kepada pengguna sebagai representasi bilangan pada soroban digital.

## 2.5 Implementasi Sistem

### 1. OpenCV (cv2)

*OpenCV* merupakan *library* populer dalam *computer vision* yang mendukung berbagai operasi pengolahan citra dan video [6], [7], [14]. *OpenCV* digunakan untuk:

- Akuisisi citra dari kamera secara *real-time*.
- Pengolahan setiap *frame* video (misalnya konversi warna, *cropping*, dan *filtering*).
- Menampilkan antarmuka visual soroban digital secara langsung kepada pengguna.

### 2. MediaPipe Hands

*MediaPipe* dikembangkan oleh *Google Research* dan telah banyak digunakan dalam aplikasi *gesture recognition* interaktif. *MediaPipe Hands* dimanfaatkan untuk:

- Deteksi *landmark* tangan (21 titik) secara *real-time*.
- Pelacakan posisi jari dengan akurasi tinggi.
- Pengenalan *gesture* seperti *pointing* dan *pinch* berdasarkan jarak antar *landmark*.

### 3. NumPy

*NumPy* merupakan *library* fundamental untuk komputasi numerik di *Python* dan sering digunakan dalam penelitian berbasis data multidimensi. *NumPy* digunakan untuk:

- Perhitungan matematis berbasis *array*.
- Analisis jarak antar *landmark* tangan
- Manipulasi data koordinat untuk mendukung logika interaksi *bead* dan perhitungan nilai soroban.

## 2.6 Pengujian Teknis

Pengujian teknis dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai fungsi. Pengujian meliputi:

### 1. Pengujian Fungsional

Pengujian sistem dilakukan untuk mengukur apakah *gesture* pengguna dapat dikenali dengan benar oleh sistem, apakah *bead* pada soroban digital dapat dipilih dan digerakkan sesuai interaksi pengguna, serta apakah nilai perhitungan pada soroban dapat dihitung dan ditampilkan dengan tepat sesuai posisi *bead*.

2. Pengujian Akurasi *Gesture*

Akurasi dihitung menggunakan:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ deteksi\ benar}{Total\ percobaan} \times 100\% \quad (2)$$

Pengujian dilakukan sebanyak 100 percobaan *gesture pinch*.

3. Pengujian Performa

Parameter yang diuji dalam penelitian ini meliputi *FPS (Frame Per Second)* untuk mengukur kelancaran proses deteksi dan interaksi secara *real-time*, serta *latency* atau waktu respons untuk mengukur kecepatan sistem dalam merespons *gesture* pengguna saat melakukan interaksi dengan soroban digital. Pengujian dilakukan pada laptop dengan spesifikasi standar (*Intel i5, RAM 16 GB*).

2.7 Evaluasi Pengguna

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas sistem sebagai media pembelajaran [15].

1. Subjek Penelitian

- a. 20 siswa sekolah dasar kelas 1-3.
- b. Dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* karena siswa kelas 1–3 sekolah dasar merupakan kelompok yang sedang mempelajari konsep numerasi dasar sehingga sesuai dengan tujuan penggunaan soroban sebagai media pembelajaran.

2. Instrumen Evaluasi

- a. Observasi, untuk melihat kemampuan siswa dalam menggunakan sistem.
- b. Tugas penggunaan, siswa diminta:
  - i) Menggerakkan bead.
  - ii) Membentuk angka tertentu.
  - iii) Melakukan operasi penjumlahan sederhana.
- c. Kuesioner skala likert (1-5), indikator:
  - i) Kemudahan penggunaan.
  - ii) Kesenangan belajar.
  - iii) Pemahaman konsep bilangan.

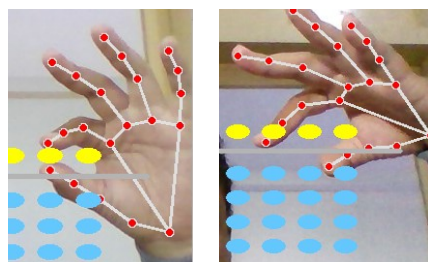
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil pengembangan sistem soroban digital berbasis *computer vision*, hasil pengujian teknis, serta evaluasi pengguna. Seluruh temuan dianalisis secara deskriptif dan dikaitkan dengan teori maupun penelitian terdahulu untuk memperkuat interpretasi.

