

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN *AUGMENTED
REALITY* (AR) BERBASIS *ANDROID* PADA MATERI
INJECTOR DENGAN MATA KULIAH MOTOR *DIESEL***



Intelligentia - Dignitas

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Program
Studi Pendidikan Teknik Mesin

Oleh :

M FAIZ UMAR YUDHA

NIM : 1502621070

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
TAHUN 2026**

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK: SKRIPSI**

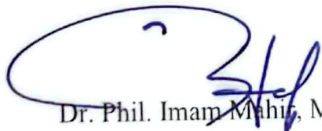
Nama Mahasiswa : M Faiz Umar Yudha

NIM : 1502621070

Judul : Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality*
Berbasis *Android* Pada Materi *Injector* Dengan Mata Kuliah
Motor Diesel.

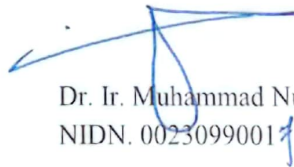
ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian
tugas akhir.

Jakarta, 27 Juli 2026
Pembimbing I



Dr. Phil. Imam Mahir, M.Pd.
NIDN. 0018048402

Pembimbing II



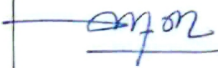
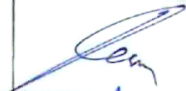
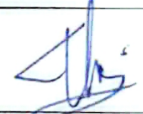
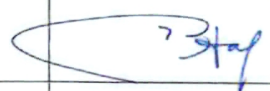
Dr. Ir. Muhammad Nurtanto, M.Pd.
NIDN. 0023099001

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI

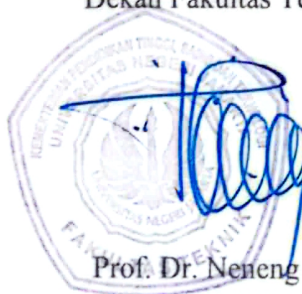
Nama Mahasiswa : M Faiz Umar Yudha
NIM : 1502621070
Program Studi/Fakultas : Pendidikan Teknik Mesin/Teknik
Judul : Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* Berbasis *Android* Pada Materi *Injector*
Dengan Mata Kuliah Motor Diesel.

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan **Lulus** ~~/Tidak Lulus~~ * Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal : 31 Juli 2026

Tim Penguji,

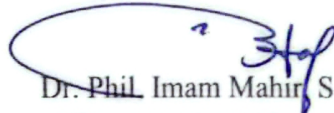
Ketua Penguji	Dr. Sopiyan M.Pd.	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Reza Febriano Armas, S.Pd., M.T	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Choyrul Anwar, M.Pd.	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Dr. Phil. Imam Mahir, M.Pd.	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Dr. Ir. Muhammad Nurtanto, M.Pd.	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati,
S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Phil. Imam Mahir S.Pd., M.Pd.
NIDN. 0018048402

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : M. Faiz Umar Yudha
NIM : 1502621070
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality*
Berbasis *Android* Pada Materi *Injector* Dengan Mata
Kuliah Motor Diesel.

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 27 Juli 2026

Yang menyatakan,



M. Faiz Umar Yudha

NIM. 1502621070



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : M Faiz Umar Yudha
NIM : 1502621070
Fakultas/Prodi : Pendidikan Teknik Mesin
Alamat Email : faizfuy21@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

Yang berjudul:

Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR) Berbasis *Android* Pada Materi *Injector* Dengan Mata Kuliah Motor Diesel

