

PENGEMBANGAN APLIKASI AUGMENTED REALITY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF PADA MATA KULIAH JARINGAN KOMPUTER DI UNIVERSITAS LAMAPPAPOLEONRO

Nursakti^{*1}, Ismail²

^{1,2}Teknik Informatika Universitas Lamappapoleonro, Sistem Informasi Universitas
Lamappapoleonro

e-mail : ^{*1}nursakti@unipol.ac.id, ²ismail@unipol.ac.id

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* (AR) berbasis Android sebagai media pembelajaran interaktif pada mata kuliah Jaringan Komputer di Universitas Lamappapoleonro. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Subjek penelitian adalah 30 mahasiswa semester III yang mengambil mata kuliah Jaringan Komputer. Data dikumpulkan melalui tes hasil belajar, kuesioner tanggapan, dan wawancara semi-terstruktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi AR meningkatkan hasil belajar mahasiswa secara signifikan (rata-rata pre-test 61,4; post-test 83,2; N-Gain = 0,56; $p < 0,001$). Kuesioner menunjukkan respon sangat positif (rata-rata 4,47) terutama pada aspek interaktivitas dan kemudahan penggunaan. Hasil ini mendukung teori pembelajaran multimedia bahwa interaktivitas visual berbasis AR mampu meningkatkan pemahaman konsep abstrak jaringan komputer. Aplikasi yang dihasilkan, Unipol-NetAR, layak digunakan sebagai media pembelajaran inovatif pada pendidikan tinggi

Kata Kunci: *Augmented Reality*, Media Pembelajaran, ADDIE, Jaringan Komputer, Unipol-NetAR

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang pesat telah memberikan dampak signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pengembangan media pembelajaran berbasis digital[1]. Perguruan tinggi dituntut untuk beradaptasi dengan memanfaatkan teknologi inovatif agar proses pembelajaran dapat berlangsung lebih interaktif, kontekstual, dan menarik bagi mahasiswa[2]. Salah satu teknologi yang potensial untuk mendukung proses pembelajaran adalah *Augmented Reality* yang mampu menggabungkan objek virtual tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara *real-time*[3]. Teknologi ini mendukung konsep Cognitive Theory of Multimedia Learning[4], yang menekankan bahwa kombinasi visual dan interaksi dapat meningkatkan

pemahaman konsep kompleks. *Augmented Reality* diyakini dapat meningkatkan pengalaman belajar mahasiswa karena mampu menyajikan visualisasi yang lebih nyata, interaktif, dan mudah dipahami dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional[5].

Pada mata kuliah Jaringan Komputer, mahasiswa sering menghadapi kesulitan dalam memahami konsep abstrak, seperti model jaringan, protokol komunikasi, topologi, serta fungsi perangkat keras jaringan. Proses pembelajaran yang selama ini lebih banyak disampaikan melalui ceramah, gambar statis, atau video, sering kali belum cukup efektif dalam memberikan pemahaman yang mendalam[6]. Kondisi ini berdampak pada rendahnya capaian pembelajaran, khususnya dalam hal penguasaan konsep dan keterampilan teknis yang sangat diperlukan di dunia kerja[7]. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran inovatif yang mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, serta memfasilitasi mahasiswa untuk belajar secara lebih mandiri dan interaktif.

Penelitian mengenai pemanfaatan AR pada mata kuliah yang bersifat teknis di bidang ilmu komputer, khususnya Jaringan Komputer di perguruan tinggi Indonesia, masih sangat terbatas. Hal ini menunjukkan adanya *research gap* yang perlu diisi melalui pengembangan aplikasi AR yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran di perguruan tinggi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran interaktif pada mata kuliah Jaringan Komputer di Universitas Lamappapoleonro, serta mengevaluasi efektivitas penggunaannya dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam memperkaya literatur mengenai pemanfaatan AR dalam pendidikan tinggi, sekaligus menawarkan solusi praktis dalam peningkatan kualitas.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan mengadopsi model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*). Model ini dipilih karena sesuai untuk pengembangan produk pendidikan berbasis teknologi, khususnya media pembelajaran interaktif[8]. Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap utama yaitu:

- 1) Tahap pengembangan aplikasi AR menggunakan *software Unity 3D* dan *Vuforia SDK*.
- 2) Tahap pengujian efektivitas aplikasi AR melalui eksperimen terhadap mahasiswa yang mengikuti mata kuliah Jaringan Komputer.

