

**PERANCANGAN MEDIA PEMBELAJARAN
MODULASI DIGITAL (ASK, FSK, BPSK)
BERBASIS AUGMENTED REALITY**

**LEARNING MEDIA DESIGN
DIGITAL MODULATION (ASK, FSK, BPSK)
AUGMENTED REALITY BASED**

Riz-riz Rahmat Taufik¹, Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T.², Amir Hasanudin Fauzi, ST., M.T.³

^{1,2,3} Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

rizriz@student.telkomuniversity.ac.id , damayanti@tass.telkomuniversity.ac.id ,

amir_hf@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut ke dalam waktu nyata. Laboratorium Sistem Komunikasi merupakan sarana yang sangat penting sebagai penunjang pembelajaran praktikum, khususnya praktikum mata kuliah sistem komunikasi yang rata-rata memerlukan visualisasi sinyal seperti dalam modulasi digital ASK, FSK dan BPSK yang terkadang mengalami kendala pada alat praktikum yang digunakan dan harus segera mencari jalan keluarnya.

Pada proyek akhir ini dibuat sebuah aplikasi berbasis teknologi *augmented reality* menggunakan *software* Unity3D yang dapat diinstal pada *smartphone android*. Aplikasi ini dapat menampilkan bentuk objek keluaran berupa sinyal modulasi ASK, FSK, BPSK yang dibuat menggunakan *software* Adobe Illustrator, dan model kit praktikum sistem komunikasi dengan kode 2807 yang dibuat menggunakan *software* Blender, dengan cara merekam sebuah *marker* yang telah ditentukan menggunakan kamera pada *smartphone android*. Ketika kamera merekam *marker* maka sistem pada aplikasi akan merender dan mencocokkan *marker* dengan objek keluaran tersebut. Disamping objek keluaran terdapat sebuah tombol yang dapat ditekan untuk kemudian aplikasi dapat menampilkan objek keluaran dengan kelompok bit yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengujian, semua fungsi 100% berjalan dengan baik. Dengan nilai MOS rata-rata yang didapat 3,553 untuk tampilan aplikasi AR, nilai MOS 3,510 untuk fungsi aplikasi AR dan nilai MOS 3,595 untuk manfaat aplikasi AR. Sistem mampu mengeluarkan objek keluaran berupa sinyal modulasi ASK, FSK, BPSK dari masing-masing bit 11001010 dan bit 10010011 dengan menunjukkan nilai $V_{max} = 5$ dan $V_{min} = -5$. Perekaman *marker* oleh sistem dapat dilakukan pada jarak 6 – 100 cm untuk ukuran *marker* 10 x 10 cm. Dalam Intensitas cahaya keadaan terang proses perekaman *marker* menjadi optimal k, dalam keadaan intensitas cahaya yang gelap sistem tidak dapat merekam *marker*. Adapun sudut untuk merekam *marker* yang baik menunjukkan 45°. Pada kemiringan *marker* 90° hasil objek sinyal telah terjadi perubahan fasa 180° yang artinya menunjukkan hasil yang salah. Aplikasi AR mampu bekerja dengan baik pada *smartphone android*. Dari pengujian delay oleh aplikasi AR menghasilkan rata-rata delay keseluruhan sebesar 1.935 detik. Hal ini dapat dibuktikan melalui hasil pengujian delay yang bervariasi, mulai dari 0.50 sampai 5.00 detik.

Kata kunci : Augmented Reality, Modulasi Digital, Laboratorium Sistem Komunikasi.

Abstract

Augmented Reality (AR) is a technology that combines two-dimensional and three-dimensional virtual objects into a real three-dimensional environment and then projects these virtual objects into real time. Communication System Laboratory is a very important tool to support practicum learning, especially practicum in communication system courses that on average require signal visualization such as in digital modulation ASK, FSK and BPSK which sometimes experience problems with the practicum used and must immediately find a way out .

In this final project an application based on augmented reality technology is created using Unity3D software that can be installed on an android smartphone. This application can display the output object form in the form of ASK, FSK, BPSK modulation signals created using Adobe Illustrator software, and a communication system practicum model kit with code 2807 made using Blender software, by recording a marker that has been determined using a camera on an Android smartphone . When the camera records the marker, the system in the application will render and match the marker with the output object. Besides the output object there is a button that can be pressed to then the application can display the output object with different groups of bits.

Based on the test results, all functions are 100% running well. With an average MOS value obtained 3,553 for AR application display, MOS value 3,510 for AR application functions and MOS value 3,595 for AR application benefits. The system is able to output the output objects in the form of ASK, FSK, BPSK modulation signals from 11001010 and 10010011 bits respectively by showing the values $V_{max} = 5$ and $V_{min} = -5$. Recording markers by the system can be done at a distance of 6 - 100 cm for marker sizes 10 x 10 cm. In the light intensity of a bright state the recording process of the marker becomes optimal, in a state of dark light intensity the system cannot record the marker. The angle to record a good marker shows 45°. At the slope of the 90° marker the result of the signal object has occurred a phase change of 180° which means it shows the wrong result. The AR application is able to work well on android smartphones. From testing the delay by the AR application produces an average overall delay of 1,935 seconds. This can be proven through the results of various delay testing, from 0.50 to 5.00 seconds.

