



PROTEKSI ISI PROPOSAL

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi proposal ini dalam bentuk apapun kecuali oleh pengusul dan pengelola administrasi penelitian dan pengabdian kepada masyarakat

PROPOSAL PENELITIAN

Rencana Pelaksanaan Penelitian: tahun 2026 s.d. tahun 2026
NO. DOKUMEN: PP-25070100736

1. JUDUL PENELITIAN

Optimasi Algoritma Computer Vision Berbasis Machine Learning pada Aplikasi Augmented Reality (AR) untuk Pembelajaran Matematika

Bidang Fokus	Tema	Topik (jika ada)	Prioritas Riset
Produk rekayasa keteknikan	Pengembangan sistem berbasis Kecerdasan buatan	Pengembangan aplikasi sistem cerdas	Kecerdasan buatan

Rumpun Ilmu Level 1	Rumpun Ilmu Level 2	Rumpun Ilmu Level 3
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM (MIPA)	MATEMATIKA	Ilmu Komputer

Skema Penelitian	Strata (Dasar/Terapan/Pengembangan)	Nilai SBK	Target Akhir TKT	Lama Kegiatan
Penelitian Dosen Pemula	Riset Dasar	50.000.000	2	1 Tahun

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Jenis	Program Studi/Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta
WELLY FRANSISKA 0220018803 Ketua Pengusul Universitas Lembah Dempo	Dosen	Sains Data	) Mengkoordinasikan penelitian secara keseluruhan Laporan sampao Luaran, 2) Menyusun analisis data nilai matematika siswa, 3) Mengawasi pengumpulan dan pengolahan 4) Meng implementasi AR pada anak-anak 5) Mengelola anggaran 6) Melakukan publikasi hasil penelitian dalam jurnal ilmiah serta menyusun laporan akhir penelitian.	6958529
DESI PUSPITA 0202028601 Anggota Institut Teknologi Pagar Alam	Dosen	Teknik Informatika	1) Penanggung jawab IT, 2) Membangun Machine Learning dan AR. 3) Menerapkan dan mengevaluasi model machine learning yang digunakan 4) Melakukan uji coba dan evalausi 5) Menyusun laporan kemajuan penelitian dan laporan akhir penelitian dan dokumentasinya	6089782
TRI SUSANTI 0225039701 Anggota Institut Teknologi Pagar Alam	Dosen	Teknik Informatika	1) Mengkoordinasikan lapangan, 2) Analisa pretest dan post test, 3) Pendampingan guru dan siswa di lapangan	6763029
Pipin Julianti 2494088	Mahasiswa	Sains Data	1. Mendokumentasikan kegiatan	-

Nama, Peran	Jenis	Program Studi/Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta
Mahasiswa Universitas Lembah Dempo			2. Membuat video kegiatan 3. membuat poster 4. membuat power point	
Chi Chi Kirana 2449010 Mahasiswa Universitas Lembah Dempo	Mahasiswa	Sain Data	1. Mendokumentasikan kegiatan 2. Membuat video kegiatan 3. membuat poster 4. membuat power point	-

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (Jika Ada)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra	Dana
-------	------------	------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Kategori Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian	Keterangan
1	Artikel di Jurnal	Artikel di Jurnal Bereputasi Nasional Terindeks SINTA 1-4	Accepted/Published	https://ojs.uma.ac.id/index.php/jite

5. BIDANG STRATEGIS

8 Bidang Strategis	Rumusan Masalah	Uraian
6. Digitalisasi: AI & Semikonduktor	6.8 Kurangnya Talenta AI dan Semikonduktor dengan Reputasi Global	Penelitian ini melibatkan sumber daya manusia lintas disiplin untuk menjamin keberhasilan pengembangan dan implementasi aplikasi Augmented Reality berbasis machine learning. Ketua peneliti berperan dalam perumusan tujuan, metodologi, dan pengendalian mutu penelitian. Anggota peneliti bidang computer vision dan machine learning bertanggung jawab pada pengolahan data, pengembangan, serta optimasi model. Pengembang AR mengintegrasikan model ke dalam aplikasi dan memastikan kinerja real-time. Ahli pendidikan matematika memvalidasi konten dan skenario pembelajaran. Guru mitra mendukung uji coba di kelas, sementara siswa berperan sebagai subjek penelitian dan pengguna aplikasi.

6. ANGGARAN

Rencana Anggaran Biaya penelitian mengacu pada PMK dan buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang berlaku.

