

**IMPLEMENTASI *AUGMENTED REALITY* *MARKERLESS* PADA SISTEM
INFORMASI *DIGITAL PRINTING* MENGGUNAKAN *LIBRARY*
A-FRAME BERBASIS WEB**

(Skripsi)

Oleh

MUHAMMAD DAFFA PUTRA WIBOWO

2017051061



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

WEB-BASED AUGMENTED REALITY MARKERLESS IMPLEMENTATION IN DIGITAL PRINTING INFORMATION SYSTEMS USING A-FRAME LIBRARY

By

MUHAMMAD DAFFA PUTRA WIBOWO

The digital printing industry continuously evolves and faces challenges in meeting consumer expectations and reducing printing waste. This research explores the integration of Augmented Reality (AR) technology into web-based Digital Printing Information Systems using the A-Frame library. The objective is to empower users—buyers and sellers of digital printing products—to visualize graphic designs before printing. Leveraging the A-Frame library and Zappar's Instant World Tracking plugin, the system allows users to upload designs, view them in AR through their device cameras, manipulate placements, and access guides within a web-based interface. The research employs a waterfall development approach, encompassing stages of communication, modeling, construction, testing, and deployment. Through black-box testing and user acceptance testing, the system demonstrates functionality and favorable user responses, achieving an average index of 91.04% (Very recommended for use). The deployment of the system on Zappar's server concludes the successful integration of markerless AR into web-based digital printing. This website offer an interactive platform for visualizing graphic designs in a real world and realtime. Recommendations for future enhancements include resolution settings, interface improvements, and direct integration with printing devices. The system's implementation paves the way for efficient visualization and customization of digital print products and reducing printing waste.

Keywords: *Markerless Augmented Reality; A-Frame; Digital Printing; Web-Based Visualization; User Acceptance Testing; Zappar's Instant World Tracking;*

ABSTRAK

IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY MARKERLESS PADA SISTEM INFORMASI DIGITAL PRINTING MENGGUNAKAN LIBRARY A-FRAME BERBASIS WEB

Oleh

MUHAMMAD DAFFA PUTRA WIBOWO

Industri percetakan digital terus berkembang untuk menghadapi tantangan dalam memenuhi harapan konsumen serta mengurangi limbah percetakan. Penelitian ini mengeksplorasi integrasi teknologi *Augmented Reality (AR)* ke dalam Sistem Informasi Percetakan Digital berbasis web menggunakan *library A-Frame*. Tujuannya adalah memungkinkan pengguna seperti pembeli dan penjual produk percetakan digital untuk memvisualisasikan desain grafis sebelum dicetak. Dengan memanfaatkan *library A-Frame* dan *plugin Instant World Tracking* dari *Zappar*, sistem ini memungkinkan pengguna mengunggah desain, melihatnya dalam bentuk AR melalui kamera perangkat mereka, memanipulasi penempatan, dan mengakses panduan dalam antarmuka berbasis web. Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan *waterfall*, melibatkan tahapan komunikasi, pemodelan, konstruksi, pengujian, dan implementasi. Melalui pengujian *black-box* dan *user acceptance testing*, sistem ini menunjukkan fungsionalitas dan tanggapan pengguna yang positif, dengan persentase penilaian sebesar 91,04% (Sangat layak digunakan). Implementasi website ini di server *Zappar* menandai integrasi AR Markerless sukses dibuat dan dapat digunakan ke dalam percetakan digital berbasis web. Website ini menjadi platform interaktif untuk memvisualisasikan desain grafis dalam dunia nyata secara *realtime*. Rekomendasi untuk peningkatan pada penelitian mencakup pengaturan resolusi, perbaikan antarmuka, dan integrasi langsung dengan perangkat percetakan. Implementasi sistem ini membuka jalan bagi visualisasi desain grafis dan penyesuaian produk percetakan digital secara efisien serta mengurangi limbah percetakan.

Kata kunci: Markerless Augmented Reality; A-Frame; Percetakan Digital; Visualisasi Desain Berbasis Web; User Acceptance Testing; Instant World Tracking Zappar

**IMPLEMENTASI *AUGMENTED REALITY* *MARKERLESS* PADA SISTEM
INFORMASI *DIGITAL PRINTING* MENGGUNAKAN *LIBRARY*
A-FRAME BERBASIS WEB**

Oleh

MUHAMMAD DAFFA PUTRA WIBOWO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
Sarjana Komputer**

Pada

**Program Studi S1 Ilmu Komputer
Jurusan Ilmu Komputer**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY MARKERLESS PADA SISTEM INFORMASI DIGITAL PRINTING MENGGUNAKAN LIBRARY A-FRAME BERBASIS WEB**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Daffa Putra Wibowo**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017051061**

Program Studi : **S1 Ilmu Komputer**

Jurusan : **Ilmu Komputer**

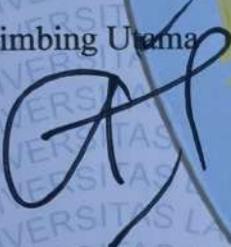
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

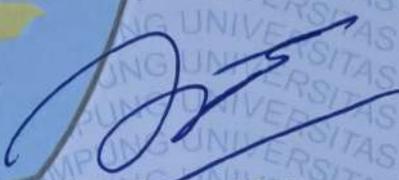
MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

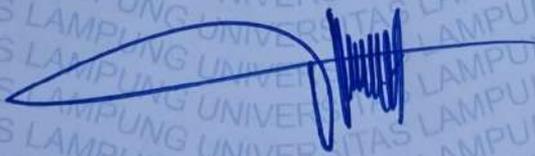
Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua


Aristoteles, S.Si., M.Si.
NIP. 19810521 200604 1 002

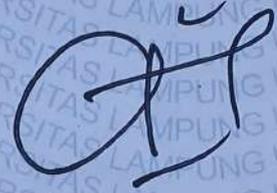

Igit Sabda Ilman, M.Kom.
NIP. 232111960101101

2. **Ketua Jurusan Ilmu Komputer**


Didik Kurniawan, M.T.
NIP 19800419 200501 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji



Ketua Penguji : Aristoteles, S.Si., M.Si.

Sekretaris Penguji : Igit Sabda Ilman, M.Kom.



Penguji

Bukan Pembimbing : Ossy Dwi Endah Wulansari, S.Si., M.T.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 Januari 2024

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Daffa Putra Wibowo

NPM : 2017051061

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Implementasi Augmented Reality Markerless Pada Sistem Informasi Digital Printing Menggunakan Library A-Frame Berbasis Web”** merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang di skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah saya terima.