Keywords: Augmented Reality, Digital Modulation, Communication Systems Laboratory.

1. PENDAHULUAN

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut kedalam waktu nyata. Dengan dasar pemikiran untuk menggabungkan dunia maya dan nyata, banyak diperoleh ide-ide untuk memudahkan seseorang dalam menciptakan visualisasi yang lebih baik, efisien dan imajinatif, terutama untuk bidang pendidikan yang membutuhkan visualisasi dalam pembelajaran dikarenakan materi yang sulit dipahami, ataupun sebagai aplikasi pengganti alat praktikum apabila suatu saat mengalami masalah. Contoh alat tersebut yaitu kit praktikum modulasi digital yang membahas modulasi ASK, FSK dan BPSK. Dibuktikan dari hasil kuesioner dengan google form kepada mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah sistem komunikasi di 2019 – 2019. Sebanyak 38 tanggapan memilih modulasi digital sebagai bahasan pokok dalam pembuatan proyek akhir ini dikarenakan visualisasi sinyal modulasi ASK, FSK dan BPSK.

Pada bidang pendidikan beberapa sistem pembelajaran memerlukan objek untuk dapat lebih memahami dengan jelas materi yang disampaikan. Beberapa penelitian telah melakukan pemanfaatan teknologi Augmented Reality untuk bidang pendidikan di Universitas Telkom sebagai media pembelajaran. Terkait dengan permasalahan tersebut, pada penelitian sebelumnya yaitu Proyek Akhir “Implementasi Virtual Laboratory Sistem Komunikasi Optik Berbasis Augmented Reality” oleh Anita Zainet[8], yang telah membuat aplikasi pembelajaran melalui pengenalan beberapa alat dari Laboratorium Sistem Komunikasi Optik berbasis Augmented Reality. Dan pada penelitian berikut yaitu “Pembelajaran Elektromagnetika Terapan Berbasis Augmented Reality: Kasus Sistem Koordinat” oleh Rosyid Budiawan, Tri Nopiani Damayanti, Dwi Andi Nurmantris[7], yang membuat aplikasi berbasis Augmented Reality untuk pembelajaran Elektromagnetika Terapan khususnya kasus sistem koordinat. Hasil pengujian menunjukkan pada pengujian tingkat kebutuhan aplikasi Augmented Reality untuk pembelajaran Elektromagnetika Terapan dengan cara subjektif, diperoleh hasil MOS terbaik dengan nilai sebesar 4,00 untuk pernyataan “Pemberian Objek 3D diperlukan pada pembelajaran Elektromagnetika Terapan”, dan 4,36 untuk pernyataan “Desain Objek 3D AR lebih meningkatkan minat untuk mempelajari materi Elektromagnetika Terapan”.

Berdasarkan pada penelitian diatas maka Proyek Akhir ini mengembangkan penelitian tersebut dalam bentuk “Perancangan Media Pembelajaran Modulasi Digital (ASK, FSK, BPSK) Berbasis Augmented Reality” Aplikasi ini akan menampilkan objek keluaran berupa sinyal modulasi ASK, FSK, BPSK serta lainnya seperti sinyal Osilator dan objek kit praktikum modulasi digital dalam sebuah marker yang direkam oleh kamera smartphone android. Kesamaan dengan jurnal sebelumnya adalah pemanfaatan aplikasi dalam bidang pendidikan baik didalam maupun diluar laboratorium di kampus Universitas Telkom Bandung. Tujuan pembuatan aplikasi ini untuk dapat membantu sistem pembelajaran Sistem Komunikasi baik diluar maupun didalam Laboratorium Sistem Komunikasi di Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom.

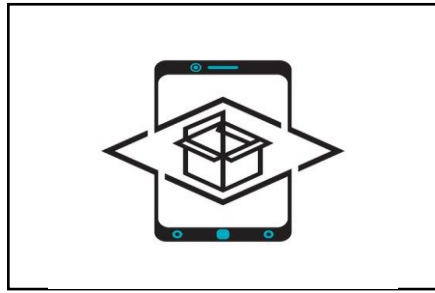
Augmented Reality terbagi menjadi dua metode, yaitu Marker dan juga Markless. Marker merupakan gambar berbentuk hitam putih atau sebagainya dengan ukuran tertentu, dengan menggunakan marker maka proses tracking, posisi dan orientasi menentukan objek virtual yang akan ditampilkan. Sedangkan Markerless tidak perlu menggunakan suatu marker untuk menampilkan objek keluaran aplikasi. Pada proyek akhir ini menggunakan metode marker agar proses tracking objek dapat dilakukan sesuai penyesuaian marker dalam merekam gambar untuk menampilkan objek.

2. DASAR TEORI

2.1 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut ke dalam waktu nyata. Augmented Reality memiliki cara kerja yang cukup sederhana dengan berdasarkan deteksi citra atau biasa disebut dengan marker. Sebagai contoh, sebuah kamera telah ditentukan dapat mendeteksi marker pada yang telah

didesain sebelumnya, lalu setelah mendeteksi marker tersebut, kamera akan melakukan pencocokan dengan database yang telah dibuat sebelumnya. Dan jika hasilnya cocok, maka informasi dari marker akan digunakan dalam menampilkan objek 2D maupun 3D yang telah didesain pada layar smartphone^[1].