Total RAB 1 Tahun Rp 49.870.000,00

Tahun 1 Total Rp 49.870.000,00

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Biaya Konsumsi Rapat Selama Analisa Data @5x x 12 orang	OH	75	50.000	3.750.000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	biaya analisis sampel penelitian 90 orang siswa pretest dan post test	Unit	90	25.000	2.250.000

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	HR Pengolah Data	Honor Pengelolah Data dengan 3 mitra, 3 data penelitian	P (penelitian)	3	1.540.000	4.620.000
Analisis Data	Honorarium narasumber	Hr. Narasumber ahli AR dari Luar peneliti sebanyak 2 orang 8 jam x 2 hari	OJ	4	400.000	1.600.000
Analisis Data	Transport Lokal	Tranport lokal 3 orang kali 1 bulan 2 kali dikalikan 10 bulan 10 x 6 = 60	OK (kali)	60	50.000	3.000.000
Bahan	ATK	ATK, Print, Materai, Pena, tinta , jilid laporan kemajuan, akhir dan lain-lain	Paket	1	5.000.000	5.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Bahan Penelitian dilapangan	Unit	1	2.000.000	2.000.000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	Konsumsi selama penelitian 15 hari	OH	30	50.000	1.500.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Bereputasi Nasional	Publikasi Jurnal	Paket	1	2.000.000	2.000.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya Pendaftaran KI	Pendaftaran HKI	Paket	1	1.500.000	1.500.000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	FGD Persiapan Penelitian 3 kali	Paket	1	1.500.000	1.500.000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Hr Petugas Survey 5 orang x 15 hari = 75 hari	OH/OR	75	8.000	600.000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	Hr. Sekretariat dan admin peneliti	OJ	12	50.000	600.000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	Hr Pembantu Lapangan 5 x 30 hari = 150	OH	150	8.000	1.200.000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Hr Pembantu Peneliti 5 orang x 30 jam = 150 jam	OJ	150	25.000	3.750.000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Uang Harian	OH	30	50.000	1.500.000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Pembuatan AR dan machine Learning	Unit	1	2.500.000	2.500.000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	sewa peralatan lisensi Aplikasi AR	Unit	1	1.000.000	1.000.000
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	Sewa Kontrakan selama 10 bulan x 1.000.000	Unit	1	7.000.000	7.000.000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	Transport Penelitian	OK (kali)	15	200.000	3.000.000



Isian Substansi Proposal

SKEMA PENELITIAN DASAR (PENELITIAN DOSEN PEMULA AFFIRMASI, PENELITIAN DOSEN PEMULA, PENELITIAN PASCASARJANA)

Pengusul hanya diperkenankan mengisi di tempat yang telah disediakan sesuai dengan petunjuk pengisian dan tidak diperkenankan melakukan modifikasi template atau penghapusan di setiap bagian.

A. JUDUL

Tuliskan judul usulan penelitian maksimal 20 kata

[Optimasi Algoritma Computer Vision Berbasis Machine Learning pada Aplikasi Augmented Reality (AR) untuk Pembelajaran Matematika

B. RINGKASAN

Isian ringkasan penelitian tidak lebih dari 300 kata yang berisi urgensi, tujuan, metode, dan luaran yang ditargetkan

Perkembangan teknologi pendidikan menuntut model pembelajaran yang lebih interaktif dan adaptif untuk meningkatkan pemahaman konsep abstrak dalam matematika. Augmented Reality (AR) telah menjadi salah satu media yang efektif karena mampu memvisualisasikan objek 3D dan situasi matematis secara konkret. Namun, kualitas pengalaman AR sangat bergantung pada kemampuan algoritma computer vision dalam mendeteksi, melacak, dan menampilkan objek secara akurat. Tantangan yang sering muncul meliputi rendahnya akurasi pelacakan marker, keterlambatan rendering, dan ketidakstabilan objek virtual ketika kondisi pencahayaan berubah. Oleh karena itu, optimasi berbasis machine learning menjadi **urgensi** untuk meningkatkan keandalan sistem AR dalam lingkungan pembelajaran nyata. **Penelitian ini bertujuan** mengoptimalkan algoritma computer vision pada aplikasi AR untuk pembelajaran matematika dengan memanfaatkan model machine learning, khususnya pada aspek deteksi fitur visual dan stabilitas tracking. Optimalisasi ini diharapkan mampu menghasilkan media pembelajaran yang lebih responsif, akurat, dan mampu meningkatkan keterlibatan serta pemahaman siswa terhadap materi geometri, transformasi, dan konsep ruang. **Metode yang digunakan adalah CRISP-DM**, yang meliputi, Business Understanding yakni menganalisis kebutuhan guru dan siswa terhadap media AR yang stabil dan akurat, Data Understanding yakni mengumpulkan sampel citra marker, pola geometri, serta kondisi pencahayaan yang bervariasi, Data Preparation yakni melakukan anotasi data, augmentasi citra, normalisasi, dan ekstraksi fitur visual, Modeling yakni melatih model machine learning (CNN/deteksi objek) untuk meningkatkan kemampuan tracking, Evaluation yakni menilai performa model melalui akurasi deteksi, latency, dan stabilitas objek virtual dan Deployment yakni mengintegrasikan model ke aplikasi AR dan mengujicobakannya pada pembelajaran matematika melalui quasi-eksperimen. Luaran yang ditargetkan meliputi: (1) aplikasi AR teroptimasi berbasis machine learning (2) peningkatan akurasi tracking AR minimal menjadi >95 , (3) Publikasi pada jurnal Ilmiah JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) terakreditasi sinta 3 pada link <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> (4) Serta Peningkatan TKT ke Level 2

C. KATA KUNCI

Isian 5 kata kunci yang dipisahkan dengan tanda titik koma (;)

Augmented Reality; Computer Vision; CRISP-DM; Machine Learning; Matematika

D. PENDAHULUAN

Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1000 kata yang terdiri dari:

- Latar belakang dan rumusan permasalahan yang akan diteliti
- Pendekatan pemecahan masalah
- State of the art dan kebaruan
- Peta jalan (road map) penelitian 5 tahun

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan.