Bandar Lampung, 25 Januari 2024



Muhammad Daffa Putra Wibowo
NPM. 2017051061

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, pada tanggal 24 Agustus 2002, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari (Alm) Bapak Joko Ari Wibowo, dan Ibu Oktora Damayanti. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 05 Sumberejo dan selesai pada tahun 2014. Kemudian pendidikan menengah pertama di SMPN 02 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2017, lalu melanjutkan ke pendidikan menengah kejuruan di SMKN 02 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi anggota Bidang Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer periode 2021/2022.
2. Menjadi anggota Bidang Humas Koperasi Mahasiswa Unila periode 2021/2022.
3. Menjadi anggota Bidang Internal Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer periode 2022/2023.

4. Melaksanakan Kerja Praktek pada bulan Januari periode 2022/2023 di PT. Winosa Mitra Bharatadjaya.
5. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Desa Sukajaya Lempasing, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Lampung pada tahun 2022/2023 periode 2 dengan program kerja pembuatan *website* publikasi informasi desa kepada masyarakat luas.

MOTO

1. “Kalau kebenaran itu tidak kita lakukan, ya kita ragu-ragu terus. Kenapa takut”
(Joko Widodo)
2. “I can do this all day”
(Steve Rogers)
3. “Ingat, waktu adalah uang, jika kau menyiakan waktumu maka kau menyiakan uangmu”
(Eugene Harold Krabs)
4. “Barang siapa belum merasakan pahitnya belajar walau sebentar, maka akan merasakan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya”
(Imam Syafi’i)
5. “Hiduplah seolah-olah anda akan mati esok. Belajarlah seolah-olah anda hidup selamanya”
(Mahatma Gandhi)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan Kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Yang senantiasa memberikan yang terbaik, dan melantunkan do'a yang selalu Menyertaiku. Kuucapkan pula terimakasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan cara yang dipenuhi kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

Seluruh Keluarga Besar Ilmu Komputer 2020

Yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Ilmu Komputer

Tempat bernaung melahap semua ilmu untuk menjadi bekal hidup

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayat-Nya, serta petunjuk dan pedoman dari Rasulullah Nabi Muhammad Sholallahu Alaihi Wasallam penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Augmented Reality Markerless Pada Sistem Informasi Digital Printing Menggunakan Library A-Frame Berbasis Web” dengan baik dan lancar.

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dan berperan besar dalam menyusun skripsi ini, antara lain.

1. Kedua orang tua serta adik tercinta yang memberi dukungan, do'a, semangat, motivasi, dan kasih sayang yang luar biasa tak terhingga. Semua yang telah kalian berikan tidak akan pernah mampu untuk bisa dibalas. Semoga Allah SWT selalu memberikan kebahagiaan dan keberkahan dalam kehidupan kalian di dunia dan akhirat.
2. Bapak Aristoteles, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan, ide, motivasi, kritik serta saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik
3. Bapak Igit Sabda Ilman, M.Kom. sebagai Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan masukan yang bermanfaat dalam perbaikan skripsi ini.
4. Ibu Ossy Dwi Endah Wulansari, S.Si., M.T sebagai Dosen Pembahas sekaligus selaku pembimbing akademik penulis yang telah memberikan masukan yang bermanfaat dalam perbaikan skripsi ini dan mendukung peningkatan akademik penulis.

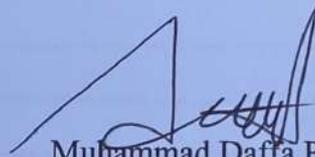
5. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T. selaku ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Ibu Anie Rose Irawati S.T., M.Cs. selaku Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
8. Ibu Ade Nora Maela, Bang Zainuddin dan Mas Nofal yang telah membantu segala urusan administrasi penulis di Jurusan Ilmu Komputer.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam hidup untuk menjadi lebih baik.
10. Mahasiswa pemilik NPM 2007051027 selaku *Support System* yang senantiasa menemani dan memberikan semangat dalam perkuliahan serta penyusunan skripsi.
11. Sahabat-sahabat Mari Nyelow Dikit, RemajaMasjidPecintaTahlil, Alianshe, dan S2N yang selalu menemani serta menjadi tempat bertukar pikiran dan berbagi ide gagasan.
12. Keluarga Ilmu Komputer 2020 yang tidak bisa penulis sebut satu persatu. Keluarga kedua penulis, rekan kelompok, rekan diskusi, rekan bercanda, yang telah memberi arti dan warna serta pengalaman tak ternilai semasa duduk di bangku perkuliahan.

13. Seluruh kakak tingkat dan adik tingkat Ilmu Komputer yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah menjadi warna selama masa perkuliahan penulis.

14. Teman-teman Himakom yang sudah mengajarkan banyak hal dalam berorganisasi, memberikan banyak pengalaman.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, semoga skripsi ini membawa manfaat dan keberkahan bagi semua civitas Ilmu Komputer Universitas Lampung aamiin ya rabbal aalamiin.

Bandar Lampung, 25 Januari 2024



Muhammad Daffa Putra Wibowo
NPM. 2017051061

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	v
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.1.1 Implementasi <i>Augmented Reality</i> Untuk Pengenalan <i>Hardware</i> Komputer Pada Sma Hasanuddin 6 Semarang Berbasis <i>Web</i>	6
2.1.2 Penerapan <i>Augmented Reality</i> Sebagai Media Promosi <i>Brand</i> Alat Musik Artcoustic Guitar Indo Berbasis <i>Android</i>	7
2.1.3 Perancangan <i>Augmented Reality</i> Tata Lokasi Gedung Dan Ruangan Pada Kampus I Uinsu Medan Berbasis <i>Android</i>	8
2.1.4 Implementasi Teknologi Markerless <i>Augmented Reality</i> Berbasis Android untuk Mendeteksi dan Mengetahui Lokasi SPBU Terdekat di Kota Bandar Lampung.....	9
2.1.5 Inovasi Prototipe Teknologi <i>Augmented Reality</i> Pada Koleksi Bahan Pustaka Cetak Perpustakaan Universitas Negeri Malang	9
2.2 Percetakan <i>Digital Printing</i>	10
2.3 <i>Augmented Reality</i>	11
2.3.1. <i>Markerless Augmented Reality</i>	12
2.3.2. <i>A-Frame</i>	12
2.3.3. <i>Zappar Plugin</i>	13
2.4 Aplikasi <i>Web</i>	13
2.5 Metode <i>Waterfall</i>	14