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Agustus 2026

Penulis

M Faiz Umar Yudha

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tuaku, Mamah Halimah dan alm. Bapak Sudiyo yang tidak henti-hentinya mendoakan kesuksesanku, atas semangat yang tak pernah lelah engkau berikan. Terima kasih atas kesabaran, dukungan, serta doa yang telah engkau berikan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Saudariku, Sedar Hikmatas Sobiroh, yang selalu memberikan dukungan, doa serta canda tawa di saat lelah.
3. Salsa Karina Mutiara yang sudah menemani keluh kesah, canda tawa, semangat yang tiada henti.
4. Seluruh keluarga besar Mbah Yasir dan keluarga besar Atmo Miharjo yang selalu memberikan doa, motivasi, perhatian, serta dukungan dalam setiap proses yang saya lalui hingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Bapak. Dr. Imam Mahir, S.Pd., M.Pd. Selaku Koordinator Program sekaligus dosen pembimbing I yang senantiasa membimbing dan memberikan motivasi, serta ilmu yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir Muhammad Nurtanto, M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, serta ilmu dan senantiasa memberikan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Rani Anggrainy, S.Pd., M.T. Selaku validator ahli materi yang telah memberikan saran, masukan dan penilaian sehingga penelitian ini dapat disempurnakan.
8. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. Selaku validator ahli media yang memberikan saran sehingga penelitian ini dapat disempurnakan.
9. Bapak Agung Gumelar, M.Pd. Selaku validator kelayakan media yang memberikan saran dan motivasi sehingga penelitian ini dapat disempurnakan.
10. Seluruh teman-teman Pendidikan Teknik Mesin UNJ atas bantuan, canda tawa dan kerja samanya selama perkuliahan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR) Berbasis Android Dengan Materi *Injector* Pada Mata Kuliah Motor Diesel”. Skripsi ini ditulis sebagai syarat yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian observasi skripsi pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Dalam penulisan skripsi ini, peneliti banyak mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Phil. Imam Mahir, M.Pd. selaku Koordinator Program sekaligus dosen pembimbing I yang senantiasa membimbing dan memberikan motivasi kepada peneliti dalam menyusun skripsi ini sehingga peneliti dapat menyelesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Nurtanto, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa membimbing dan memberikan motivasi kepada peneliti dalam menyusun skripsi ini sehingga peneliti dapat menyelesaikan dengan baik.
3. Ibu Ir Yunita Sari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa membimbing dan memberikan motivasi kepada peneliti dalam menyusun skripsi ini sehingga peneliti dapat menyelesaikan dengan baik.
4. Kepada orang tua yang telah memberikan do'a dan dukungannya selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberi ilmu dan pengalamannya.
6. Seluruh staf dan karyawan akademika Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah membantu seluruh proses administrasi.
7. Keluarga besar Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2021 yang selalu memberikan semangat dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.

Penelitian menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, peneliti mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini memberikan manfaat kepada peneliti dan pembaca sehingga terjadi kemajuan pengetahuan terutama bagi rekan-rekan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta..

Jakarta, 27 Juli 2026



M Faiz Umar Yudha



Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* Berbasis Android Pada Materi *Injector* Mata kuliah Motor Diesel

M Faiz Umar Yudha

**Dosen Pembimbing: Dr. Imam Mahir, S.Pd., M.Pd. dan Dr. Ir.
Muhammad Nurtanto, S.Pd., M.Pd.**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran *Augmented Reality* berbasis Android pada materi *Injector* mata kuliah Motor Diesel serta mengetahui tingkat kelayakan media yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *Four-D* (4D) yang meliputi tahap *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Validasi produk dilakukan oleh satu ahli materi, satu ahli media, dan satu validator instrumen uji kelayakan media. Selanjutnya, media diimplementasikan kepada 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta melalui uji kelayakan skala terbatas. Teknik pengumpulan data menggunakan angket dengan skala Likert yang dianalisis menggunakan analisis deskriptif persentase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memperoleh persentase sebesar 88,57% pada validasi ahli materi, 87,50% pada validasi ahli media, dan 81,66% pada validasi instrumen uji kelayakan media, yang seluruhnya termasuk dalam kategori Sangat Layak. Hasil uji kelayakan kepada mahasiswa memperoleh persentase sebesar 92% dengan kategori Sangat Layak. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran *Augmented Reality* berbasis Android pada materi *Injector* mata kuliah Motor Diesel layak digunakan sebagai media pendukung pembelajaran karena mampu menyajikan visualisasi objek tiga dimensi secara interaktif sehingga membantu mahasiswa memahami materi dengan lebih baik.

Kata kunci: *Augmented Reality*, *Android*, Media Pembelajaran, *Injector*, Motor Diesel, *Four-D* (4D).

**Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Berbasis
Android Pada Materi Injector Mata kuliah Motor Diesel**

M Faiz Umar Yudha

**Thesis Supervisor: Dr. Imam Mahir, S.Pd., M.Pd. dan Dr. Ir.
Muhammad Nurtanto, S.Pd., M.Pd.**

ABSTRACT

This study aimed to develop an Android-based Augmented Reality learning media for Injector material in the Diesel Engine course and to determine the feasibility of the developed media. This research employed the Research and Development (R&D) method using the Four-D (4D) development model, which consists of the Define, Design, Development, and Disseminate stages. The product was validated by one subject matter expert, one media expert, and one instrument validation expert. Furthermore, the developed media was implemented in a limited-scale feasibility test involving 30 students of the Mechanical Engineering Education Study Program, Universitas Negeri Jakarta. Data were collected using a Likert-scale questionnaire and analyzed through descriptive percentage analysis. The results showed that the learning media obtained a feasibility score of 88.57% from the subject matter expert, 87.50% from the media expert, and 81.66% from the instrument validation expert, all of which were categorized as Highly Feasible. The limited-scale feasibility test conducted with students resulted in a score of 92%, which was also categorized as Highly Feasible. Therefore, it can be concluded that the developed Android-based Augmented Reality learning media is highly feasible to be used as a supporting learning medium for Injector material in the Diesel Engine course, as it provides interactive three-dimensional visualization that facilitates students' understanding of the learning material.

Keywords: *Augmented Reality, Android, Learning Media, Injector, diesel engine, Four-D (4D).*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR ISTILAH.....	xiii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Pembatasan Masalah	6
1.4 Rumusan Masalah	7
1.5 Tujuan Penelitian.....	7
1.6 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Konsep Pengembangan <i>Augmented Reality</i>	8
2.2 Konsep Media <i>Augmented Reality</i> Berbasis Android.....	12
2.3 Kerangka Teoritik.....	15
2.4 Rancangan <i>Augmented Reality</i>	41
2.5 Penelitian Terdahulu	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	44
3.2 Metode Pengembangan <i>Augmented Reality</i>	44
3.3 Tujuan pengembangan <i>Augmented Reality</i>	45
3.4 Sasaram Produk.....	46
3.5 Instrumen.....	46
3.6 Prosedur Pengembangan	50

3.7 Teknik Pengumpulan Data	55
3.8 Teknik Analisis Data	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Hasil Pengembangan Media Pembelajaran	57
4.2 Kelayakan Media Pembelajaran	70
4.3 Pembahasan	77
BAB V KESIMPULAN.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Implikasi.....	82
5.3 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84
LAMPIRAN.....	88
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	108



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Model 4D	10
Gambar 2.2	Kerangka Teori	15
Gambar 2.3	<i>Marker-less Augmented Reality</i>	24
Gambar 2.4	<i>Marker-Based Augmented Reality</i>	25
Gambar 2.5	<i>Vuforia Engine</i>	26
Gambar 2.6	<i>Unity</i>	27
Gambar 2.7	<i>Blender</i>	28
Gambar 2.8	<i>Python</i>	28
Gambar 2.9	<i>Canva</i>	29
Gambar 2.10	sistem sirkulasi bahan bakar ke <i>Injector</i>	32
Gambar 2.11	<i>nozzle holder</i>	33
Gambar 2.12	<i>adjusting washer</i>	33
Gambar 2.13	<i>pressure spring</i>	33
Gambar 2.14	<i>Hex Nut Grade Injector</i>	34
Gambar 2.15	<i>Body Injector</i>	34
Gambar 2.16	<i>Nozzle Valve Injector</i>	35
Gambar 2.17	<i>Cap</i>	35
Gambar 2.18	<i>Cap Nut</i>	35
Gambar 2.19	<i>Spacer</i>	36
Gambar 2.20	<i>adjusting screw</i>	36
Gambar 2.21	<i>Valve Spindle</i>	36
Gambar 2.22	<i>Nozzle Body</i>	37
Gambar 2.23	jenis-jenis <i>Injector</i>	39
Gambar 2.24	Rancangan <i>Augmented Reality</i>	41
Gambar 3.1	Flowchart Pengembangan Produk.....	51
Gambar 4.1	Jenis media pembelajaran yang diminati.....	58
Gambar 4.2	Smartphone yang diinginkan.....	58
Gambar 4.3	Flowchart media pembelajaran <i>Augmented Reality</i>	60
Gambar 4.4	<i>Marker Augmented Reality</i>	61
Gambar 4.5	Model 3D <i>Injector</i>	61
Gambar 4.6	Logo <i>Injector Augmented Reality</i>	65
Gambar 4.7	Menu utama	66
Gambar 4.8	Menu AR Kamera.....	66