Gambar 2. 1 Augmented Reality

A. Augmented Reality berbasis Marker^[7]

Marker merupakan ilustrasi berbentuk gambar dua dimensi yang digunakan untuk menampilkan objek virtual ke lingkungan nyata, marker dapat berupa sebuah gambar persegi hitam dan putih dengan sisi hitam tebal, pola hitam di tengah persegi dan latar belakang putih, atau dapat pula berupa gambar objek yang diinginkan

B. Augmented Reality berbasis Markerless^[5]

Markerless AR merupakan tipe AR yang tidak perlu menggunakan marker untuk dapat menampilkan elemen-elemen digital. Dalam proses *tracking*, sistem *markerless* bergantung dalam keadaan lingkungan.

2.2 Vuforia

Vuforia adalah *tools* Development Kit (SDK) untuk perangkat *mobile* yang memungkinkan dalam pembuatan aplikasi AR. Vuforia merupakan SDK yang dikembangkan oleh Qualcomm untuk membantu para pengembang membuat aplikasi seperti *augmented reality* (AR) maupun *game*. SDK ini sendiri memiliki berbagai fitur menarik seperti memindai objek, memindai teks dan mengenali objek target yang telah ditetapkan^[3].

2.3 Unity3D

Unity 3D merupakan sebuah *game engine* yang didesain untuk mudah digunakan. Pertama kali diluncurkan yaitu pada tahun 2005 terintegrasi untuk membuat *game*, arsitektur bangunan dan simulasi. Unity memberi kebebasan Developer untuk berkarya yang mendukung bahasa pemrograman seperti JavaScript, C#, dan Boo. Unity3D cocok dengan versi 64-bit dan dapat beroperasi pada Mac OS x dan windows dan dapat menghasilkan *game* untuk Mac, Windows, iPhone, iPad dan Android^[1].

2.4 Modul Digital

A. ASK

Amplitude Shift Keying (ASK) atau pengiriman sinyal digital berdasarkan pergeseran amplitudo merupakan jenis modulasi dengan mengubah-ubah amplitudo gelombang pembawa. Sinyal ASK mentransmisikan data biner ketika data modulasi ON adalah logika high dan OFF ketika modulasi sinyal adalah logika low. Dimana dalam dua kondisi perubahan amplitudo gelombang pembawa, yaitu logika "1" dan "0". Logika "1" direpresentasikan dengan status "ON" (ada gelombang pembawa) sedangkan logika "0" direpresentasikan dengan status "OFF" (tidak ada gelombang pembawa). Dari dua kondisi tersebut, maka didapatkan sebuah sinyal yang termodulasi ASK. ASK akan mentransmisikan sinyal sinusoidal dengan frekuensi dan phaa konstan. Sehingga modulasi ini sering disebut dengan modulasi On-Off Keying (OOK)^[2].

B. FSK

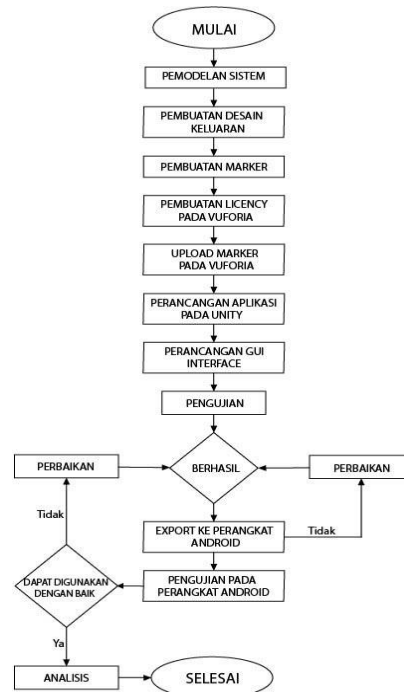
Frequency Shift Keying (FSK) atau pengiriman sinyal melalui penggeseran frekuensi. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi yang memungkinkan gelombang modulasi menggeser frekuensi gelombang pembawa. Dalam proses modulasi ini besar frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Metode pengkodean data yang dikodekan, kemudian dikalikan dengan sinyal pembawa yang memiliki frekuensi berbeda, misalnya F1 dan F2. Dalam FSK, ketika data memiliki tingkat logika '0' sinyal pembawa dari frekuensi F1 ditransmisikan, sementara pada tingkat logika '1' sinyal pembawa frekuensi F2 ditransmisikan menjadi $F2 = 2 \times F1$ ^[2].

C. BPSK

Binary Shift Keying (BPSK) merupakan turunan dari *Phase Shift Keying* (PSK) tipe modulasi PSK ditentukan oleh nilai M, dimana $M = 2n$. Dan $n = 1$ untuk tipe modulasi BPSK dengan sistem pengiriman sinyal melalui pergeseran *phasa*. Pada BPSK, *phase* dari frekuensi pembawa diubah-ubah antara dua nilai yang menyatakan keadaan biner 1 dan 0, dalam hal ini *phasa* dari frekuensi pembawa yang satu dengan yang lain berbeda sebesar π radian atau 180 derajat^[2].