Subjek penelitian adalah 30 mahasiswa semester III yang mengikuti mata kuliah Jaringan Komputer. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*. Validasi dilakukan oleh dua dosen ahli dalam bidang jaringan komputer dan satu dosen ahli media pembelajaran. Nilai rata-rata validasi sebesar 4,52(kategori sangat layak).

Efektivitas diuji dengan desain *one group pre-test dan post test* dan dianalisis menggunakan N-Gain dengan rumus sebagai berikut:

$$NG = \frac{Skor_{posttest} - Skor_{pretest}}{Skor_{ideal} - Skor_{pretest}}$$

Keterangan : Skor ideal adalah nilai tertinggi yang dapat diperoleh.

Instrumen yang digunakan meliputi tes hasil belajar, kuesioner tanggapan mahasiswa, dan wawancara semi terstruktur. Data kuantitatif dianalisis secara deskriptif dan inferensial, sedangkan data kualitatif dianalisis secara tematik[9].

A. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga instrumen utama: tes hasil belajar, kuesioner respon mahasiswa, dan wawancara terbatas. Setiap instrumen memiliki tujuan, bentuk, prosedur, dan indikator yang jelas, sebagai berikut:

1. Tes Hasil Belajar (Pre-test dan Post-test)

Tes hasil belajar digunakan untuk mengukur pemahaman konsep mahasiswa terkait materi Jaringan Komputer. Tes ini terdiri atas 20 butir soal pilihan ganda dan 5 butir soal uraian singkat yang mencakup topik-topik seperti topologi jaringan, perangkat keras jaringan (router, switch, hub, kabel), serta protokol komunikasi dasar. Tes diberikan dalam dua tahap, yaitu pre-test sebelum pembelajaran dimulai dan post-test setelah pembelajaran selesai. Soal yang digunakan telah divalidasi oleh dua dosen ahli bidang jaringan komputer untuk memastikan kesesuaian dan tingkat kesulitan yang sebanding. Peningkatan nilai rata-rata post-test dibandingkan dengan pre-test dijadikan indikator efektivitas penggunaan media AR.

2. Kuesioner Respon Mahasiswa

Kuesioner ini menggunakan skala Likert 1–5 dan terdiri atas 15 butir pernyataan yang dikelompokkan ke dalam

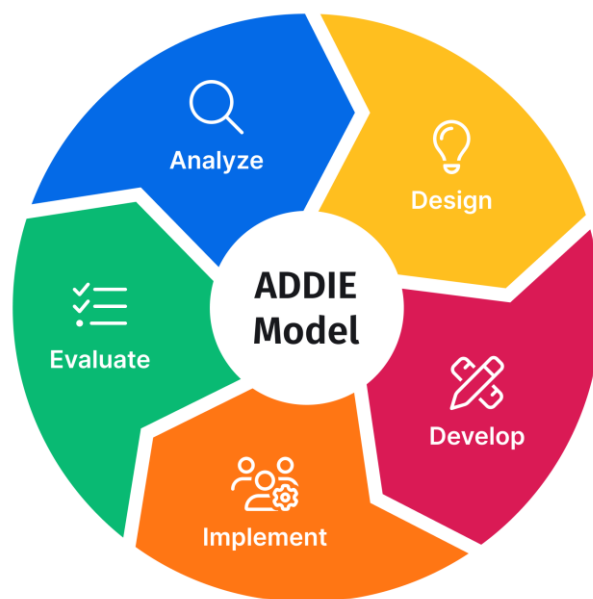
empat aspek, yaitu kejelasan materi, interaktivitas, kemudahan penggunaan, dan kepuasan belajar. Kuesioner diberikan setelah sesi pembelajaran menggunakan AR, dengan pengisian dilakukan secara anonim untuk menjaga kejujuran respon. Data yang diperoleh dari kuesioner ini dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui rata-rata skor pada masing-masing aspek.