Gambar 4.9	Menu Materi AR.....	67
Gambar 4.10	Tutorial Aplikasi	67
Gambar 4.11	Tentang Aplikasi.....	68
Gambar 4.12	Marker-Based	68
Gambar 4.13	Pelaksanaan Uji Persepsi Kepada Mahasiswa.....	69



DAFTAR ISTILAH

Adjusting Screw : Baut penyetel yang berfungsi untuk mengatur tekanan kerja *injector* melalui penekanan pegas internal (*pressure spring*).

Adjusting Washer : Ring atau ganjalan (*shim*) penyetel yang digunakan untuk menyesuaikan dan mengkalibrasi tekanan pengabutan (*tekanan injeksi*).

Android : Sistem operasi berbasis *Linux* yang dirancang untuk perangkat seluler berlayar sentuh seperti *smartphone* dan komputer tablet.

Animasi : Fitur visual bergerak pada media digital untuk memvisualisasikan mekanisme kerja atau gerakan komponen dinamis secara.

AR Scanner / AR Camera : Fitur pemindaian pada aplikasi *Augmented Reality* yang memanfaatkan kamera *smartphone* untuk memindai *penanda*.

Asset Management : Sistem pengelolaan aset visual, suara, dan data dalam perangkat lunak pengembangan (*game engine*).

Atomisasi (Atomisasi): Proses pemecahan atau pengabutan cairan bahan bakar menjadi partikel-partikel halus (kabut) agar mudah bercampur dengan udara bertekanan tinggi di dalam ruang bakar.

Augmented Reality (AR) : Teknologi yang menggabungkan objek atau konten virtual dua/tiga dimensi ke dalam lingkungan dunia nyata secara *real-time*.

Blender : Perangkat lunak (*software*) grafis 3D sumber terbuka (*open-source*) yang digunakan untuk pembuatan model tiga dimensi, animasi, dan *rendering*.

Body Injector : Badan/rumah utama *injector* yang berfungsi sebagai saluran masuk bahan bakar bertekanan tinggi menuju *nozzle*.

Canva : Platform desain grafis berbasis daring (*online*) yang digunakan untuk merancang antarmuka (*user interface*) dan elemen media visual.

Tutup : Komponen pelindung dan penutup bagian atas pada rakitan *injector*.

Cap Nut : Mur penutup/pengunci utama yang berfungsi menekan dan mengikat *nozzle assembly* pada badan *injector*.

Combustion Chamber : Ruang bakar tempat terjadinya proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder mesin.

Direct Injection : Sistem injeksi bahan bakar secara langsung ke dalam ruang bakar utama di atas permukaan piston.

Disseminate : Tahap penyebarluasan produk dalam model pengembangan *Four-D* (4D).

E-Book / E-Learning : Buku elektronik / sistem pembelajaran berbasis elektronik yang memanfaatkan jaringan komputer atau internet.

Pencocokan Fitur : Proses algoritma sistem AR dalam mencocokkan titik-titik ciri/pola *marker* yang menangkap kamera dengan data yang tersimpan di basis data.

Four-D (4D) Model : Model pengembangan perangkat pembelajaran yang terdiri dari empat tahapan utama: *Define* , *Design* , *Develop* , dan *Disseminate*.

Game Engine : Perangkat lunak yang dirancang untuk pembuatan dan pengembangan aplikasi interaktif, simulasi, serta permainan komputer/seluler.

Graphics Engine : Bagian perangkat lunak yang mengurus visualisasi dan efek grafis 2D/3D pada layar.

Hex Nut Grade Injector : Pengunci berkekuatan tinggi (*high-grade*) yang memastikan sambungan komponen *injector* tahan terhadap tekanan ekstrim dan getaran.

Target Gambar : Gambar atau pola visual dua dimensi yang dijadikan acuan (*marker*) oleh kamera untuk memunculkan objek virtual.