2.6	<i>User Acceptance Testing (UAT)</i>	17
2.7	<i>Black Box Testing</i>	19
2.8	<i>Unified Modeling Language (UML)</i>	19
2.9.1	<i>Use Case Diagram</i>	19
2.9.2	<i>Activity Diagram</i>	21
2.9	<i>Wireframe</i>	22
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1	Waktu dan Tempat	23
3.1.1	Tempat Penelitian.....	23
3.1.2	Waktu Penelitian	23
3.2	Perangkat Penelitian	23
3.2.1.	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	23
3.2.2.	Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	24
3.3	Tahap Penelitian	24
3.3.1	<i>Communication</i>	24
3.3.2	<i>Planning</i>	26
3.3.3	<i>Modeling</i>	27
3.3.4	<i>Construction</i>	42
3.3.5	<i>Deployment</i>	46
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1	Modeling.....	47
4.1.1.	Tampilan Halaman Utama	48
4.1.2.	Tampilan Halaman <i>Replacement</i> dan <i>Translasi</i>	49
4.1.3.	Tampilan Halaman Unggah Gambar	50
4.1.4.	Tampilan Halaman Panduan	51
4.1.5.	Tampilan Hamburger Menu.....	52
4.2	Construction	52
4.2.1.	<i>Black Box Testing</i>	53
4.2.2.	<i>User Acceptance Testing</i>	53
4.3	Deployment	70
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
	DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Waterfall Pressman (Pressman & Maxim, 2020).....	15
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3. Use Case Diagram Website Augmented Reality Digital Printing.....	28
Gambar 4. Activity Diagram Placement Gambar	29
Gambar 5. Activity Diagram Lihat Desain pada AR	30
Gambar 6. Activity Diagram Replacement Gambar	31
Gambar 7. Activity Diagram Translasi Objek Gambar	32
Gambar 8. Activity Diagram Lihat Halaman Panduan	33
Gambar 9. Wireframe Halaman Utama	34
Gambar 10. Wireframe Halaman Replacement dan Translasi.....	35
Gambar 11. Wireframe Halaman Unggah Gambar.....	36
Gambar 12. Wireframe Halaman Panduan	37
Gambar 13. Wireframe Hamburger Menu	38
Gambar 14. Tampilan Halaman Utama	48
Gambar 15. Tampilan Halaman Replacement dan Translasi.....	49
Gambar 16. Tampilan Halaman Unggah Gambar.....	50
Gambar 17. Tampilan Halaman Panduan	51
Gambar 18. Tampilan Hamburger Menu	52
Gambar 19. Hasil Jawaban Responden P1.....	56
Gambar 20. Hasil Jawaban Responden P2.....	57
Gambar 21. Hasil Jawaban Responden P3.....	58
Gambar 22. Hasil Jawaban Responden P4.....	59
Gambar 23. Hasil Jawaban Responden P5.....	60
Gambar 24. Hasil Jawaban Responden P6.....	61
Gambar 25. Hasil Jawaban Responden P7.....	62

Gambar 26. Hasil Jawaban Responden P8.....	63
Gambar 27. Hasil Jawaban Responden P9.....	64
Gambar 28. Hasil Jawaban Responden P10.....	65
Gambar 29. Hasil Jawaban Responden P11.....	66
Gambar 30. Hasil Jawaban Responden P12.....	67
Gambar 31. Hasil Jawaban Responden P13.....	68
Gambar 32. Hasil Jawaban Responden P14.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Skala Likert (Bastari et al., 2022)	18
Tabel 2. Ketetapan Penilaian.....	18
Tabel 3. Simbol Use Case Diagram	20
Tabel 4. Simbol Activity Diagram	21
Tabel 5. Kebutuhan Fungsional	25
Tabel 6. Kebutuhan non-Fungsional.....	26
Tabel 7. Storyboard.....	39
Tabel 8. Black Box Testing Skenario Website	43
Tabel 9. User Acceptance Test.....	45
Tabel 10. Hasil Jawaban Responden.....	55
Tabel 11. Analisis Jawaban Responden P1	57
Tabel 12. Analisis Jawaban Responden P2.....	58
Tabel 13. Analisis Jawaban Responden P3.....	59
Tabel 14. Analisis Jawaban Responden P4.....	60
Tabel 15. Analisis Jawaban Responden P5.....	61
Tabel 16. Analisis Jawaban Responden P6.....	62
Tabel 17. Analisis Jawaban Responden P7.....	63
Tabel 18. Analisis Jawaban Responden P8.....	64
Tabel 19. Analisis Jawaban Responden P9.....	65
Tabel 20. Analisis Jawaban Responden P10.....	66
Tabel 21. Analisis Jawaban Responden P11	67
Tabel 22. Analisis Jawaban Responden P12.....	68
Tabel 23. Analisis Jawaban Responden P13.....	69
Tabel 24. Analisis Jawaban Responden P14.....	70

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era *digital* saat ini, industri *digital printing* telah berkembang pesat dan menjadi bagian integral dalam berbagai sektor, termasuk percetakan, periklanan, dan desain grafis. Widarti (2019) menyatakan bahwa Industri percetakan Indonesia tumbuh sekitar 10% pada akhir tahun 2019 dan terus berkembang beberapa tahun kedepan karena banyak didorong oleh momen pemilihan umum, tahun ajaran baru, hingga perkembangan industri rumah tangga. Berdasarkan momen Pemilu 2019, rencana kampanye jelang Pemilu 2024 berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan perusahaan percetakan dan industri pendukung seperti pengemasan, logistik, kertas, dan lainnya. Misalnya tahun 2022, Asosiasi Federasi Pengemasan Indonesia mencatat pertumbuhan kemasan karton mendominasi pertumbuhan sebesar 28 persen dengan total nilai Rp. 102 triliun sampai Rp. 105 triliun (Toruan, 2022).

Secara umum produk cetak harus sesuai dengan yang diinginkan konsumen. Konsumen menginginkan sebuah produk yang berkualitas baik dari proses cetak, karena itu merupakan sebuah standar permintaan dari seorang konsumen (Saharja & Aisyah, 2020). Namun, dalam pengambilan keputusan pembelian produk cetakan, pengguna seringkali kesulitan dalam memvisualisasikan produk tersebut di dunia nyata sebelum mencetaknya. Hal ini mengakibatkan ketidakpastian dan terkadang hasil cetakan yang tidak sesuai dengan harapan pengguna sehingga akan ada perulangan pencetakan yang sama sebagai hasil dari cetakan yang tidak sesuai. Hal ini mengakibatkan banyak uang terbuang sia-sia dan juga untuk hasil cetakan

yang salah akan dibuang dan menimbulkan limbah percetakan yang semakin besar.