3. PERANCANGAN APLIKASI AUGMENTED REALITY

3.1 Proses pengerjaan Proyek Akhir



Gambar 3. 1 Flowchart Perancangan Sistem Keseluruhan

Pada tahapan ini dilakukan penentuan model sistem aplikasi yang akan dibuat. Kemudian dilanjutkan pembuatan desain untuk objek keluaran menggunakan *software* Adobe Illustrator dan Blender. Setelah itu dilanjutkan pembuatan *marker* menggunakan *software* Adobe Illustrator dan CorelDraw. Setelah pembuatan *marker* kemudian pembuatan *licency* pada Vuforia guna dapat mengakses tools tersebut. Berikutnya *upload marker* pada *tools* Vuforia yang sebelumnya telah mendapatkan lisensi pada tampilan image target. Setelah itu melakukan perancangan aplikasi pada *software* Unity3D dengan mengupload semua bahan termasuk objek keluaran aplikasi dan juga *marker* yang sudah melalui upload pada Vuforia. Berikutnya melakukan *gui interface* pada Unity3D untuk membuat *Main Menu*. Apabila aplikasi sudah berjalan sesuai yang diharapkan maka tahap selanjutnya yaitu *export* aplikasi pada perangkat *smartphone android*. Apabila proses *export* aplikasi tidak berhasil dilakukan karena suatu masalah tertentu maka akan dilakukan perbaikan terlebih dahulu. Sebaliknya apabila aplikasi dapat diexport dan berhasil terinstall pada *smartphone android*, maka aplikasi akan menuju proses pengujian untuk memastikan apakah aplikasi dalam tersebut dapat digunakan dengan baik atau tidak. Apabila aplikasi tidak dapat digunakan dengan baik atau sebagaimana yang diharapkan maka aplikasi akan mendapat perbaikan.

3.2 Desain Objek Keluaran

Desain objek keluaran akan ditampilkan secara virtual oleh aplikasi dalam sebuah *marker* yang telah di scan oleh kamera *smartphone android*. Desain objek keluaran menggunakan *software* Adobe Illustrator. Desain yang akan ditampilkan berupa bentuk sinyal modulasi ASK, FSK, BPSK dengan:

Biner : 11001010

Biner : 10010011

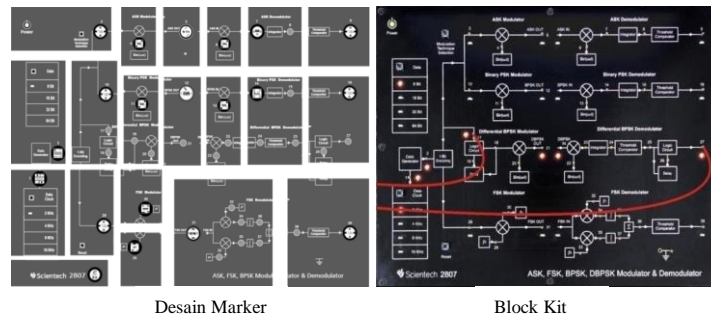
Tegangan maksimum (+Vm) = 5, Tegangan minimum (-Vm) = -5.



Gambar 3. 2 Desain Objek Keluaran

3.3 Desain Marker

Marker adalah sebuah ilustrasi yang berupa gambar atau pola tertentu yang dibuat sebagai wadah untuk memunculkan objek keluaran pada aplikasi Augmented Reality. *Marker* dapat berupa gambar terdiri dari border berwarna hitam dan putih atau dapat berupa gambar suatu objek. Pada proyek akhir ini terdapat dua puluh marker yang dibuat menyesuaikan dengan *block kit* praktikum 2807 sistem komunikasi, yang masing-masing akan digunakan untuk memunculkan objek keluaran yang berbeda dari pada aplikasi AR.

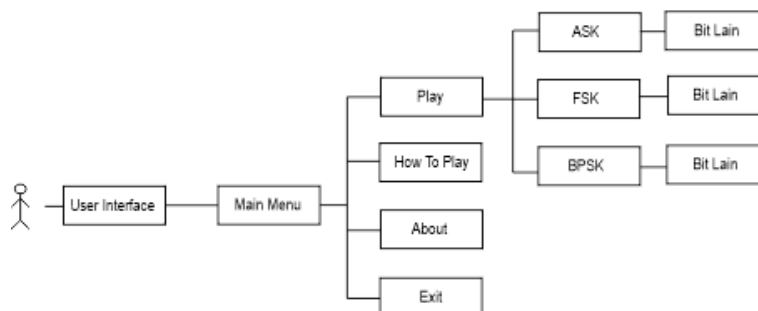


Desain Marker

Block Kit

Gambar 3. 3 Desain Marker

3.4 Sitemap Aplikasi



Gambar 3. 4 Sitemap Aplikasi

Pada gambar 3.4 tersebut menggambarkan secara keseluruhan sistem pada aplikasi secara umum. Pada gambar tersebut dijelaskan menu dan sub menu apa saja yang akan ditemui oleh user ketika membuka aplikasi tersebut. Yang pertama user akan melihat *Main Menu* yang berisikan *menu Play*, *How To Play*, *About*, dan *Exit*. Kemudian apabila user memilih *menu Play* maka sistem akan langsung menampilkan kamera yang digunakan untuk merekam marker. Selain itu sistem akan menampilkan tombol *Open* pada beberapa objek keluaran yang jika di klik tombol tersebut didalamnya akan menampilkan perbandingan objek keluaran lainnya lengkap dengan bitnya. Serta terdapat juga tombol *Close* untuk menutup tampilan tersebut.