Injector : Komponen utama sistem bahan bakar diesel yang berfungsi mengabutkan/menyemprotkan bahan bakar solar bertekanan tinggi ke dalam ruang bakar silinder.

Injector Tester : Alat uji khusus yang digunakan untuk mengukur tekanan pembukaan, kebiasaan penyemprotan (pola pengabutan), serta kebocoran pada *injector*.

iOS : Sistem operasi seluler yang dikembangkan oleh Apple Inc..

Tata Letak : Tata letak elemen visual-elemen grafis, teks, dan tombol pada antarmuka aplikasi.

Pelacakan Berbasis Marker : Metode pelacakan *Augmented Reality* yang membutuhkan penanda fisik (*marker*) berupa gambar, simpul pola, atau kode QR untuk menampilkan objek 3D.

Marker-less Augmented Reality : Metode *Augmented Reality* yang menampilkan objek virtual tanpa memerlukan penanda visual khusus, melainkan menggunakan sensor lokasi seperti GPS atau *Slam*.

Marker-Based Augmented Reality :Metode *Augmented Reality* yang menggunakan penanda (*marker*) sebagai target untuk memunculkan objek virtual tiga dimensi pada lingkungan nyata.

Mobile Learning (M-Learning) : Pembelajaran yang memanfaatkan teknologi seluler/portabel seperti *smartphone* atau tablet agar dapat diakses di mana saja.

Multi Hole Nozzle : Jenis *nozzle injector* yang memiliki beberapa lubang penyemprotan untuk distribusi pengabutan yang luas.

Nozzle Body : Bagian ujung *injector* yang mengarahkan dan membentuk pola semprotan bahan bakar ke dalam ruang bakar.

Nozzle Holder : Pemegang/penahanudukan *nozzle* yang menyambungkan unit *injector* ke kepala silinder mesin.

Nozzle Needle / Valve : Jarum/katup penutup *nozzle* yang bergerak naik-turun untuk membuka dan menutup saluran penyemprotan bahan bakar.

Oil Passage : Saluran internal pada *injector* tempat mengalirnya bahan bakar bertekanan tinggi menuju *oil pool*.

Oil Pool : Ruang penampung bahan bakar bertekanan di sekitar jarum *nozzle* sebelum terjadi dorongan injeksi.

Overflow Pipe : Saluran pengembali sisa bahan bakar berlebih dari *injector* menuju tangki bahan bakar.

Physics Engine : Sistem perangkat lunak yang mencantumkan hukum fisika nyata (seperti gravitasi, benturan, dan manipulasi) dalam lingkungan komputer.

Pintle Nozzle : Jenis *injector* tipe pin yang menghasilkan bentuk semprotan berorientasi konis/kerucut, umumnya digunakan pada sistem ruang bakar tambahan.

Estimasi Pose : Penentuan letak, posisi sudut, dan orientasi ruang 3D dari *marker* terhadap kamera *smartphone* secara *real-time*.

PowerPoint : Perangkat lunak presentasi dari Microsoft yang digunakan untuk menyajikan materi berformat slide.

Ruang Pra-Pembakaran : Kamar/ruang bakar muka yang terpisah dari ruang bakar utama pada mesin diesel.

Pressure Spring : Pegas pembalik bertekanan yang berfungsi menjaga katup jarum *nozzle* tetap menutup saluran penyemprotan hingga tekanan bahan bakar mencapai batas pembukaan.

Python : Bahasa pemrograman tingkat tinggi yang digunakan untuk analisis data, sistem skrip, serta pengembangan perangkat lunak.

Real-Time : Kondisi pengolahan data atau respon sistem yang terjadi secara mendadak/seketika bersamaan dengan waktu nyata.

Rendering : Proses mengolah dan menampilkan model visual 3D menjadi citra/tampilan utuh pada layar.

Research and Development (R&D) : Metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitas produk tersebut.

Scripting : Penulisan kode instruksi/pemrograman untuk mengatur logika dan interaksi aplikasi.

Single Hole Nozzle : Jenis *nozzle injector* yang hanya memiliki satu lubang pengabutan.