3.1. Hasil Implementasi dari Desain Sistem

1. Deteksi *gesture*

Sistem menggunakan *MediaPipe Hands* untuk mendeteksi *landmark* tangan secara *real-time*. Posisi ibu jari dan telunjuk digunakan untuk menghitung jarak antar jari sebagai parameter *gesture pinch*. Jika jarak berada di bawah ambang batas tertentu, sistem mengenali *gesture pinch* yang digunakan sebagai input interaksi pada soroban digital. Jika terdeteksi *gesture pointing* maka interaksi dianggap bukan sebagai inputan dan *bead* tidak mengalami pergerakan. Proses ini memungkinkan interaksi pengguna berjalan lebih stabil dan natural.



Gambar 5. Landmark interaksi *gesture pinch* (kiri) dan interaksi *gesture pointing* (kanan)

2. Interaksi *bead* dengan jari

Interaksi *bead* dilakukan berdasarkan posisi jari pengguna terhadap area *bead* pada soroban digital. Setelah *gesture pinch* terdeteksi seperti pada Gambar 5., sistem menentukan *bead* yang dipilih dan memperbarui status *bead* sesuai aturan soroban. Pada *bead* bagian atas digunakan mekanisme *toggle*, sedangkan *bead* bagian bawah menggunakan logika grup untuk menjaga konsistensi representasi nilai bilangan. Selain itu, sistem menerapkan *delay* interaksi untuk mengurangi deteksi berulang dalam waktu singkat.

3. Perhitungan nilai

Perhitungan nilai dilakukan berdasarkan posisi *bead* yang aktif pada setiap kolom soroban. Sistem menggabungkan nilai *bead* atas dan jumlah *bead* bawah aktif, kemudian menyesuaikannya dengan posisi digit seperti satuan, puluhan, dan ratusan. Hasil akhir perhitungan ditampilkan secara *real-time* kepada pengguna.

4. Antarmuka pengguna



Gambar 6. Antarmuka pengguna soroban digital

Gambar 6., menunjukkan implementasi sistem virtual soroban berbasis *gesture* yang mampu mendeteksi posisi tangan pengguna secara *real-time* menggunakan deteksi *gesture*. Posisi tangan digunakan untuk berinteraksi dengan *bead* soroban digital, di mana *bead* atas merepresentasikan nilai lima dan *bead* bawah merepresentasikan nilai satu. Sistem kemudian menghitung dan menampilkan nilai soroban secara otomatis berdasarkan posisi *bead* yang aktif.

Saat jari pengguna mendekati atau menyentuh area *bead*, sistem mendeteksi interaksi tersebut dan mengubah posisi manik secara virtual, yang selanjutnya dikonversi menjadi nilai numerik. Hal ini ditunjukkan dengan munculnya hasil perhitungan “Nilai: 2100” pada layar. Dengan demikian, sistem ini telah berhasil mengintegrasikan teknologi pengolahan citra, deteksi *gesture*, simulasi soroban, serta perhitungan otomatis dalam satu kesatuan aplikasi interaktif.

### 3.2. Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk menilai performa dari aspek kecepatan pemrosesan, akurasi deteksi *gesture*, dan waktu respons interaksi.

Tabel 2. Hasil pengujian

Parameter Pengujian	Hasil	Keterangan
Kecepatan pemrosesan (FPS)	18–29 FPS	Stabil, <i>real-time</i>
Akurasi deteksi <i>gesture pinch</i>	82 %	Dari 100 percobaan
Waktu respons sistem	22–180 ms	Hampir instan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu berjalan stabil dengan kecepatan rata-rata 18–29 *frame* per detik, sehingga mendukung pemrosesan *real-time*. Akurasi *gesture pinch* sebesar 82% menunjukkan bahwa sistem telah mampu mengenali interaksi pengguna dengan cukup baik pada kondisi *real-time*. Namun, beberapa kegagalan deteksi masih terjadi akibat perubahan pencahayaan. Pada kondisi cahaya redup, kualitas *frame* kamera menurun sehingga beberapa *landmark* tangan tidak dapat terdeteksi secara stabil oleh *MediaPipe Hands*. Selain itu, pergerakan tangan yang cepat menyebabkan *motion blur* dan perubahan posisi *landmark* yang terlalu signifikan antar *frame*, sehingga sistem gagal mengenali *gesture pinch* secara konsisten.