Untuk mengatasi tantangan ini, ada banyak teknologi yang dapat digunakan salah satunya adalah teknologi *Augmented Reality (AR)*. Teknologi *Augmented Reality (AR)* memiliki potensi besar untuk digunakan dalam industri *digital printing*. Teknologi *AR* merupakan teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan dunia *virtual* serta dapat disajikan melalui berbagai *platform* seperti *smart devices* dan *tablets* (Phunsa, 2014). *AR* memungkinkan pengguna untuk melihat produk cetakan dalam konteks dunia nyata mereka sebelum mencetaknya. Dengan mengintegrasikan *AR* ke dalam sistem informasi *digital printing*, pengguna dapat dengan mudah mengubah desain grafis pada produk cetakan dan melihatnya secara *real-time* dalam lingkungan fisik.

Penerapan *AR* sebagai visualisasi produk sudah banyak dilakukan oleh peneliti lain, contohnya adalah penggunaan *AR* sebagai visualisasi produk hardware computer (Cahyaningrum, 2021) dan visualisasi produk alat musik (Aryadita, 2019). Masing – masing dari penerapan teknologi *AR* yang dikembangkan memiliki metode dan platform yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan adanya perbedaan dari tujuan dari peneliti.

Teknologi *AR* dominan dikembangkan melalui dua *platform* yaitu berbasis perangkat keras dan aplikasi *mobile*. Namun, implementasi *AR* Seluler berbasis perangkat keras diketahui mahal dan tidak memiliki *fleksibilitas*, sedangkan penerapan berbasis aplikasi memerlukan pengunduhan dan pemasangan (Wibisono & Indriari Wardhani, 2020). Sehingga saat ini mulai banyak implementasi *AR* berbasis *Web* yang memudahkan pengguna dan tidak menutup kemungkinan penggunaannya secara luas, berkat banyaknya dukungan penyediaan layanan (Qiao et al., 2019).

Untuk mendukung teknologi *AR* berbasis *web* dikembangkan *Library A-Frame*, yang merupakan salah satu kerangka kerja pengembangan *AR* di *web*, memberikan kemampuan untuk membuat pengalaman *AR* yang dapat diakses melalui peramban *web* tanpa perlu menginstal aplikasi tambahan (Ngo, 2019). Dalam konteks ini, penggunaan *AR* dengan *A-Frame* menawarkan potensi untuk meningkatkan interaktivitas dan visualisasi dalam desain grafis produk *digital printing*.

Implementasi *AR* pada *Digital Printing* berbasis *Website* memerlukan teknologi *AR* dengan *library A-Frame*. Kemudian untuk membuat produk *AR* secara *markerless* dibutuhkan suatu *plugin* dari *Zappar*. *Zappar* merupakan suatu perusahaan teknologi yang mengembangkan teknologi *AR*. *Zappar* mengembangkan *plugin Instant World Tracking* yang memungkinkan pengguna membuat teknologi *AR* secara *markerless* berbasis *web* (Zappar, n.d). Dengan mengintegrasikan teknologi *AR* dari *Zappar* ke dalam *library A-Frame* dalam Sistem Informasi *Digital Printing* berbasis *web*, diharapkan dapat menciptakan pengalaman yang lebih interaktif, informatif, dan efisien dalam visualisasi desain grafis pada produk *digital printing*.

Meskipun potensi *AR* dalam industri *digital printing* sangat besar, penggunaan *AR* dalam Sistem Informasi *Digital Printing* berbasis *web* masih kurang dieksplorasi secara luas. Oleh karena itu, penelitian ini akan menjelajahi cara mengimplementasikan *AR* dengan bantuan *library A-Frame* dalam Sistem Informasi *Digital Printing*, terutama dalam konteks visualisasi desain grafis pada produk *digital printing* sehingga diharapkan akan menghemat pengeluaran serta tidak memperbesar limbah percetakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan, yaitu bagaimana mengimplementasikan teknologi *Augmented Reality (AR)* menggunakan *library A-Frame* pada sistem informasi *digital*

printing untuk memungkinkan pengguna dapat memvisualisasikan produk cetakan secara interaktif dan *realtime*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dilakukan agar penelitian fokus dan maksimal pada permasalahannya. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini:

- a. Objek penelitian pengembangan berupa visualisasi desain grafis pada poster dan kaos digital printing.
- b. Implementasi *AR* akan difokuskan pada visualisasi desain grafis pada poster dan kaos *digital printing* di dunia nyata menggunakan teknologi *AR*. Fitur-fitur lainnya seperti pengukuran produk tidak akan diikutsertakan.
- c. Penelitian ini akan membatasi pengguna perangkat seluler sebagai *platform* pelanggan digital printing.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengimplementasikan teknologi *Augmented Reality (AR)* dengan menggunakan *library A-Frame* dan dukungan *AR* dari *Zappar* untuk memvisualisasikan desain grafis pada poster dan kaos *digital printing* secara *markerless*.
- b. Memungkinkan pengguna untuk secara interaktif memvisualisasikan dan menyesuaikan produk cetakan seperti poster dan kaos *digital printing* di lingkungan fisik mereka sebelum mencetaknya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan didapat dari penulisan ini adalah sebagai berikut.

- a. Memfasilitasi pelanggan digital printing dalam mengambil keputusan pembelian produk cetakan dengan memberikan pengalaman *visual* berupa contoh produk digital printing jika sudah dicetak secara *real-time*.

- b. Meningkatkan efisiensi dan akurasi proses produksi *digital printing*.
- c. Menjadi kontribusi pada perkembangan teknologi *AR* dalam konteks aplikasi industri *digital printing*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini tidak terlepas dari penelitian-penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk mendukung penelitian ini. Berikut ini terdapat skripsi dan jurnal penelitian yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian.

2.1.1 Implementasi *Augmented Reality* Untuk Pengenalan *Hardware* Komputer Pada Sma Hasanuddin 6 Semarang Berbasis *Web*

Penelitian yang dilakukan oleh Afi Masyta Cahyaningrum pada tahun 2021 adalah merancang sebuah aplikasi *augmented reality* berbasis *website* untuk meningkatkan minat dan pengetahuan siswa SMA Hasanuddin 6 Semarang tentang perangkat keras komputer (Cahyaningrum, 2021). Pada mata pelajaran Teknologi Informasi Komunikasi (TIK), mempelajari *hardware* komputer terdapat beberapa masalah yang dialami oleh siswa, dikarenakan pada era modern ini pelajar lebih mengenal laptop dibandingkan dengan komputer karena laptop lebih praktis dibandingkan komputer. Dalam pelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) pada Sekolah Menengah Pertama (SMP), Guru sebagai pengajar harus mengemas pembelajaran agar lebih menarik bagi pelajar dengan menggunakan teknik dan metode yang tepat. Karena permasalahan inilah menjadi landasan bagi peneliti untuk merancang sebuah aplikasi *augmented reality* mengenai pengenalan *hardware* komputer untuk membantu proses pembelajaran. karena pada umumnya proses pembelajaran dapat lebih mudah diterapkan dengan menggunakan bantuan teknologi untuk pembelajaran yang lebih interaktif. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem *Multimedia Development Life*

Cycle (MDLC). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi *Augmented Reality hardware* komputer berbasis *Website* termasuk dalam kategori sangat layak digunakan berdasarkan hasil kuesioner dengan 20 siswa sebagai responden. Hasil kuesioner siswa terhadap aplikasi menunjukkan respon yang positif dengan rata-rata persentase 91,2%, sehingga dapat disimpulkan bahwa minat siswa sangat tinggi terhadap aplikasi *Augmented Reality hardware* komputer ini (Cahyaningrum, 2021). Kekurangan dari penelitian ini adalah belum adanya pengertian *hardware* ketika *hardware* ditampilkan.