Jika user memilih menu *How To Play* maka sistem akan menampilkan panduan tata cara menggunakan aplikasi tersebut, kemudian jika user memilih menu *About* maka sistem akan menampilkan halaman profile pembuat aplikasi, lalu jika user memilih menu *Exit* maka user akan keluar dari semua tampilan aplikasi tersebut.

4. ANALISIS SIMULASI PERENCANAAN

4.1 Pengujian Fungsional Aplikasi

Pengujian yang dilakukan adalah melakukan pengujian untuk mengetahui validasi setiap fungsi didalam aplikasi yang telah dibuat seperti *Main Menu*, *Menu Play*, *Menu How To Play*, *Menu About* dan *Menu Exit*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat *smartphone android* dengan spesifikasi:

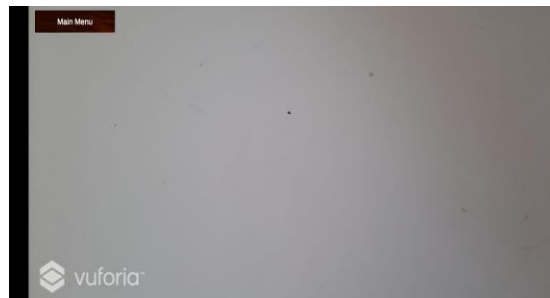
OS	: Android 9.0 (Pie)
RAM	: 4GB
Kamera	: Back = 48 MP
Display Resolution	: 1080 x 2340 pixels

A. Pengujian Main Menu



Gambar 4. 1 Pengujian Main Menu

B. Pengujian Menu Play



Gambar 4. 2 Pengujian Menu Play

C. Pengujian Menu How To Play



Gambar 4. 3 Pengujian Menu About

D. Pengujian Menu About



Gambar 4. 4 Pengujian Menu About

E. Pengujian Menu Exit

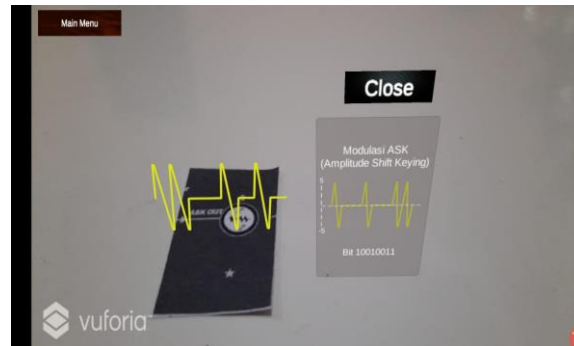
Aplikasi secara otomatis telah keluar dari semua tampilan aplikasi ketika *user* menekan tombol Exit pada tampilan *Main Menu*. Dengan ini maka *menu Exit* dapat berfungsi.

4.2 Pengujian Objek Keluaran

A. Pengujian Modulasi ASK

Pada pengujian ini kamera dapat merekam marker dan dapat memunculkan objek keluaran berupa

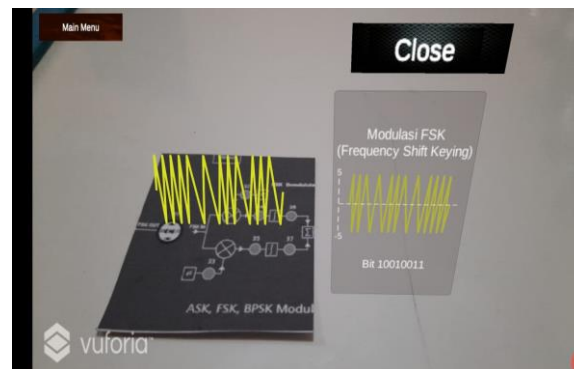
bentuk sinyal modulasi ASK. Pada bit 11001010 dan juga bit 10010011 sistem dapat menyampikan informasi yang benar, singkatnya yaitu bit 1 berarti terjadi modulasi (ON) dan bit 0 tidak terjadi modulasi (OFF). Dengan menunjukkan nilai $V_{max} = 5$ dan $V_{min} = -5$.