Faktor lain yang mempengaruhi kegagalan deteksi adalah *occlusion* atau posisi jari yang saling menutupi. Kondisi ini menyebabkan sebagian *landmark* tangan tidak terlihat oleh kamera sehingga proses *tracking* menjadi kurang akurat. Berdasarkan observasi selama pengujian, kegagalan deteksi lebih sering terjadi ketika pengguna melakukan *pinch* dengan sudut tangan miring terhadap kamera atau ketika jarak tangan terlalu dekat dengan kamera. Meskipun demikian, sistem masih mampu mempertahankan performa interaksi secara umum pada kondisi pencahayaan normal dan gerakan tangan yang stabil.

Sementara itu, waktu respons sistem berada pada kisaran 22–180 milidetik, sehingga interaksi terasa hampir instan. Secara keseluruhan, hasil ini membuktikan bahwa soroban digital berbasis *gesture* dapat berfungsi dengan baik dan responsif sebagai media pembelajaran interaktif [10].

### 3.3. Hasil Evaluasi Pengguna

#### 1. Hasil observasi

Sebanyak 70% siswa mampu menyelesaikan seluruh tugas tanpa bantuan setelah sesi pengenalan singkat selama 5 menit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem relatif mudah dipahami dan tidak memerlukan instruksi kompleks. Sisanya memerlukan arahan tambahan, terutama dalam penggunaan *gesture pinch*, yang membutuhkan koordinasi motorik halus.

#### 2. Hasil kuesioner

Penilaian kuantitatif menggunakan skala Likert (1–5) menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil kuesioner

Indikator Penilaian	Skor Rata-rata
Kemudahan penggunaan	3,6
Kesenangan belajar	4,6
Pemahaman konsep bilangan	4,2

Pada Tabel 3., menunjukkan skor tertinggi terdapat pada indikator kesenangan belajar (4,6), menunjukkan siswa merasa antusias dan menikmati penggunaan soroban digital berbasis *gesture*. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa interaksi berbasis *gesture* dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran [6]. Selain itu, penggunaan interaksi berbasis *gesture* juga membantu siswa memahami konsep bilangan secara lebih visual dan manipulatif melalui keterlibatan motorik secara langsung.

Dibandingkan dengan aplikasi soroban digital berbasis klik *mouse* atau *touchscreen*, pendekatan *gesture* berbasis *computer vision* pada penelitian ini memberikan pengalaman interaksi yang lebih natural dan menyerupai manipulasi soroban fisik secara langsung. Interaksi tanpa sentuhan perangkat juga meningkatkan aspek keterlibatan motorik pengguna sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif.

Namun demikian, sistem berbasis *gesture* memiliki tantangan tersendiri dibandingkan sistem klik atau *touchscreen*. Interaksi berbasis klik cenderung lebih stabil karena tidak dipengaruhi kondisi pencahayaan maupun posisi tangan pengguna. Sementara itu, sistem *gesture* sangat bergantung pada kualitas deteksi *landmark* tangan secara *real-time*. Oleh karena itu, pendekatan *gesture* lebih unggul dari sisi pengalaman interaktif dan naturalitas penggunaan, sedangkan pendekatan klik atau *touchscreen* masih memiliki keunggulan dari sisi kestabilan input dan akurasi interaksi