2.1.2 Penerapan *Augmented Reality* Sebagai Media Promosi *Brand* Alat Musik Artcoustic Guitar Indo Berbasis *Android*

Penelitian yang dilakukan oleh Dimas Lintang Aryadita pada tahun 2019 adalah merancang sebuah aplikasi media promosi brand alat musik Artcoustic Guitar Indo berbasis *Android*. Permasalahan yang muncul di lingkungan Artcoustic Guitar Indo adalah media promosi masih belum banyak digunakan. Penjualan dan pemasaran masih sama seperti yang dilakukan beberapa *home* industri lainnya, seperti melalui aplikasi media sosial, dan menggunakan media promosi fisik seperti majalah, brosur dan *flyer*, yang kemudian diedarkan ke beberapa pusat keramaian dan kebanyakan hanya berisi foto-foto saja. Pengusaha belum menyadari pentingnya menggunakan teknologi sebagai media promosi untuk meningkatkan penjualan mereka (Aryadita, 2019). Berdasarkan hal tersebut maka muncul gagasan dari peneliti untuk melakukan sebuah penelitian tentang pemanfaatan teknologi pada pemasaran sebuah brand lokal alat musik ARTCOUSTIC GUITAR INDO, yang diharapkan nantinya dapat berguna sebagai sarana untuk mempromosikan produknya dan juga sebagai media informasi kepada para calon pembeli berbagai alat musik yang tersedia secara *digital*. Pada penelitian ini peneliti melakukan implementasi teknologi *augmented reality* berbasis *android* dimana aplikasi ini dapat menampilkan berbagai produk yang tersedia dengan visualisasi tiga dimensi. Aplikasi ini dibangun dengan menggunakan

Multimedia Development Life Cycle (MDLC) serta *software Unity 2017 version 2.10.F3* dan *Blender 3D*. Aplikasi ini dijalankan berbasis *android* dengan versi minimal *4.2 Jelly Bean*. Kekurangan aplikasi ini adalah masih berbasis *android* dimana pengguna diharuskan mengunduh dan menginstall aplikasi sebelum dapat digunakan. Aplikasi ini juga masih menggunakan *marker based* yang mengharuskan pengguna melakukan pengunduhan dan pencetakan marker terlebih dahulu sebelum dapat menggunakan fitur *augmented reality*.

2.1.3 Perancangan *Augmented Reality* Tata Lokasi Gedung Dan Ruangan Pada Kampus I Uinsu Medan Berbasis *Android*

Penelitian yang dilakukan oleh Wiranda pada tahun 2021 adalah merancang sebuah aplikasi *augmented reality* tata lokasi gedung dan ruangan pada kampus 1 UINSU Medan berbasis *android*. Penelitian ini bertujuan untuk membantu user menemukan gedung serta ruangan ruangan yang berada di dalam gedung tersebut, tanpa harus bertanya kepada satpam atau melihat peta gambar yang berada di lokasi kampus. Teknologi *Augmented reality* pada aplikasi tata letak lokasi gedung dan ruangan pada kampus I UINSU Medan merupakan aplikasi yang menggunakan metode *markerless user defined target* yaitu metode yang penerapannya tanpa menggunakan *marker* atau penanda untuk memunculkan *augmented reality* map *3D* lingkungan kampus I UINSU Medan. Aplikasi ini berjalan pada sistem operasi *android* dan berbasis *offline*, sehingga dapat lebih mudah diakses oleh seluruh pengguna. Pembuatan aplikasi pada penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem *Rapid Application Development (RAD)* dengan bantuan *software Unity, Blender 3D* dan *Vuforia SDK*. Aplikasi ini dijalankan berbasis *android* dengan *processor Snapdragon 636 Octa-Core* dan *RAM 3 GB* (Wiranda, 2021). Kekurangan dari penelitian ini adalah objek *augmented reality* yang masih belum menampilkan secara keseluruhan benda seperti bunga, pohon, rumput dan sebagainya serta ukuran dan jarak antar gedung yang masih belum spesifik.

2.1.4 Implementasi Teknologi Markerless Augmented Reality Berbasis Android untuk Mendeteksi dan Mengetahui Lokasi SPBU Terdekat di Kota Bandar Lampung

Penelitian yang dilakukan oleh Didik Kurniawan, Aristoteles dan Muhammad Fathan Kurniawan pada tahun 2015 adalah merancang sebuah aplikasi untuk mendeteksi dan mengetahui lokasi SPBU terdekat di Kota Bandar Lampung menggunakan teknologi *Augmented Reality markerless*. Dalam penelitian ini, teknologi *Markerless Augmented Reality* diimplementasikan untuk mendeteksi dan mengetahui lokasi pompa bensin terdekat di kota Bandar Lampung. Aplikasi ini dirancang dan kemudian diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Java untuk Android dan kerangka kerja Beyond AR untuk mendeteksi dan menampilkan objek AR serta API Google Maps untuk menampilkan peta lokasi pompa bensin. Hasil pengujian data menggunakan pengujian Equivalence Partitioning menunjukkan bahwa aplikasi dapat berfungsi sesuai dengan analisis. Selain itu, berdasarkan data kuesioner, aplikasi ini adalah aplikasi yang ramah pengguna dengan rata-rata nilai 4,29 / Sangat Baik dan interaktif dengan rata-rata nilai 4,20 / Baik (Kurniawan et al., 2015).