3. Wawancara

Wawancara dilaksanakan secara semi-terstruktur dengan panduan pertanyaan terbuka, seperti kesulitan yang dialami, manfaat AR dalam memahami konsep jaringan, serta saran untuk pengembangan aplikasi lebih lanjut. Responden wawancara dipilih secara purposif, yakni 10 mahasiswa yang dipandang representatif berdasarkan hasil tes dan keaktifan mereka di kelas. Seluruh wawancara direkam dengan persetujuan responden, kemudian ditranskripsikan dan dianalisis secara tematik untuk menemukan pola dan tema utama yang muncul.

B. Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) dalam penelitian ini dilakukan dengan mengikuti tahapan pada model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*)[10].



Gambar 1. Model ADDIE

1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran pada mata kuliah Jaringan Komputer, khususnya pada materi topologi jaringan dan perangkat keras jaringan. Hasil analisis menunjukkan bahwa mahasiswa kesulitan memahami konsep abstrak jika hanya menggunakan gambar dua dimensi. Oleh karena itu, diperlukan media yang dapat memvisualisasikan perangkat jaringan dalam bentuk objek tiga dimensi yang interaktif.

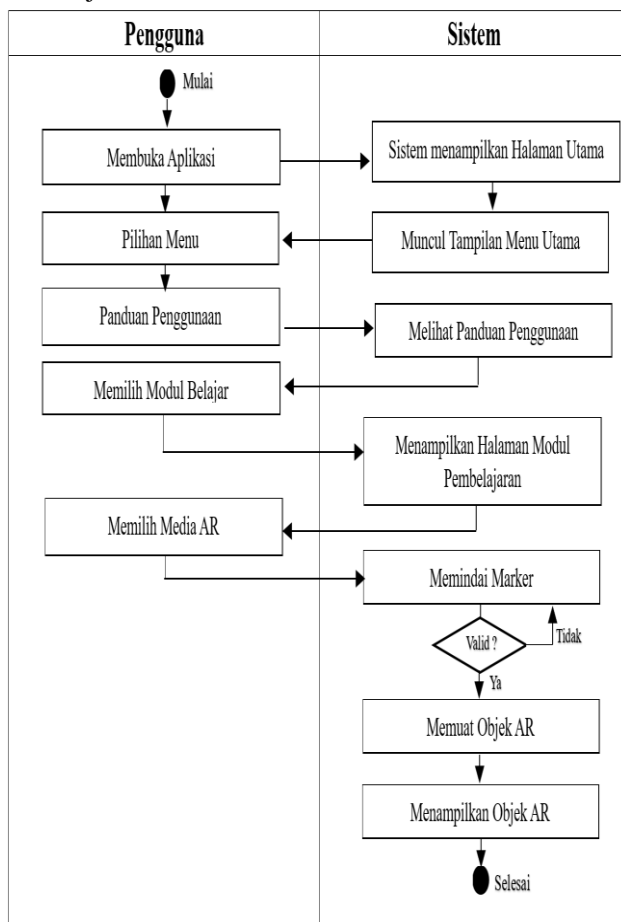
2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dirancang arsitektur sistem AR yang mencakup komponen utama:

- Marker/Target Image: berupa gambar khusus yang digunakan untuk memunculkan objek 3D.
- Objek 3D: model perangkat jaringan (*router, switch, hub*, kabel, dan topologi jaringan) yang dibuat menggunakan *Blender*.
- Mesin AR (*AR Engine*): menggunakan *Vuforia SDK* untuk mendeteksi marker dan memproyeksikan objek 3D.
- Aplikasi AR: dikembangkan dengan *Unity 3D* berbasis Android.

3. Pengembangan Sistem

Alur kerja sistem ini dimulai ketika pengguna membuka aplikasi, yang langsung disambut dengan tampilan halaman utama. Dari sana, pengguna dapat memilih opsi menu yang tersedia. Jika ingin memahami cara kerja aplikasi, mereka dapat melihat panduan penggunaan. Namun, jika tujuannya adalah untuk mengakses konten edukasi, pengguna akan memilih modul belajar yang kemudian mengarahkan mereka ke halaman modul Materi. Di halaman ini, pengguna dapat memilih AR Kamera, yang secara otomatis akan mengaktifkan kamera untuk memulai proses pemindaian marker. Sistem akan terus memindai dan memvalidasi marker hingga ditemukan. Setelah marker yang valid berhasil dideteksi, sistem akan memuat objek AR yang sesuai dan memproyeksikannya di atas marker tersebut. Akhirnya, objek AR akan muncul di layar, memberikan pengalaman interaktif kepada pengguna, dan mengakhiri alur kerja utama ini.