Smartphone : Telepon seluler cerdas yang dilengkapi dengan sistem operasi dan kemampuan komputasi canggih.

Software Development Kit (SDK) : Kumpulan perangkat lunak dan program pustaka (*library*) yang digunakan oleh pengembang untuk membuat aplikasi pada platform tertentu.

Spacer : Komponen pembatas/pengatur jarak yang digunakan untuk menentukan dan mengkalibrasi besaran tekanan pembukaan *injektor*.

Splash Screen : Tampilan grafik pembuka awal yang muncul saat aplikasi pertama kali dijalankan.

Storyboard : Sketsa atau alur perencanaan visual berurutan yang digunakan sebagai panduan pembuatan antarmuka dan interaksi aplikasi.

Swirl Chamber : Ruang pusar tambahan pada mesin diesel untuk menciptakan aliran udara berputar saat injeksi.

Three-Dimensional (3D) : Bentuk pemodelan visual yang memiliki dimensi panjang, lebar, dan kedalaman/volume.

Throttle Nozzle : Tipe *injector* bentuk pin yang mengatur laju pengabutan secara bertahap.

Pelacakan : Pelacakan atau pengenalan letak posisi *penanda* secara kontinyu oleh sistem pemindai kamera.

Unity (Unity 3D) : *Game engine* / perangkat lunak multiplatform yang digunakan untuk membangun aplikasi visual 2D, 3D, *Virtual Reality* , dan *Augmented Reality*.

User Interface (UI) : Tampilan visual antarmuka aplikasi yang menjembatani interaksi antara pengguna (*user*) dengan sistem aplikasi.

Valve Spindle : Batang penggerak katup yang meneruskan tekanan pegas ke jarum *nozzle*.

Visual Studio Code : Perangkat lunak penyunting kode program (*code editor*) yang digunakan untuk menulis skrip bahasa C#.

Vuforia Engine : Platform *SDK* berbasis *Augmented Reality* yang berfungsi mengenali *target gambar* (*marker*) serta mengintegrasikan objek 3D ke kamera.

Zoom-In / Zoom-Out : Fitur antarmuka interaksi untuk memperbesar atau memperkecil tampilan objek visual di layar.

DAFTAR TABEL

Table 2.1	Tahap Pengembangan Model 4D	11
Tabel 2.2	Rencana Pembelajaran Semester (RPS).....	29
Tabel 3.1	Skor Instrumen	46
Tabel 3.2	Instrumen Analisis Masalah	47
Tabel 3.3	Kisi-Kisi Ahli Materi.....	48
Tabel 3.4	Kisi- Kisi Ahli Media	48
Tabel 3.5	Kisi-Kisi Ahli Instrumen	49
Tabel 3.6	Kisi-Kisi Uji Persepsi Pengguna	50
Tabel 3.7	Kriteria Skor Butir Instrumen	55
Tabel 3.9	Analisis Uji kelayakan	56
Tabel 3.10	Analisis Uji Persepsi	56
Table 4.1	Sketsa (Story Board)	62
Table 4.2	Sketsa Informasi.....	64
Tabel 4.3	Hasil Validasi Ahli Materi	70
Tabel 4.4	Presetase Skor Kelayakan	71
Tabel 4.5	Hasil Vlidasi ahli media	72
Tabel 4.6	Interpretasi Skor	73
Tabel 4.7	Hasi Validasi Instrumen	74
Tabel 4.8	Interpretasi Skor	75
Tabel 4.9	Hasi Uji Persepsi Pengguna	76
Tabel 4.10	Interpretasi Skor Persepsi Pengguna	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pengembangan <i>Augmented Reality</i> Berbasis <i>Android</i>	88
Lampiran 2	Rencana Pembelajaran Semester (RPS) dan Materi.....	89
Lampiran 3	Surat Validasi Ahli Materi	90
Lampiran 4	Validasi Ahli Materi.....	91
Lampiran 5	Surat Validasi Ahli Media.....	95
Lampiran 6	Validasi Ahli Media	96
Lampiran 7	Surat Validasi Uji Kelayakan Media	100
Lampiran 8	Validasi Instrumen	101
Lampiran 9	Data Uji Kelayakan Media Pengguna	103
Lampiran 10	Dokumentasi.....	107