2.1.5 Inovasi Prototipe Teknologi Augmented Reality Pada Koleksi Bahan Pustaka Cetak Perpustakaan Universitas Negeri Malang

Penelitian yang dilakukan oleh Aldy Bagaskara, Kusubakti Andajani dan Moh. Safii pada tahun 2023 adalah merancang sebuah website dengan teknologi *Augmented Reality* yang dapat menyajikan informasi lebih lanjut terkait koleksi yang ada pada perpustakaan. Sistem ini dikembangkan berbasis augmented reality yang berbasis pada website sehingga pemustaka hanya perlu mengakses website dan mengarahkan kamera pada marker yang sudah tersedia pada buku. Fitur fitur yang ada dalam sistem ini antara lain adalah resensi buku, mengunduh buku, memesan langsung pada siacad, dan membeli buku. Metode yang digunakan adalah Rapid Application Development (RAD). Tahapan RAD adalah perancangan

kebutuhan yang dilakukan dengan observasi pada perpustakaan dan website perpustakaan. Perencanaan pengguna yaitu pembuatan prototipe dan dilakukan evaluasi, konstruksi yaitu pembangunan aplikasi web, dan peralihan, yang dilakukan pengunggahan aplikasi kepada web untuk diakses secara umum dan dilakukan uji coba lapangan. Berdasarkan hasil uji coba lapangan, aplikasi mencapai persentase 86%. Jadi dapat dikatakan bahwa PustakaAR augmented reality berbasis web untuk perpustakaan sangat layak untuk digunakan secara umum di Perpustakaan Universitas Negeri Malang (Bagaskara et al., 2023).

2.2 Percetakan *Digital Printing*

Digital printing merupakan teknologi cetak modern pada saat ini untuk mencetak gambar/*citra digital* yang diolah oleh komputer ke permukaan material atau media fisik oleh mesin cetak (*printer*). Pada umumnya, proses ini digunakan untuk pekerjaan percetakan dengan volume atau jumlah terbatas. Dengan teknologi *digital printing*, beragam kebutuhan cetak dapat diselesaikan dengan cepat dan akurat. *Digital printing* tidak hanya dihubungkan dengan industri percetakan dengan volume besar, tapi juga dapat juga berkaitan dengan industri promosi atau periklanan untuk di dalam ruangan (*indoor*) dan luar ruangan (*outdoor*). Industri percetakan pada saat ini masih berjalan dengan kondisi normal, meskipun saat ini berada pada era teknologi informasi, tetapi untuk industri percetakan masih tetap bertahan meski tidak mundur dan tidak juga berkembang dengan pesat. Tetapi dengan lahirnya teknologi *digital printing* malah memberikan nuansa yang berbeda terhadap perkembangan industri percetakan. Kini teknologi *digital printing* bergerak dengan cepat untuk memenuhi berbagai jenis kebutuhan konsumen. Hal itu dapat dibuktikan dengan adanya mesin *digital printing* dengan teknologi canggih, seperti mesin multifungsi *copier* dan *print based*, mesin pemindai atau *scanner document*, sistem faks yang diteruskan ke *email*, bahkan membantu konsumen ke arah penghematan pemakaian kertas sebagai tindakan untuk melestarikan lingkungan (Saharja & Aisyah, 2020).

2.3 *Augmented Reality*

Augmented Reality (AR) menampilkan objek secara langsung menggunakan *marker* atau tidak menggunakan *marker (markerless)* sebagai media penempatan objek informasi yang dapat ditampilkan secara *virtual*. Objek *virtual* dirancang untuk menampilkan informasi yang dapat diterima oleh manusia. *Augmented Reality* adalah istilah yang digunakan dalam lingkungan yang membangun dunia nyata dan dunia maya, dan dibuat oleh komputer sehingga batas antara keduanya sangat tipis. *Augmented Reality* sebagai sistem yang memiliki karakteristik yaitu menggabungkan lingkungan nyata dan maya serta berjalan secara interaktif dalam waktu nyata (Azuma, 1997).

Augmented Reality disebut juga dengan teknologi yang menggabungkan objek *digital* ke dunia nyata dengan kata lain merupakan perpaduan dunia *digital* dan dunia nyata dengan media *marker* pada objek di dunia nyata. Dengan sebuah *marker* kita dapat melihat benda dua dimensi atau tiga dimensi dalam sebuah layer sebagai titik acuan focus kamera (Karundeng et al., 2018). Pendeteksian *marker* dikenal dua metode yaitu satu *marker (single marker)* (Lengkey et al., 2014) dan banyak *marker (multi marker)* (Wibowo et al., 2021). Objek *digital* dapat ditampilkan menjadi benda nyata melalui *marker* atau penanda. *Marker* yang disebutkan di sini adalah sebuah penanda yang di dalamnya terdiri dari kumpulan titik acuan untuk memudahkan komputasi dari pengukuran parameter-parameter yang dibutuhkan dalam pengolahan citra. *Marker* adalah suatu pola yang didesain dalam bentuk titik-titik hitam yang dapat dikenali oleh *webcam*. *Marker* merupakan kunci dari *AR*. Informasi *marker* akan digunakan untuk menampilkan objek *augmented reality*. (Wardani, 2015). Namun, penggunaan *marker* mengurangi tingkat efisiensi produk *augmented reality* dan memberikan keterbatasan dalam menampilkan sebuah objek. Oleh karena itu, saat ini terdapat *augmented reality* secara *markerless*.

2.3.1. *Markerless Augmented Reality*

Salah satu metode *Augmented Reality* yang saat ini sedang berkembang adalah metode *Markerless Augmented Reality*. Dengan metode ini pengguna tidak perlu lagi menggunakan sebuah *marker* yang berbentuk kotak dan berwarna hitam putih untuk menampilkan elemen-elemen *digital*. Seperti yang saat ini dikembangkan oleh perusahaan *Augmented Reality* terbesar di dunia yaitu *Total Immersion*, mereka telah membuat berbagai macam teknik *Markerless Tracking* sebagai teknologi andalan mereka, seperti *Face Tracking*, *3D Object Tracking*, dan *Motion Tracking*, serta *GPS Based Tracking* (Lengkey et al., 2014). Terdapat banyak *framework* untuk membuat *augmented reality* secara *markerless*. Salah satu yang terkenal dikalangan *augmented reality* berbasis *website* adalah *framework library A-Frame*.

2.3.2. *A-Frame*

A-Frame adalah teknologi baru dari *Mozilla*, yang memungkinkan pengguna untuk membuat pengalaman 2D, *Virtual Reality*, *Augmented Reality* dan hanya dengan beberapa tag *HTML*. *A-Frame* Ini dibangun di atas *WebGL*, *Three.js*, dan beberapa Elemen Khusus, yang bagian dari *standard* Komponen *HTML*. Khususnya Untuk pengembangan *Augmented Reality* Jerome Etienne membuat sebuah *library javascript* dengan nama *ar.js* untuk mempermudah pembuatan *Augmented reality* (Wibowo et al., 2020). Keunggulan dari Library A-Frame adalah A-frame berbasis web dan tidak membebankan ukuran pada perangkat yang digunakan sehingga aplikasi tersebut membebankan ukuran hanya pada website (Bagaskara et al., 2023).