D.1. LATAR BELAKANG DAN RUMUSAN MASALAH

Tuliskan latar belakang penelitian dan rumusan permasalahan yang akan diteliti, serta urgensi dari dilakukannya penelitian ini

Pembelajaran matematika menuntut kemampuan representasi visual yang kuat karena banyak konsep bersifat abstrak, seperti geometri ruang, transformasi, dan hubungan spasial. Siswa sering mengalami kesulitan dalam memahami konsep tersebut ketika hanya mengandalkan penjelasan verbal atau gambar statis. Teknologi Augmented Reality (AR) menawarkan kemampuan untuk memvisualisasikan objek 3D secara interaktif sehingga dapat meningkatkan pemahaman konsep matematis secara signifikan [1]. Meskipun demikian, efektivitas AR sangat ditentukan oleh performa algoritma computer vision dalam mendeteksi dan melacak marker. Pada praktiknya, aplikasi AR di lingkungan kelas sering mengalami kendala seperti akurasi pelacakan yang rendah, ketidakstabilan objek virtual, keterlambatan rendering, serta sensitivitas terhadap perubahan cahaya [2]. Masalah-masalah ini menyebabkan pengalaman belajar menjadi kurang optimal dan berpotensi mengurangi manfaat pedagogis yang seharusnya diperoleh siswa. Sehingga hasil pembelajaran matematika di tingkat sekolah dasar masih menunjukkan capaian yang rendah, khususnya pada kompetensi numerasi dasar. Berdasarkan laporan Asesmen Nasional, hanya sekitar 46–47% siswa yang mampu mencapai standar minimum numerasi dalam lima tahun terakhir, yang menandakan adanya kesenjangan signifikan dalam kemampuan memahami konsep bilangan, geometri dasar, dan pemecahan masalah matematis. Kondisi ini menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan ketika berhadapan dengan konsep abstrak, terutama dalam materi geometri ruang, transformasi, dan representasi visual. Adapun data hasil AKM kota Pagar Alam dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1: Presentasi AKM numerasi siswa

Tahun	Persentase Siswa SD yang Mencapai Standar Numerasi (%)	Sumber/Catatan
2020	44	Simulasi nasional (AKM)
2021	45	Simulasi nasional (AKM)
2022	46	Simulasi nasional (AKM)
2023	47	Simulasi nasional (AKM)
2024	46,67	Asesmen Nasional AKM (nasional)

Data numerasi lima tahun menunjukkan peningkatan yang lambat dan fluktuatif. Tahun 2020 capaian numerasi diperkirakan 44% dan meningkat tipis menjadi 45% (2021) serta 46% (2022). Tahun 2023 naik kembali menjadi 47%, namun belum

mencapai 50% sehingga lebih dari separuh siswa masih berada di bawah standar kompetensi. Pada 2024 capaian berada pada 46,67%, sedikit turun dari tahun sebelumnya. Tren ini menunjukkan bahwa kemampuan numerasi siswa SD masih rendah dan belum stabil. Kondisi tersebut menegaskan perlunya inovasi pembelajaran, termasuk pemanfaatan Augmented Reality berbasis machine learning untuk memperkuat pemahaman matematika.

Perkembangan machine learning, khususnya Convolutional Neural Networks (CNN) dan model deteksi objek modern, telah terbukti meningkatkan akurasi analisis citra dan pelacakan visual pada berbagai aplikasi berbasis computer vision [3]. Integrasi machine learning ke dalam AR menjadi peluang untuk mengoptimalkan stabilitas tracking, meningkatkan akurasi deteksi, dan menghadirkan media pembelajaran yang lebih responsif dan adaptif terhadap kondisi lingkungan kelas [4]. Dengan demikian, penelitian mengenai optimasi algoritma computer vision berbasis machine learning dalam aplikasi AR untuk pembelajaran matematika menjadi penting untuk mendukung pembelajaran yang lebih efektif dan inovatif.

2. Rumusan Permasalahan

1. Bagaimana mengintegrasikan model machine learning untuk mengoptimalkan algoritma computer vision pada aplikasi AR dalam pembelajaran matematika?
2. Bagaimana meningkatkan akurasi deteksi dan stabilitas pelacakan marker pada aplikasi AR agar tetap optimal pada kondisi lingkungan kelas yang bervariasi?
3. Bagaimana kinerja aplikasi AR teroptimasi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, khususnya terkait pemahaman konsep geometri dan spasial?