Gambar 4. 5 Pengujian Modulasi ASK

B. Pengujian Modulasi FSK

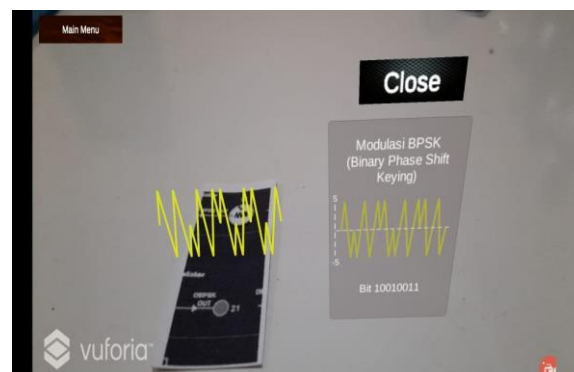
Pada pengujian ini kamera dapat merekam marker dan dapat memunculkan objek keluaran berupa bentuk sinyal modulasi FSK. Pada bit 11001010 dan juga bit 10010011 sistem dapat menyampikan informasi yang benar, singkatnya ketika data bit 0 sinyal pembawa dari frekuensi F_1 ditransmisikan, sementara pada bit 1 sinyal pembawa frekuensi F_2 ditransmisikan menjadi $F_2 = 2 \times F_1$. Dengan menunjukkan nilai $V_{max} = 5$ dan $V_{min} = -5$.



Gambar 4. 6 Pengujian Modulasi FSK

C. Pengujian Modulasi BPSK

Pada pengujian ini kamera dapat merekam marker dan dapat memunculkan objek keluaran berupa bentuk sinyal modulasi BPSK. Pada bit 11001010 dan juga bit 10010011 sistem dapat menyampikan informasi yang benar, singkatnya yaitu antara bit 1 dan bit 0 memunculkan sinyal modulasi dengan perberbedaan fasa sebesar 180° . Dengan menunjukkan nilai $V_{max} = 5$ dan $V_{min} = -5$.



Gambar 4. 7 Pengujian Modulasi BPSK

4.3 Pengujian Marker

Pada pengujian *marker* ini dilakukan beberapa tahap, yaitu pengujian jarak, pengujian sudut, pengujian luas permukaan yang tertutup dan pengujian terhadap intensitas cahaya.

A. Pengujian terhadap Jarak

Pengujian terhadap jarak, sistem dapat mendeteksi marker dengan jarak terdekat 6 cm dari kamera.

Jarak tersebut adalah jarak maksimal terdekat yang dapat dideteksi, dengan ukuran marker 10 x 10 cm, sedangkan sistem tidak dapat mendeteksi marker secara stabil dengan jarak terjauh 100 cm dari kamera. Jarak tersebut adalah jarak maksimal terjauh yang dapat dideteksi, dengan ukuran marker 10 x 10 cm.

B. Pengujian terhadap Sudut

Pengujian terhadap sudut, sistem mampu merekam *marker* dan menampilkan objek keluaran pada sudut 0°, akan tetapi tidak terlihat bentuk gelombang modulasi secara jelas. Pada posisi sudut 45° sistem mampu merekam *marker* dan menampilkan objek keluaran dengan bentuk gelombang modulasi secara jelas dan benar. Pada sudut 90° sistem tidak mampu merekam *marker* membuat objek keluaran tidak dapat tampil.

Pengujian kemiringan marker, dengan contoh modulasi ASK dengan posisi 45° pada sistem. Pada kemiringan marker 0° sistem mampu menampilkan objek sinyal keluaran sesuai sebagaimana dijelaskan dalam proses perancangan, yang artinya menunjukkan hasil yang benar. Apabila kemiringan marker 45° objek keluaran kurang mencapai hasil maksimal yaitu objek sinyal tidak dapat terlihat keseluruhan sebagaimana mestinya. Sedangkan pada kemiringan marker 90° hasil objek sinyal telah terjadi perubahan fasa 180°, yang artinya menunjukkan hasil yang salah.

C. Pengujian terhadap Permukaan Tertutup

Pengujian marker dalam kondisi permukaan tertutup, bahwa sistem AR mampu mendeteksi marker menampilkan objek karena tidak terhalang objek lain. Sistem masih mampu menampilkan objek yang terhalang obyek lain sebesar 0 - 50%. Sistem AR masih mampu menampilkan objek dalam kondisi permukaan marker tertutup sebesar 50 - 75%. Sistem tidak mampu menampilkan objek dalam kondisi permukaan marker tertutup sebesar 75 - 100%.

D. Pengujian terhadap Intensitas Cahaya

Pengujian *marker* terhadap intensitas cahaya, sistem AR mampu mengenali *marker* dan menampilkan objek dengan kondisi pencahayaan terang stabil dengan catatan *delay* 0.6 s. Sistem mampu mengenali *marker* dan mengeluarkan objek dengan kondisi pencahayaan redup dengan catatan *delay* 5 s. Apabila kondisi pencahayaan gelap yang menyebabkan pola pada *marker* tidak terbaca oleh sistem, maka sistem tidak dapat mengenali *marker* dan tidak mampu mengeluarkan objek.

E. Pengujian Delay

Pengujian delay memberikan hasil yang berbeda-beda pada setiap percobaan. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi seperti intensitas cahaya, sudut dan jarak. Rata-rata delay pada kondisi pencahayaan terang sebesar 1.255 detik, sedangkan pada pencahayaan redup sebesar 2.615 detik. Untuk hasil pengujian jarak dan sudut yang optimal untuk perekaman marker pada jarak 30 cm dan sudut 45° dengan menghasilkan rata-rata delay sebesar 0.52 detik.