2.3.3. Zappar Plugin

Untuk membangun *Augmented Reality* berbasis *website* menggunakan *library A-Frame* secara *markerless* diperlukan *plugin* dari *Zappar*. *Zappar* merupakan suatu perusahaan teknologi yang mengembangkan teknologi *AR*. *Zappar* mengembangkan *plugin Instant World Tracking* yang memungkinkan pengguna membuat teknologi *AR* secara *markerless* berbasis *website* (*Zappar*, n.d). Keunggulan dari *plugin Zappar* ini adalah pengguna dapat langsung mengimplementasikan *augmented reality* secara *markerless* secara langsung pada *framework A-Frame*. Hanya dengan melakukan impor *plugin* dari *zappar*, pengguna dapat langsung menggunakan fungsi yang telah dibuat oleh *plugin Zappar*.

2.4 Aplikasi Web

Aplikasi *web* merupakan sebuah aplikasi yang menggunakan teknologi *browser* untuk menjalankan aplikasi dan diakses melalui jaringan komputer. Aplikasi *web* juga merupakan sebuah program yang disimpan di server dan dikirim melalui *internet* dan diakses melalui antarmuka *browser*. Dari pengertian di atas dapat disimpulkan aplikasi *web* merupakan aplikasi yang diakses menggunakan *web browser* melalui jaringan *internet* atau *intranet*. Aplikasi *web* juga merupakan suatu perangkat lunak komputer yang dikodekan dalam bahasa pemrograman yang mendukung perangkat lunak berbasis *web* seperti *HTML*, *Javascript*, *CSS*, *Ruby*, *Python*, *Php*, *Java* dan bahasa pemrograman lainnya (*Hidayat & Muttaqin*, 2018).

Keunggulan dan kekurangan dari aplikasi *website* menurut (*Hidayat & Muttaqin*, 2018) antara lain adalah sebagai berikut.

1. Keunggulan Aplikasi Web

- a. Kita dapat menjalankan aplikasi berbasis *web* dimanapun kapanpun tanpa harus melakukan penginstalan.

- b. Terkait dengan isu lisensi (hak cipta), kita tidak memerlukan lisensi ketika menggunakan *web based application*, sebab lisensi telah menjadi tanggung jawab dari *web* penyedia aplikasi.
- c. Dapat dijalankan di sistem operasi manapun. Tidak peduli apakah kita menggunakan *Linux*, *Windows*, aplikasi berbasis *web* dapat dijalankan asalkan kita memiliki *browser* dan akses *internet*.
- d. Dapat diakses lewat banyak media seperti: komputer dan *handphone*.
- e. Tidak perlu spesifikasi komputer yang tinggi untuk menggunakan aplikasi berbasis *web* ini, sebab di beberapa kasus, sebagian besar proses dilakukan di *web server* penyedia aplikasi berbasis *web* ini.

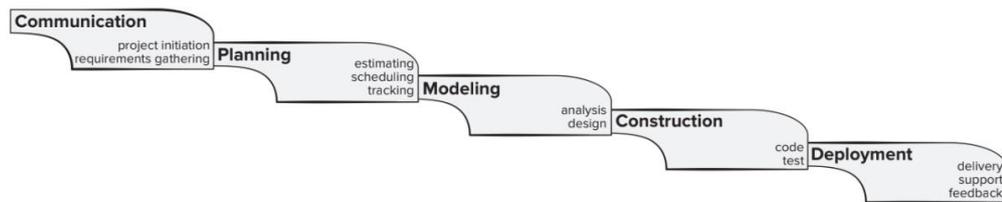
2. Kekurangan Aplikasi *Web*

- a. Dibutuhkan koneksi *intranet* dan *internet* yang handal dan stabil, hal ini bertujuan agar pada saat aplikasi dijalankan akan berjalan dengan baik dan lancar.
- b. Dibutuhkan sistem keamanan yang baik dikarenakan aplikasi dijalankan secara terpusat, sehingga apabila *server* di pusat mengalami *down* maka sistem aplikasi tidak bisa berjalan.

2.5 Metode *Waterfall*

Menurut Pressman (2020), model *waterfall* adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun *software*. Nama model ini sebenarnya adalah "*Linear Sequential Model*". Model ini sering disebut juga dengan "*classic life cycle*" atau metode *waterfall*. Model ini termasuk ke dalam model *generic* pada rekayasa perangkat lunak dan pertama kali diperkenalkan oleh Winston Royce sekitar tahun 1970 sehingga sering dianggap kuno, tetapi merupakan model yang paling banyak dipakai dalam *Software Engineering (SE)*. Model ini melakukan pendekatan secara sistematis dan berurutan. Disebut dengan *waterfall* karena tahap demi tahap yang dilalui harus menunggu selesainya tahap sebelumnya dan berjalan berurutan.

Fase-fase dalam Waterfall Model menurut referensi Pressman :



Gambar 1. *Waterfall Pressman* (Pressman & Maxim, 2020)

a. *Communication (Project Initiation & Requirements Gathering)*

Sebelum memulai pekerjaan yang bersifat teknis, sangat diperlukan adanya komunikasi dengan customer demi memahami dan mencapai tujuan yang ingin dicapai. Hasil dari komunikasi tersebut adalah inisialisasi proyek, seperti menganalisis permasalahan yang dihadapi dan mengumpulkan data-data yang diperlukan, serta membantu mendefinisikan fitur dan fungsi software. Pengumpulan data-data tambahan bisa juga diambil dari jurnal, artikel, dan *internet*.

b. *Planning (Estimating, Scheduling, Tracking)*

Tahap berikutnya adalah tahapan perencanaan yang menjelaskan tentang estimasi tugas-tugas teknis yang akan dilakukan, resiko yang dapat terjadi, sumber daya yang diperlukan dalam membuat sistem, produk kerja yang ingin dihasilkan, penjadwalan kerja yang akan dilaksanakan, dan tracking proses pengerjaan sistem.

c. *Modeling (Analysis & Design)*

Tahapan ini adalah tahap perancangan dan pemodelan arsitektur sistem yang berfokus pada perancangan struktur data, arsitektur *software*, tampilan *interface*, dan algoritma program. Tujuannya untuk lebih memahami gambaran besar dari apa yang akan dikerjakan.

d. *Construction (Code & Test)*

Tahapan *Construction* ini merupakan proses penerjemahan bentuk desain menjadi kode atau bentuk/bahasa yang dapat dibaca oleh mesin. Setelah pengkodean selesai, dilakukan pengujian terhadap sistem dan juga kode

yang sudah dibuat. Tujuannya untuk menemukan kesalahan yang mungkin terjadi untuk nantinya diperbaiki.

e. *Deployment (Delivery, Support, Feedback)*

Tahapan *Deployment* merupakan tahapan implementasi *software* ke *customer*, pemeliharaan *software* secara berkala, perbaikan *software*, evaluasi *software*, dan pengembangan *software* berdasarkan umpan balik yang diberikan agar sistem dapat tetap berjalan dan berkembang sesuai dengan fungsinya (Pressman & Maxim, 2020).