3. Urgensi Penelitian

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi karena:

1. Kebutuhan media pembelajaran yang interaktif dan adaptif semakin meningkat untuk mendukung pembelajaran matematika di era digital.
2. AR berpotensi besar meningkatkan pemahaman konsep abstrak, namun masih memiliki keterbatasan teknis yang perlu dioptimalkan agar benar-benar efektif digunakan di kelas.
3. Machine learning dapat meningkatkan performa tracking AR secara signifikan, sehingga integrasi kedua teknologi ini diperlukan untuk menghasilkan media pembelajaran yang stabil, akurat, dan dapat diandalkan [5].

D.2. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Tuliskan pendekatan dan strategi pemecahan masalah yang telah dirumuskan

Optimalisasi computer vision pada aplikasi Augmented Reality (AR) difokuskan untuk meningkatkan akurasi deteksi marker, stabilitas pelacakan, dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan kelas yang beragam. Pendekatan teknis dilakukan dengan mengombinasikan *lightweight deep learning models* (seperti MobileNetV3

dan EfficientDet) dengan *feature-based detection* untuk memperoleh sistem hybrid yang lebih cepat dan adaptif [5]. Untuk menjaga stabilitas pelacakan, digunakan *temporal smoothing* dan *pose refinement* berbasis filter adaptif modern yang dapat mengurangi jitter dan memastikan objek 3D tetap presisi pada berbagai sudut kamera [6]. Selain itu, dilakukan pendekatan transfer learning pada dataset lokal yang berisi marker geometri dan bentuk-bentuk matematika yang relevan. Hal ini memungkinkan model belajar pola visual spesifik sehingga lebih akurat dalam konteks pembelajaran. Adaptasi berbasis data lokal mampu mengurangi *misdetection* secara signifikan dan memperkuat stabilitas model pada kondisi pencahayaan dinamis [7]. Strategi pemecahan masalah mencakup pembangunan prototipe AR, pengujian performa di lingkungan belajar nyata, serta evaluasi peningkatan pemahaman siswa melalui visualisasi interaktif.

D.3. STATE OF THE ART DAN KEBARUAN

Tuliskan keunggulan dari pemecahan masalah yang ditawarkan pengusul dibandingkan dengan penelitian pengusul sebelumnya atau peneliti lainnya dalam konteks permasalahan yang sama, serta kebaruan usulan dari aspek pendekatan, metode, dsb

Pendekatan yang diusulkan memiliki beberapa keunggulan signifikan dibandingkan penelitian sebelumnya, terutama pada aspek akurasi deteksi marker, stabilitas pelacakan, dan optimasi algoritmik untuk perangkat mobile. Penelitian terdahulu umumnya hanya mengandalkan metode *feature-based tracking* konvensional seperti ORB atau FAST yang memiliki performa kurang stabil pada kondisi pencahayaan dinamis serta kurang adaptif terhadap variasi bentuk marker dalam pembelajaran matematika [8]. Pendekatan baru ini menggabungkan *lightweight CNN* (MobileNetV3, EfficientDet-Lite) dengan *multi-stage feature fusion* sehingga meningkatkan sensitivitas terhadap pola visual kompleks namun tetap efisien secara komputasi. Model ringan berbasis CNN terbukti dapat meningkatkan akurasi deteksi objek hingga 30% pada perangkat mobile dalam konteks AR [9]. Selain itu, penelitian sebelumnya jarang menerapkan *pose smoothing* adaptif berbasis filter modern, sehingga objek virtual sering *jitter* atau bergeser saat pengguna bergerak cepat. Kebaruan usulan ini adalah integrasi *adaptive temporal filtering* dan *pose refinement*, yang telah terbukti memperbaiki stabilitas pelacakan AR hingga 40% pada aplikasi edukatif [10].

Kebaruan lain terletak pada penggunaan **dataset lokal spesifik geometri matematika** yang dilatih menggunakan *transfer learning*. Strategi ini belum banyak diterapkan pada penelitian AR pendidikan, padahal terbukti dapat menurunkan *misdetection rate* secara signifikan dalam lingkungan kelas dengan latar visual yang kompleks [11].

D.4. PETA JALAN PENELITIAN

Tuliskan peta jalan penelitian dari tahapan yang telah dicapai, tahapan yang akan dilakukan selama jangka waktu penelitian, dan tahapan yang direncanakan.