### 3.4. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem *gesture recognition* berbasis *MediaPipe Hands* masih sensitif terhadap kondisi pencahayaan dan *occlusion* posisi tangan pengguna, sehingga akurasi deteksi *gesture* dapat menurun pada kondisi tertentu. Selain itu, *gesture* yang digunakan dalam penelitian ini masih terbatas pada *pointing* dan *pinch* sebagai mekanisme interaksi namun hanya *pinch* yang digunakan sebagai input. Pengujian sistem juga dilakukan menggunakan perangkat dengan spesifikasi standar dan jumlah responden yang relatif terbatas, sehingga hasil evaluasi belum dapat merepresentasikan seluruh kondisi penggunaan secara umum. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan *robustness* sistem, menambah variasi *gesture*, serta mendukung pengujian pada lingkungan dan perangkat yang lebih beragam.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan simulasi soroban digital berbasis *computer vision* dengan kendali *gesture* jari menggunakan *MediaPipe Hands*. Sistem mampu memberikan pengalaman interaksi *real-time* yang memiliki dampak positif terhadap kemampuan numerasi anak [15]. Hasil pengujian teknis menunjukkan performa yang stabil, sementara evaluasi pengguna mengindikasikan bahwa media ini mudah digunakan, menyenangkan, dan meningkatkan pemahaman konsep bilangan pada siswa sekolah dasar. Pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan akurasi *gesture* dan dukungan variasi *gesture* yang lebih kompleks untuk meningkatkan interaktivitas sistem.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Kurniawan and S. Hidayat, "Differences in Student Learning Outcomes Between Multiplication Board and Abacus Media," *Int. J. Curr. Anal. Res. IJCAR*, vol. 7, no. 1, 2025, [Online]. Available: <https://www.das-institute.com/journal/index.php/ijcar/article/view/623>
- [2] I. Lestari and P. Rahayu, "The Impact of Using Abacus Media in Lower Grade Mathematics Learning," *Mathema J.*, vol. 4, no. 2, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.bbg.ac.id/mathema/article/view/458>
- [3] P. Saraswati and A. Budiyanto, "Enhancing Early Childhood Numeracy: The Impact of Abacus Activities," *Bali Abacus House Guid. Inst. Res.*, 2026, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/390472316>
- [4] R. Wulandari and B. Santoso, "Media Pembelajaran Abad 21: Pemanfaatan Teknologi Digital di Sekolah Dasar," *Pros. Semin. Pendidik. Dasar*, 2021.
- [5] Y. Meng, H. Jiang, N. Duan, and H. Wen, "Real-Time Hand Gesture Monitoring Model Based on MediaPipe's Registerable System," *Sensors*, vol. 24, no. 19, 2024, doi: 10.3390/s24196262.
- [6] L. Zhang, Y. Wang, and H. Chen, "Dynamic Hand Gesture Recognition Using MediaPipe and Transformer," *MDPI Electron.*, vol. 14, no. 2, 2025, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2673-4591/108/1/22>
- [7] M. Liu and W. Zhao, "Design and Implementation of Hand Gesture Detection System Using HM Model," *J. Comput. Commun.*, vol. 12, no. 3, 2024, [Online]. Available: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=132411>
- [8] A. Nugroho and H. Wijaya, "Development of Computer Vision-Based Sciences Educational Games for Elementary Schools," *Int. J. Educ. Technol.*, 2026.
- [9] A. Pratama and R. Saputra, "Implementasi Komputer Vision pada Game Edukasi Bangun Ruang untuk Anak Usia Dini," *J. Satya Inform.*, vol. 9, no. 1, 2025, [Online]. Available: <https://ojs-teknik.usni.ac.id/index.php/jsk/article/view/748>
- [10] B. Setiadi and S. Utami, "Assistive Technology Innovation Based on Visual Feedback and Computer Vision," *J. Pendidik. Khusus*, vol. 18, no. 2, 2026, [Online]. Available: <https://journal-fip.um.ac.id/index.php/jppplb/article/view/3695>
- [11] A. Fauzi and M. Sari, "Augmented Reality and Computer Vision in Elementary Math Education," *J. Basic Educ. Stud.*, 2022.
- [12] M. Thompson and S. Davis, "Interactive Design With Gesture and Voice Recognition in Virtual Teaching Environments," *IEEE Xplore*, 2024, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10379067>
- [13] V. Patel and S. Kumar, "Presentation and Multimedia Control Using Hand Gestures," *IJRASET*, vol. 14, 2026, [Online]. Available: <https://www.ijraset.com/best-journal/presentation-and-multimedia-control-using-hand-gestures>
- [14] R. Sharma and A. Gupta, "AI-Powered Handwritten Equation Solver Using Mediapipe and Deep Learning," *Int. J. Creat. Res. Thoughts IJCRT*, vol. 13, no. 6, 2025, [Online]. Available: <https://ijcrt.org/papers/IJCRT2506359.pdf>
- [15] T. Hidayat and J. Kusuma, "Real-time Finger Tracking and Gesture Recognition for Mathematical Learning Tools," *J. Teknol. Pendidik.*, 2024