Gambar 2. Activity diagram aplikasi AR

4. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan pada platform Android dengan bahasa pemrograman C# menggunakan Unity 3D sebagai game engine. Untuk pengembangan fitur *Augmented Reality* digunakan *library* Vuforia SDK yang memungkinkan deteksi marker dan pemunculan objek 3D. Model 3D perangkat jaringan dibuat menggunakan aplikasi Blender, kemudian diintegrasikan ke dalam Unity. Spesifikasi perangkat yang digunakan dalam implementasi adalah:

- Perangkat Pengembangan: Laptop dengan prosesor Intel Core i5, RAM 8GB, GPU NVIDIA GTX Series.
- Perangkat Uji Coba: Smartphone Android minimal OS 9.0 dengan RAM 4GB.
- Software Pendukung: Unity 2022 LTS, Vuforia SDK, Blender 3.0, dan Android Studio untuk *debugging*.

Pada tahap implementasi, sistem *Augmented Reality* (AR) pembelajaran jaringan komputer dibangun melalui integrasi beberapa modul utama. Modul deteksi marker menjadi pintu awal dalam interaksi, di mana kamera smartphone diarahkan ke marker berupa gambar yang telah ditentukan, kemudian sistem mengenali pola tersebut dan memicu pemunculan objek 3D. Selanjutnya, modul visualisasi objek 3D menampilkan model perangkat jaringan seperti *router, switch*, dan *hub* yang dapat diputar serta diperbesar oleh pengguna untuk memperdalam pemahaman mengenai bentuk fisik perangkat.

Aplikasi juga dilengkapi dengan modul topologi jaringan yang memungkinkan mahasiswa memilih berbagai jenis topologi, seperti *star, bus, ring*, maupun *mesh*. Setiap pilihan divisualisasikan secara interaktif sehingga mahasiswa dapat memahami perbedaan struktur jaringan secara lebih nyata. Selain itu, modul informasi tambahan menyediakan keterangan berbentuk teks maupun narasi audio untuk menjelaskan fungsi dan peran masing-masing perangkat maupun topologi dalam jaringan.

Terakhir, terdapat modul *feedback* yang memungkinkan mahasiswa memberikan penilaian dan masukan terkait pengalaman belajar menggunakan aplikasi, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas media pembelajaran. Integrasi dari seluruh modul ini menghasilkan sebuah aplikasi mobile AR yang tidak hanya interaktif, tetapi juga mendukung proses pembelajaran jaringan komputer menjadi lebih menarik dan aplikatif.

5. Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem dilakukan untuk mengukur tingkat keberhasilan aplikasi AR dalam mendukung proses pembelajaran jaringan komputer. Proses evaluasi dibagi menjadi dua tahap, yaitu evaluasi teknis dan evaluasi pengguna.

Pada tahap evaluasi teknis, aplikasi diuji melalui serangkaian uji fungsional (*black-box testing*) untuk memastikan bahwa setiap modul berjalan sesuai dengan kebutuhan. Uji ini mencakup kemampuan aplikasi dalam mendeteksi marker, menampilkan objek 3D,

menampilkan informasi tambahan, serta menyimpan data feedback.

Tahap berikutnya adalah evaluasi pengguna yang melibatkan mahasiswa sebagai responden utama. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan instrumen berupa kuesioner yang mengacu pada metode *System Usability Scale* (SUS) serta pengukuran aspek media pembelajaran berdasarkan indikator efektivitas, efisiensi, dan daya tarik. Responden diminta untuk mencoba aplikasi, kemudian memberikan penilaian melalui skala Likert. Hasil analisis kuesioner menunjukkan bahwa aplikasi memperoleh skor tinggi pada aspek interaktivitas dan kemudahan penggunaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) dilakukan berdasarkan tahapan model ADDIE yang mencakup *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*.

Hasil dari tahap *development* menghasilkan sebuah aplikasi mobile berbasis Android bernama Unipol-NetAR, yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif pada mata kuliah *Jaringan Komputer*.