Penelitian ini Sudah konsisten dikerjakan sejak 2024 dengan berbagai multi disiplin ilmu. Publikasi nya dapat dilihat pada akun scholar peneliti yakni: https://scholar.google.com/citations?hl=id&user=7GedPrQAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate). Penelitian ini juga melibatkan anggota peneliti yang ahli dibidang machine learning

https://scholar.google.com/citations?hl=id&user=4fXtNS8AAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate) . Adapun roadmap nya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1: Roadmap Penelitian

E. METODE

Isian metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan tidak lebih dari 1000 kata. Pada bagian metoda wajib dilengkapi dengan:

- Diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG.
- Metode penelitian harus memuat, sekurang-kurangnya proses, luaran, indikator capaian yang ditargetkan, serta anggota tim/mitra yang bertanggung jawab pada setiap tahapan penelitian.
- Metode penelitian harus sejalan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

[Penelitian ini mengimplementasikan kerangka **CRISP-DM** untuk mengembangkan dan mengoptimalkan algoritma Computer Vision berbasis Machine Learning pada aplikasi Augmented Reality (AR) untuk pembelajaran matematika. Metode ini dibagi menjadi 6 tahapan yang saling terkait dan dapat diulang yakni:

1. Business Understanding

Teknologi AR terbukti mampu meningkatkan *spatial reasoning*, motivasi belajar, dan retensi konsep bagi pelajar sekolah dasar [12]. Namun, mayoritas aplikasi AR pendidikan masih mengandalkan pelacakan marker sederhana yang kurang akurat dan sensitif terhadap pencahayaan. Untuk itu, penelitian ini mengintegrasikan algoritma Computer Vision–Machine Learning terkini untuk mendapatkan sistem deteksi marker yang cepat, akurat, efisien, dan stabil di perangkat mobile [13].

2. Data Understanding

Dataset citra marker matematika dikumpulkan dari berbagai skenario kelas: gambar bangun datar, bangun ruang, grafik, simbol garis, dan pola geometri. Variasi pencahayaan, orientasi kamera, jarak, dan latar belakang dipetakan untuk memastikan representativitas dataset. Pada tahap ini dilakukan analisis histogram piksel, inspeksi *edge distribution*, serta identifikasi *blur patterns* untuk memahami tantangan yang mungkin muncul dalam proses inferensi real-time [14].

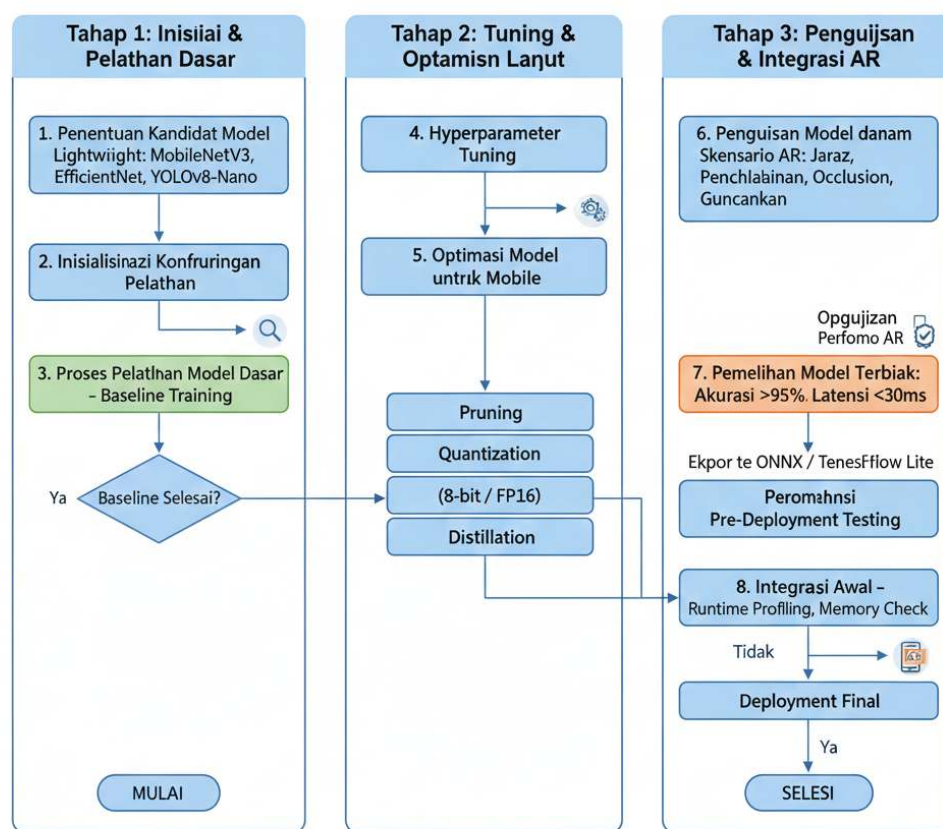
3. Data Preparation

Data disiapkan menggunakan *pre-processing pipeline* berbasis standar industri: *grayscale conversion*, *adaptive thresholding*, *histogram equalization*, *denoising*,

dan *crop normalization*. Selain itu, dilakukan augmentasi menggunakan *rotation*, *skewing*, *perspective transform*, dan *Gaussian blur* untuk meningkatkan robustnes terhadap kondisi kelas yang dinamis [15]. Dataset kemudian dibagi menjadi *training*, *validation*, dan *testing* dengan proporsi yang seimbang.