Berdasarkan hasil keseluruhan maka dapat dianalisis bahwa aplikasi bekerja dengan sangat cepat karena hanya menghasilkan rata-rata delay keseluruhan sebesar 1.935 detik. Hal ini dapat dibuktikan melalui hasil pengujian delay yang bervariasi, mulai dari 0.50 sampai 5.00 detik.

4.4 Pengujian Subjectif Mean Opinion Score (MOS)

Setelah dilakukan pengujian sistem yang meliputi pengujian Aplikasi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi terhadap sistem yang telah dibuat. . Evaluasi dilakukan dengan menyebar kuisisioner terhadap responden yaitu mahasiswa D3TT Telkom University. Hasil dari kuisisioner berupa item-item pernyataan, apakah pengguna memperoleh informasi yang lebih jelas terhadap objek yang telah diberikan informasi tambahan. Kemudian dihitung rata-rata penilaian dari seluruh responden sehingga diperoleh nilai *Mean Opinion Score* dari media aplikasi tersebut.

Secara matematis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$MOS = \frac{\sum_{i=1}^n x(i).k}{N} \dots\dots(1)$$

Dimana :

x(i) = Nilai Sample ke i

k = jumlah bobot

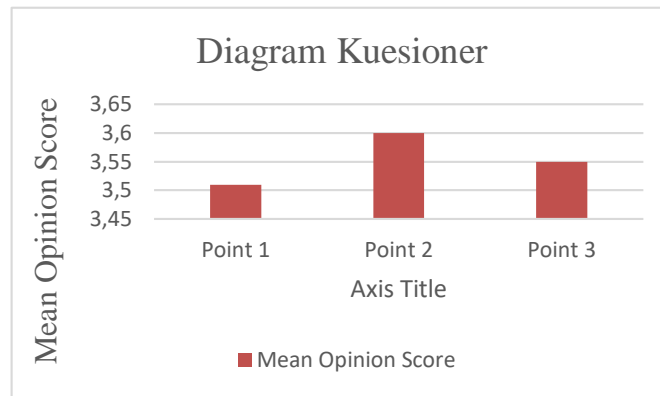
N = jumlah Pengamatan

Tabel 4. 1 Bobot Pengujian MOS

Bobot	Parameter
1	Sangat Tidak Setuju
2	Tidak Setuju
3	Setuju
4	Sangat Setuju

Point Pernyataan untuk Tampilan Aplikasi AR:

1. Tampilan aplikasi terlihat *User Friendly*.
2. Desain *Marker* persis *block kit* praktikum 2807.
3. *Menu How To Play* membantu penggunaan aplikasi.

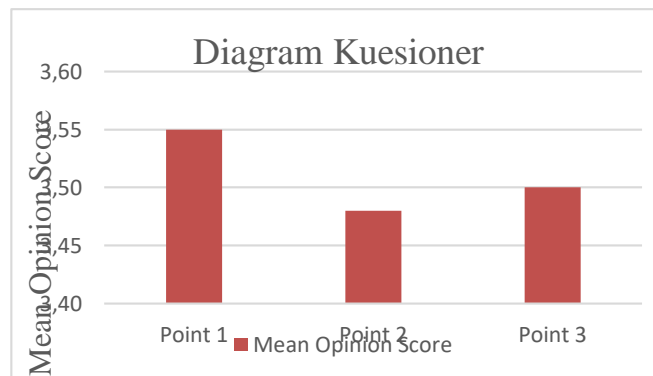


Gambar 4. 8 Diagram MOS Tampilan Aplikasi AR

Hasil yang diperoleh berdasarkan kuesioner dari 45 orang reponden, hasil dari perhitungan secara matematis pada poin pernyataan 1 sebanyak 23 orang memilih sangat setuju, sebanyak 21 orang memilih setuju dan 1 orang memilih tidak setuju, secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.51. Pada poin pernyataan 2 sebanyak 27 orang memilih sangat setuju, sebanyak 17 orang memilih setuju dan 1 orang memilih tidak setuju, secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.60. Pada poin pernyataan 3 sebanyak 25 orang memilih sangat setuju dan sebanyak 20 orang memilih setuju, secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.55.

Point Pernyataan untuk Fungsi Aplikasi AR:

1. Aplikasi dapat menampilkan objek keluaran terkait modulasi digital (ASK, FSK, BPSK).
2. Menampilkan perbanding bit dan objek keluarannya efektif menambah informasi.
3. Aplikasi dapat digunakan kapanpun dan dimanapun.