Aplikasi ini menampilkan visualisasi tiga dimensi perangkat jaringan seperti router, switch, hub, kabel UTP, dan topologi jaringan (star, bus, ring, mesh). Mahasiswa dapat mengamati objek 3D tersebut secara real-time melalui kamera smartphone dengan memindai *marker* yang telah disediakan. Selain visualisasi 3D, aplikasi dilengkapi dengan modul informasi berupa teks dan narasi audio, modul interaktif topologi jaringan untuk eksplorasi struktur koneksi dan fitur Quiz untuk menilai pemahaman pengguna pada materi.

1. Tampilan Halaman Utama Aplikasi

Pada halaman utama aplikasi terdiri dari 5 menu utama yaitu : Petunjuk penggunaan, Materi, AR Kamera, Quiz dan Keluar. Adapun tampilan halaman utama aplikasi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Halaman Utama Aplikasi Unipol Net-AR

2. Tampilan Halaman Petunjuk Penggunaan

Halaman petunjuk penggunaan berisi informasi penggunaan aplikasi Unipol Net-AR. Adapun tampilannya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Halaman petunjuk penggunaan aplikasi

3. Tampilan Halaman Materi

Halaman materi menampilkan materi pelajaran jaringan komputer yang terdiri dari gambar dan penjelasannya. Terdapat 2 tombol navigasi dibagian bawah yaitu Next untuk lanjut dan Prev untuk kembali. Adapun tampilan halaman materi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Halaman materi

4. Tampilan AR Kamera

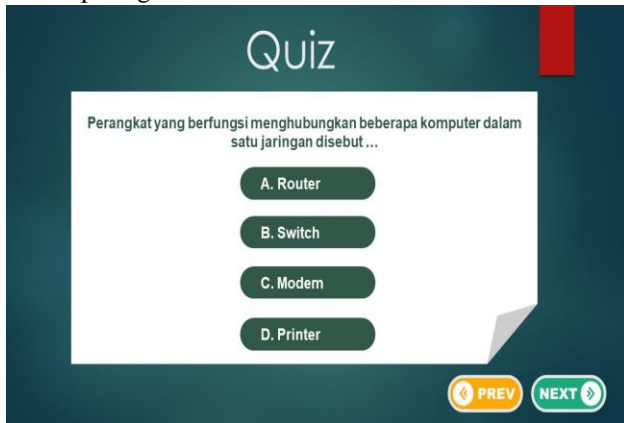
Halaman AR Kamera berfungsi untuk menampilkan fitur *Augmented Reality* pada aplikasi Unipol Net-AR. Pada saat kamera memindai marker, sistem akan melakukan proses *tracking image* untuk menampilkan objek AR 3 dimensi beserta panel teks yang berisi deskripsi dari objek yang ditampilkan. Pada bagian bawah terdapat 4 tombol yang terdiri dari tombol kembali, deskripsi, Suara dan Rotasi objek. Adapun tampilan AR Kamera pada saat menampilkan objek AR dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan AR Kamera

5. Tampilan Halaman Quiz

Halaman quiz berfungsi sebagai media evaluasi yang memuat soal berbentuk pilihan ganda. Pengguna dapat memilih salah satu jawaban yang benar dengan mengklik tombol jawaban. Pada bagian sudut bawah terdapat tombol navigasi yang terdiri dari Next untuk lanjut dan Prev untuk kembali. Adapun tampilan halaman quiz dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan halaman quiz

B. Hasil Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama dapat dijalankan dengan baik pada perangkat Android yang digunakan sebagai media uji coba.

1. Pengujian fungsionalitas system

Secara teknis, hasil pengujian *black-box* menunjukkan seluruh fungsi utama berjalan dengan baik pada perangkat Android minimal versi 9.0. Tabel 1 menampilkan hasil uji fungsionalitas aplikasi.

Tabel 1. Hasil Pengujian Black-Box terhadap Fitur Aplikasi

No	Fitur yang Diuji	Hasil	Keterangan
1	Deteksi marker dan pemunculan objek 3D	Berhasil	Stabil di berbagai pencahayaan
2	Interaksi rotasi dan zoom objek	Berhasil	Respon cepat tanpa lag
3	Modul informasi (teks & audio)	Berhasil	Informasi tampil dengan jelas
4	Pengerjaan Quiz	Berhasil	Data tersimpan di lokal storage

Dari hasil tersebut, aplikasi dinyatakan layak secara teknis dan siap diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran.