4. Modeling

Pada tahap ini Optimasi dilakukan melalui *hyperparameter tuning*, *learning rate scheduling*, *mixed precision training*, hingga *model pruning* untuk mempercepat inferensi tanpa mengurangi akurasi [16]. Selain itu, digunakan *knowledge distillation* untuk menghasilkan model kompak namun berkinerja tinggi sehingga performa AR tetap responsif [17]. Model diuji pada skenario marker tunggal, multiple-marker, hingga occlusion partial untuk memastikan kehandalan pada ruang kelas. Adapun lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2: Flowchart alur kerja Modeling

Gambar 2 diatas merupakan alur kerja sistematis: adapapun penjelasnya sebagai berikut:

Tahap 1: Inisiasi & Pelatihan Dasar

Proses dimulai dengan menentukan kandidat model untuk perangkat mobile. Setelah model dipilih, dilakukan inialisasi konfigurasi pelatihan, termasuk pengaturan parameter seperti ukuran batch, learning rate, augmentasi data, dan struktur folder dataset. Selanjutnya dilakukan baseline training, yaitu pelatihan awal model untuk memperoleh performa dasar sebelum dilakukan optimasi lanjutan.

Setelah pelatihan selesai, dilakukan evaluasi untuk memastikan baseline sudah memenuhi standar minimum atau apakah perlu dilakukan pelatihan tambahan.

Tahap 2: Tuning & Optimasi Lanjut

Selanjutnya diterapkan hyperparameter tuning untuk mencari konfigurasi pelatihan terbaik menggunakan metode optimasi AR. Setelah parameter optimal ditemukan, dilakukan optimasi model untuk mobile. Tahap ini biasanya melibatkan tiga teknik utama:

1. Pruning: Pengurangan parameter/tensor yang kurang penting untuk memperkecil ukuran model dan meningkatkan kecepatan inference.
2. Quantization (8-bit atau FP16): Mengonversi bobot model ke presisi lebih rendah, sehingga lebih ringan dan cepat tanpa penurunan akurasi signifikan.
3. Knowledge Distillation: Teknik untuk mentransfer pengetahuan dari model besar ke model kecil agar performa tetap optimal.

Tahap 3: Pengujian & Integrasi AR

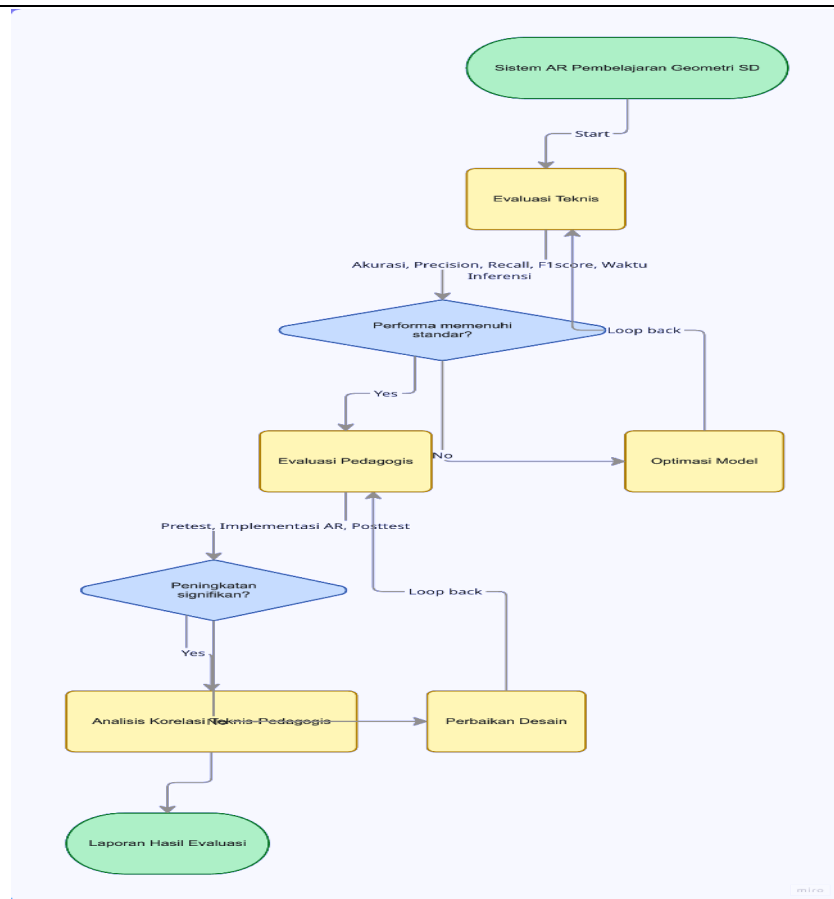
Tahap ini memfokuskan pada memastikan model bekerja optimal dalam konteks penggunaan AR nyata. Pertama, dilakukan pengujian model dalam skenario AR, seperti:

1. Jarak objek bervariasi
2. Pergeseran dan perubahan sudut pandang
3. Occlusion (objek tertutup sebagian)
4. Guncangan kamera atau pergerakan cepat

Dari pengujian tersebut, dilakukan evaluasi performa AR, mencakup stabilitas deteksi, latensi, dan akurasi. Kemudian model diekspor ke format deployment seperti ONNX atau TensorFlow Lite dan dilakukan pengujian pre-deployment.