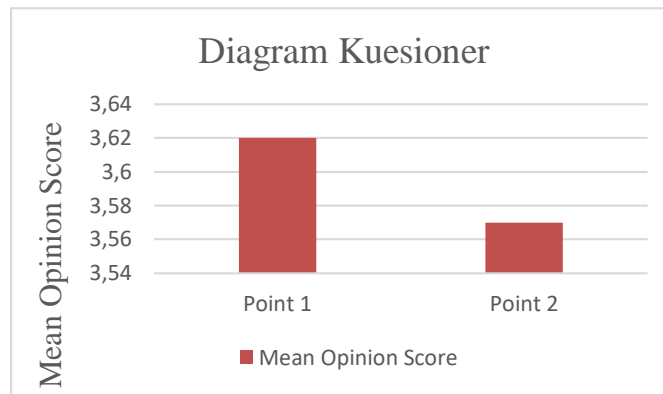


Gambar 4. 9 Diagram MOS Fungsi Aplikasi AR

Hasil yang diperoleh berdasarkan kuesioner dari 45 orang reponden, hasil dari perhitungan secara matematis pada poin pernyataan 1 sebanyak 25 orang memilih sangat setuju dan sebanyak 20 orang memilih setuju, secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.55. Pada poin pernyataan 2 sebanyak 22 orang memilih sangat setuju dan sebanyak 23 orang memilih setuju, secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.48. Pada poin pernyataan 3 sebanyak 23 orang memilih sangat setuju dan sebanyak 22 orang memilih setuju dan secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.50.

Point Pernyataan untuk Manfaat Aplikasi AR:

1. Aplikasi ini membantu sistem pembelajaran modulasi digital (ASK, FSK, BPSK).
2. Pentingnya sebuah aplikasi untuk menunjang perkuliahan secara sistem daring.



Gambar 4. 10 Diagram MOS Manfaat Aplikasi AR

Hasil yang diperoleh berdasarkan kuesioner dari 45 orang reponden, hasil perhitungan secara matematis pada poin pernyataan 1 sebanyak 28 orang memilih sangat setuju dan sebanyak 17 orang memilih setuju secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.62. Pada poin pernyataan 2 sebanyak 26 orang memilih sangat setuju, sebanyak 19 orang memilih setuju, secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 3.57.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian, semua fungsi 100% berjalan dengan baik. Dengan nilai MOS rata-rata yang didapat 3,553 untuk tampilan aplikasi AR, nilai MOS 3,510 untuk fungsi aplikasi AR dan nilai MOS 3,595 untuk manfaat aplikasi AR. Dengan begitu aplikasi AR ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran modulasi digital.
2. Sistem mampu mengeluarkan objek keluaran berupa sinyal modulasi ASK, FSK, BPSK dari masing-masing bit 11001010 dan bit 10010011 dengan menunjukkan nilai $V_{max} = 5$ dan $V_{min} = -5$.
3. *Marker* dapat terdeteksi oleh sistem dengan jarak 6 – 100 cm untuk ukuran *marker* 10 x 10 cm. Intensitas cahaya dalam keadaan terang membuat proses perekaman *marker* menjadi optimal dengan delay 0,5 s, dalam keadaan intensitas cahaya yang gelap sistem tidak dapat merekam *marker*. Adapun sudut untuk merekam *marker* yang baik menunjukkan 45° . Pada kemiringan *marker* 90° hasil objek sinyal telah terjadi perubahan fasa 180° yang artinya menunjukkan hasil yang salah.
4. Aplikasi AR mampu bekerja dengan baik pada *smartphone android*. Dibuktikan dengan tidak terjadi kendala ketika proses pengujian aplikasi tersebut. Dari pengujian delay oleh aplikasi AR menghasilkan rata-rata delay keseluruhan sebesar 1.935 detik. Hal ini dapat dibuktikan melalui hasil pengujian delay yang bervariasi, mulai dari 0.50 sampai 5.00 detik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pembangunan Proyek Akhir ini, dapat disampaikan beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

1. Membuat aplikasi AR dengan jenis modulasi secara lengkap.
2. Dapat menambahkan fitur-fitur terbaru sesuai kebutuhan.
3. Aplikasi dapat digunakan pada platform lainnya seperti IOS dan Windows Phone.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kamelia, Lia. "Perkembangan Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Kuliah Kimia Dasar." *Jurnal Istek 9.1* (2015).
- [2] Communication System, L. (2019). *Modul Praktikum Sistem Komunikasi Fakultas Ilmu Terapan. Bandung : Lab. Communication System FIT Universitas Telkom.*
- [3] Hapsari, J. P. (2016). *Implementasi Sistem Komunikasi Single-input Single-output Pada Lingkungan Indoor Dan Outdoor Menggunakan Teknik Modulasi Psk Berbasis Warp. Media Elektrika, 9(1).*
- [4] Yuliantanti, A. (2008). *Bekerja sebagai desainer grafis. ESENSI.*
- [5] Ardhianto Eka, Hadikurniawati Wiwien, Winarno Edy. (2012). *Augmented Reality*
- [6] Lestari, Sinta. *PERANCANGAN SIMULATOR MODULASI AM (AMPLITUDE MODULATION) BERBASIS GUI. Diss. POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA, 2017.*
- [7] Budiawan, Rosyid., Tri Nopiani Damayanti, Dwi Andi Nurmantris. (2017). *Pembelajaran Elektromagnetika Terapan Berbasis Augmented Reality: Kasus Sistem Koordinat. JNTETI:Universitas Gajah Mada.*