2. Hasil Evaluasi Pengguna

Evaluasi pengguna dilakukan terhadap 30 mahasiswa semester III program studi Teknik Informatika yang sedang menempuh mata kuliah Jaringan Komputer. Instrumen pengumpulan data menggunakan kuesioner berbasis *System Usability Scale* (SUS) dan penilaian skala Likert untuk aspek efektivitas, efisiensi, dan daya tarik.

Tabel 2. Hasil penilaian evaluasi pengguna

No	Responden	Skor SUS
1	R1	80
2	R2	85

3	R3	82.5
4	R4	80
5	R5	87.5
6	R6	85
7	R7	82.5
8	R8	80
9	R9	85
10	R10	82.5
11	R11	87.5
12	R12	85
13	R13	80
14	R14	85
15	R15	82.5
16	R16	87.5
17	R17	82.5
18	R18	85
19	R19	80
20	R20	82.5
21	R21	85
22	R22	87.5
23	R23	82.5
24	R24	85
25	R25	80
26	R26	82.5
27	R27	87.5
28	R28	85
29	R29	82.5
30	R30	85
Rata-rata		82.5

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa aplikasi memperoleh skor SUS rata-rata 82,5, yang termasuk dalam kategori "*Excellent*". Pada penilaian aspek pembelajaran, mahasiswa memberikan skor rata-rata sebagai berikut:

- Efektivitas: 4,5 (dari skala 5), mahasiswa merasa terbantu memahami perangkat dan topologi jaringan.
- Efisiensi: 4,3. Hal ini menunjukkan aplikasi mudah digunakan tanpa perlu pelatihan khusus.
- Daya Tarik: 4,7. Mahasiswa merasa termotivasi dan lebih antusias belajar menggunakan visualisasi AR.

Selain itu, feedback kualitatif dari mahasiswa menunjukkan bahwa aplikasi ini membuat konsep jaringan yang biasanya abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Namun, sebagian mahasiswa juga memberikan saran agar aplikasi dapat diintegrasikan dengan kecerdasan buatan (AI) untuk personalisasi materi.

3. Hasil pengujian efektivitas pembelajaran

Uji efektivitas dilakukan dengan membandingkan nilai pre-test dan post-test mahasiswa (N=30) pada mata kuliah Jaringan Komputer. Tes terdiri atas 25 butir soal (20 pilihan ganda dan 5 uraian singkat). Hasil rata-rata pre-

test sebesar 61,4, sedangkan rata-rata post-test setelah penggunaan aplikasi AR meningkat menjadi 83,2.

Nilai *gain score* dihitung menggunakan rumus *Normalized Gain (g)* dan diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,56 yang termasuk dalam kategori sedang menuju tinggi, menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi AR memberikan peningkatan pemahaman konsep yang signifikan.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Nilai Pre-test dan Post-test

Indikator	Rata-rata Pre-test	Rata-rata Post-test	N-Gain	Kategori
Pemahaman konsep topologi	62,1	84,7	0,59	Sedang-Tinggi
Identifikasi perangkat jaringan	60,8	82,3	0,55	Sedang-Tinggi
Pemahaman protokol dasar	61,4	82,6	0,54	Sedang-Tinggi
Rata-rata keseluruhan	61,4	83,2	0,56	Sedang-Tinggi

3. Hasil Respon Mahasiswa

Kuesioner tanggapan mahasiswa menggunakan skala Likert (1–5) mencakup empat aspek: kejelasan materi, interaktivitas, kemudahan penggunaan, dan kepuasan belajar.

Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa nilai rata-rata tiap aspek berada pada rentang 4,36–4,58, yang tergolong kategori sangat baik.

Tabel 4. Hasil Analisis Kuesioner Respon Mahasiswa

Aspek	Rata-rata Skor	Kategori
Kejelasan materi	4,45	Sangat baik
Interaktivitas	4,58	Sangat baik
Kemudahan penggunaan	4,36	Sangat baik
Kepuasan belajar	4,47	Sangat baik
Rata-rata keseluruhan	4,47	Sangat baik

Selain itu, hasil wawancara terhadap 30 responden terpilih menunjukkan bahwa mahasiswa merasa aplikasi ini memudahkan visualisasi konsep abstrak jaringan komputer, dan meningkatkan motivasi belajar karena adanya elemen interaktif dan visualisasi realistik.