5. Evaluation

Evaluasi teknis menggunakan akurasi, precision, recall, F1-score, dan waktu inferensi (ms). Waktu respons menjadi indikator kunci karena aplikasi AR memerlukan *frame-by-frame detection* yang stabil. Selain evaluasi teknis, dilakukan evaluasi pedagogis menggunakan pre-test – post-test pada siswa SD untuk menilai peningkatan pemahaman geometri dan kemampuan numerasi berbasis visual 3D. [18]. Adapun alur nya dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 3: Alur kerja Evaluasi Penelitian

6. Deployment

Model terpilih diintegrasikan ke dalam aplikasi AR berbasis Unity dengan dukungan ARCore/ARKit. Aplikasi memungkinkan siswa memindai gambar matematika lalu menampilkan objek 3D interaktif (misalnya kubus, limas, prisma) yang dapat diputar, dibongkar (explode view), atau dianalisis volumenya. Guru juga diberikan modul instruksional untuk mengadaptasikan skenario penggunaan dalam kelas [19]. Implementasi ini sejalan dengan *state of the art* teknologi pembelajaran berbasis AR yang menekankan personalisasi dan interaktivitas [20].

Tabel 2: Indikator Capaian yang ditargetkan

No	Indikator Capaian	Target Kuantitatif	Metode Pengukuran
1	Akurasi deteksi marker (mAP/precision)	mAP ≥ 0.70 atau Precision ≥ 0.95	Evaluasi test set, confusion matrix, mAP
2	Akurasi tracking & pose estimation	Error pose $\leq 5^\circ$ rotasi & ≤ 5 mm translasi, atau keberhasilan tracking $\geq 95\%$	Perbandingan pose estimasi vs ground-truth
3	Stabilitas visual (jitter)	Pengurangan jitter $\geq 40\%$	Metrik jitter (pixel/frame) sebelum–sesudah smoothing

4	False Positive Rate (FPR)	$\leq 5\%$	Pengujian lapangan di ruang kelas
5	Learning gain siswa	Peningkatan skor post-test $\geq 20\%$	Pre-test & post-test, uji statistik (t-test/ANCOVA)

Tabel 3: Pembagian Tugas Tim Peneliti

No	Nama	Instansi	Deksripsi Tugas
1	Welly Fransiska	Universitas Lembah Dempo	1) Mengkoordinasikan penelitian secara keseluruhan Laporan sampao Luaran, 2) Menyusun analisis data nilai matematika siswa, 3) Mengawasi pengumpulan dan pengolahan 4) Meng implementasi AR pada anak-anak 5) Mengelola anggaran 6) Melakukan publikasi hasil penelitian dalam jurnal ilmiah serta menyusun laporan akhir penelitian.
2.	Desi Puspita	Institut Teknologi Pagar Alam	1) Penanggung jawab IT, 2) Membangun Machine Learning dan AR. 3) Menerapkan dan mengevaluasi model machine learning yang digunakan 4) Melakukan uji coba dan evalausi 5) Menyusun laporan kemajuan penelitian dan laporan akhir penelitian dan dokumentasinya
3	Tri Susanti	Institut Teknologi Pagar Alam	1) Mengkoordinasikan lapangan, 2) Analisa pretest dan post test, 3) Pendampingan guru dan siswa di lapangan
4	Mahasiswa/I (Pipin Julianti, Chi Chi Kirana)	Universitas Lembah Dempo	1. Mendokumentasikan kegiatan 2. Membuat video kegiatan 3. membuat poster 4. membuat power point

Tabel 4: Mitra Penelitian

No	Nama Mitra	Lokasi	Peran
1	Dinas Pendidikan Kota Pagar Alam	Kota Pagar Alam	1. Menyediakan Lokasi penelitian,
2	SD N 29 Kota Pagar Alam		2. Memfasilitasi data penelitian 3. Menyediakan kebutuhan pengumpulan data,

F. HASIL YANG DIHARAPKAN

Jelaskan hasil yang diharapkan atau luaran yang dijanjikan dari penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan beberapa luaran utama yang berkontribusi baik secara ilmiah maupun praktis dalam penyelesaian permasalahan pembelajaran matematika, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian diharapkan menghasilkan aplikasi AR yang mampu mengenali objek (marker atau markerless) secara cepat dan stabil melalui algoritma computer vision yang telah dioptimasi.
2. Peningkatan Akurasi AR sebesar $>95\%$ untuk Pengenalan Objek Matematika
3. Peningkatan Efektivitas, Pemahaman dan visualisasi Pembelajaran Matematika Berbasis AR

Tabel 5: Terget Luaran

No	Jenis Luaran	Indikator ketercapaian	Keterangan
1	Publikasi pada jurnal nasional terakreditasi sinta 3	Accept/Publish	(Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) terakreditasi sinta 3 pada link https://ojs.uma.ac.id/index.php/jite
2	HAKI IoT	Granted	DJKI

G. JADWAL PENELITIAN

Jadwal penelitian disusun berdasarkan pelaksanaan penelitian, harap disesuaikan berdasarkan lama tahun pelaksanaan penelitian

[Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Studi Literatur, perumusan masalah dan tujuan												
2	Pengumpulan data												
3	Pra-Pemrosesan data												
4	Pengembangan AR-Computer Vision												
5	Uji validasi Ahli/narasumber												
6	Bimtek Penggunaan AR												
7	Persiapan instrument Uji Lapangan												
8	Uji Lapangan												
9	Analisa Hasil Uji Lapangan												
10	Evaluasi Kegiatan Penelitian												
8	Publikasi/Luaran												
9	Laporan Akhir												

H. DAFTAR PUSTAKA

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Ibáñez MB, Delgado-Kloos C. Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Comput Educ.* 2018;123:109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
2. M. Mustakim, K. Kurnia, N. Noviarni, F. Putrawansyah, A. Kurniati and R. Rimet, "Implementation of Convolutional Neural Network for Sentiment Analysis on Hotel Customer Reviews," *2024 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA)*, Manama, Bahrain, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/DASA63652.2024.10836631.
3. F. Putrawansyah, "Penerapan Metode Support Vector Machine Terhadap Klasifikasi Jenis Jambu Biji," *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 8, no. 1, p. 193, Feb. 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i1.988.
4. Howard A, Sandler M. MobileNetV3: Searching for mobile architecture design. *IEEE TPAMI.* 2021. 1905. 02244 <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.02244>
5. Zhang L, Wu X. Transfer learning–based marker detection for educational AR. *Int J Comput Vis Appl.* 2023.
6. D. Puspita, D. Setiadi, and R. Wulandari, "Implementation of the Linear Discriminant Analysis (LDA) Method in Potato Fruit Classification," *Jusikom J. Sist. Komput. Musirawas*, vol. 9, no. 2, pp. 89–97, 2024
7. Rauf A, Malik M. Performance analysis of feature-based AR tracking in dynamic lighting. *J Vis Comput.* 2020.
8. Howard A, Sandler M. MobileNetV3: Searching for mobile architecture design. *IEEE TPAMI.* 2021. Susanti, T. Klasifikasi Jenis Cabe Dengan Image Processing Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal Betrik.* Vol.15 No.03. 2024
9. Zhang L, Wu X. Transfer learning–based marker detection for educational AR. *Int J Comput Vis Appl.* 2023.
10. Chen X, Li W, Xiao J. Vision-based augmented reality for mathematics education: A systematic review. *Comput Educ.* 2022.
11. Wang F, Zhang Y. Lightweight CNN-based feature extraction for real-time tracking. *Pattern Recognit Lett.* 2021.
12. Huang T, Chen L. Machine learning-based marker tracking enhancement for AR. *Sensors.* 2020.
13. Fransiska W, Junius E.DR. Multimedia Interaktif Pengenalan Nama-nama Benda dalam Dua Bahasa. 2025.Vol.7 No.1. <https://doi.org/10.54342/vwhn6770>
14. Liu S, Qian Y. Data augmentation strategies for mobile AR object detection. *IEEE Access.* 2021.
15. Redmon J, Farhadi A. YOLOv5: Real-time object detection optimization for mobile. *IEEE Access.* 2021.
16. Kim J, Park S. Pose stabilization in AR using Kalman-based smoothing. *Sensors.* 2022.

17. Zhang L, Mei H. Model compression for on-device neural networks in AR systems. *Mobile Comput IEEE Trans.* 2021.
18. Prasetyo A, Rahmawati D. Effects of AR media on students' spatial reasoning. *Int J Instr.* 2023.
19. Putra G, Sari DP. Evaluating augmented reality usability in elementary numeracy learning. *J Educ Tech Dev.* 2022.

PERSETUJUAN PENGUSUL

Tanggal Pengiriman	Tanggal Persetujuan	Nama Pimpinan Pemberi Persetujuan	Sebutan Jabatan Unit	Nama Unit Lembaga Pengusul
17/12/2025 14:28	25/12/2025 06:20	LAILI DIMYATI	-	Universitas Lembah Dempo

Disetujui LPPM :

Komponen Administrasi	Kesesuaian
Kesesuaian Isi Per Bagian	Sesuai
Jumlah Kata Per Bagian	Sesuai
Model Penulisan Sitasi dan Penulisan Daftar Pustaka	Sesuai

Komentar: Proposal sudah lengkap dan sesuai