Berdasarkan teori *Dual Coding With Teacher* [11], peningkatan ini terjadi karena mahasiswa tidak hanya menerima informasi verbal, tetapi juga visual interaktif yang menstimulasi dua saluran kognitif secara bersamaan. Selain itu, aspek *embodied learning* dari AR memungkinkan pengguna untuk berinteraksi secara langsung dengan objek virtual, sehingga menurunkan beban kognitif (*cognitive load*) dalam memahami struktur jaringan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* berbasis Android bernama Unipol-NetAR sebagai media pembelajaran interaktif pada mata kuliah jaringan komputer. Hasil uji menunjukkan

peningkatan signifikan pada pemahaman konsep mahasiswa dengan nilai N-Gain sebesar 0,56 dan $p < 0,001$. Mahasiswa memberikan respon sangat positif terhadap aspek interaktivitas dan kemudahan penggunaan aplikasi. Implikasi teoretis menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis AR mendukung teori multimedia sebagai media pembelajaran inovatif di perguruan tinggi. Dosen dapat mengintegrasikan Unipol-NetAR sebagai pelengkap praktikum dan evaluasi berbasis simulasi, serta melakukan uji coba pada skala lebih luas dengan desain eksperimen kontrol penuh.

B. Saran

Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan versi berbasis WebXR atau mengintegrasikan kecerdasan buatan (AI) untuk personalisasi materi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nursakti dan S. Suherman, "Rancang Bangun Game Edukasi Pengenalan Bagian Organ Tubuh Pada Anak Usia Dini," *J. Ilm. Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, hal. 104–111, 2023, doi: 10.57093/jisti.v6i2.154.
- [2] I. Rangga Bakti, A. Supriyanto, dan S. Riki Mustafa, "Penerapan Augmented Reality Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Pendidikan Budaya Melayu Riau Rokan Hulu," *Zo. J. Sist. Inf.*, vol. 5, no. 3, hal. 495–504, 2023, doi: 10.31849/zn.v5i3.16154.
- [3] Nursakti, "Pengembangan Aplikasi Mobile Augmented Reality Menggunakan Sistem Bilingual terintegrasi fitur Multimedia Interaktif Pada Museum Prasejarah Calio," *J. IT*, vol. 9, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.lppm-stmikhandayani.ac.id/index.php/jti/article/view/46>
- [4] R. E. Mayer, *Multimedia Learning*. Cambridge University Press, 2021.
- [5] J. Garzón, J. Pavón, dan S. Baldiris, "Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings," *Virtual Real.*, vol. 23, no. 4, hal. 447–459, Des 2019, doi: 10.1007/s10055-019-00379-9.
- [6] Aromadon Wamepa, Erimson Siregar, dan Margaretha Karolina Sagala, "Pengembangan Augmented Reality Sebagai Media Pendukung Praktikum Mekanika Dan Termodinamika Dasar," *Decod. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, hal. 8–14, Mar 2022, doi: 10.51454/decode.v2i1.38.
- [7] I. Ismail dan A. Mukhlis, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jurusan Menggunakan Metode Multi Factor Evaluation Process (MFEP) di SMAN 5 Soppeng," *J. Ilm. Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, hal. 9–19, Apr 2023, doi: 10.57093/jisti.v6i1.143.
- [8] M. Romdon, "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web Pada Materi Algoritma Dan Pemrograman di SMAN 1 Waled," *CER Cyber, Educ. Res.*, vol. 3, no. 2, hal. 74–81, 2024.
- [9] D. A. S. Sofwatillah, Risnita, M. Syahrani Jailani, "Tehnik Analisis Data Kuantitatif Dan Kualitatif Dalam Penelitian Ilmiah," *J. Genta Mulia*, vol. 15, no. 2, hal. 79–91, 2024.
- [10] C. C. A. Abril Umar Syarif, "Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) pada Pembelajaran Perangkat Keras Komputer di SMK AlAziziyah Candi," *J. Ilm. Educ. Pendidik. dan Inform.*, vol. 10, no. 1, hal. 24–35, 2023.
- [11] O. Caviglioli, *Dual Coding with Teachers*. Dyslexia SPELD Foundation, 2020. [Daring]. Tersedia pada: https://books.google.co.id/books?id=_FwFzgEACAAJ.