Dengan demikian, metode *waterfall* dianggap pendekatan yang lebih cocok digunakan untuk proyek pembuatan sistem baru dan juga pengembangan *software* dengan tingkat resiko yang kecil serta waktu pengembangan yang cukup lama. Tetapi salah satu kelemahan paling mendasar adalah menyamakan pengembangan *hardware* dan *software* dengan meniadakan perubahan saat pengembangan. Padahal, *error* diketahui saat *software* dijalankan, dan perubahan-perubahan akan sering terjadi. Keuntungan menggunakan metode *waterfall* adalah prosesnya lebih terstruktur, hal ini membuat kualitas *software* baik dan tetap terjaga. Dari sisi *user* juga lebih menguntungkan, karena dapat merencanakan dan menyiapkan kebutuhan data dan proses yang diperlukan sejak awal. Penjadwalan juga menjadi lebih menentu, karena jadwal setiap proses dapat ditentukan secara pasti. Sehingga dapat dilihat jelas target penyelesaian pengembangan program. Dengan adanya urutan yang pasti, dapat dilihat pula perkembangan untuk setiap tahap secara pasti. Dari sisi lain, model ini merupakan jenis model yang bersifat dokumen lengkap sehingga proses pemeliharaan dapat dilakukan dengan mudah.

Kelemahan menggunakan metode *waterfall* adalah bersifat kaku, sehingga sulit melakukan perubahan di tengah proses. Jika terdapat kekurangan proses/prosedur dari tahap sebelumnya, maka tahapan pengembangan harus dilakukan mulai dari awal lagi. Hal ini akan memakan waktu yang lebih lama. Karena jika proses sebelumnya belum selesai sampai akhir, maka proses selanjutnya juga tidak dapat berjalan. Oleh karena itu, jika terdapat

kekurangan dalam permintaan *user* maka proses pengembangan harus dimulai kembali dari awal. Karena itu, dapat dikatakan proses pengembangan software dengan metode *waterfall* bersifat lambat.

Kelemahan lainnya menggunakan metode *waterfall* adalah membutuhkan daftar kebutuhan yang lengkap sejak awal. Tetapi, biasanya jarang sekali *customer* yang dapat memenuhi itu. Untuk menghindari pengulangan tahap dari awal, *user* harus memberikan seluruh prosedur, data, dan laporan yang diinginkan mulai dari tahap awal pengembangan. Tetapi pada banyak kondisi, *user* sering melakukan permintaan di tahap pertengahan pengembangan sistem. Dengan metode ini, maka *development* harus dilakukan mulai lagi dari tahap awal. Karena *development* disesuaikan dengan desain hasil *user* pada saat tahap pengembangan awal. Di sisi lain, *user* tidak dapat mencoba sistem sebelum sistem benar-benar selesai. Selain itu, kinerja personel menjadi kurang optimal karena terdapat proses menunggu suatu tahap selesai terlebih dahulu. Oleh karena itu, seringkali diperlukan personil yang “*multi-skilled*” sehingga minimal dapat membantu pengerjaan untuk tahapan berikutnya.

2.6 *User Acceptance Testing (UAT)*

User Acceptance Testing adalah sebuah metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat diterima oleh *user* sesuai dengan harapan *user* serta tujuan dari sistem itu dibuat. Salah satu cara yang biasa digunakan untuk mendapatkan suatu kesimpulan *UAT* adalah dengan melakukan survei kepada *user*. Survei berisikan pertanyaan-pertanyaan tentang sistem dan jawaban yang berupa sangat setuju (SS), setuju (S), cukup (C), tidak setuju (TS), sangat tidak setuju (STS). pengujian *UAT* dihitung dengan menggunakan skala *likert* yang dapat dilihat pada Tabel 1 (Bastari, dkk., 2022).

Tabel 1. Skala *Likert* (Bastari et al., 2022)

Tingkat Kepuasan	Kode	Skala
Sangat Setuju	SS	5
Setuju	S	4
Cukup	C	3
Tidak Setuju	TS	2
Sangat Tidak Setuju	STS	1

Untuk mendapatkan hasil yang baik dari pengujian *UAT* maka hasil dari pengujian harus dianalisis terlebih dahulu. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil pengujian *UAT*, dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$P = \frac{S}{\text{Skor Maks}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dengan Keterangan:

P = Nilai persentase yang dicari

S = Jumlah frekuensi dikalikan dengan skor yang dimiliki tiap jawaban

Skor Maks = Skor tertinggi dikalikan dengan jumlah sampel

Dalam pengambilan keputusan digunakan ketetapan yang ditunjukkan oleh Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Ketetapan Penilaian

Persentase	Kategori	Keterangan
81% - 100%	Sangat layak	Dapat digunakan tanpa revisi
61% - 80%	Layak	Dapat digunakan namun perlu revisi
41% - 60%	Kurang Layak	Disarankan tidak digunakan karena perlu revisi besar
21% - 40%	Tidak Layak	Tidak boleh dipergunakan
0% - 20%	Sangat Tidak Layak	Tidak boleh dipergunakan

2.7 *Black Box Testing*

Black Box Testing digunakan untuk menguji sebuah sistem- sistem yang membahas dari sisi luar suatu sistem, mulai dari tampilan hingga proses penginputan, dalam strategi *testing*, *black box* memiliki banyak metode salah satunya adalah *equivalence partitioning*. *Equivalence Partitioning* melakukan pengujian dengan menggunakan skenario pengujian, hasil yang diharapkan serta hasil pengujian untuk melihat apakah sistem berjalan sesuai atau tidak (Hidayat & Muttaqin, 2018).

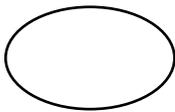
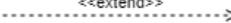
2.8 *Unified Modeling Language (UML)*

Unified Modeling Language (UML) adalah bahasa spesifikasi standar yang dipergunakan untuk mendokumentasikan, menspesifikasikan dan membangun perangkat lunak. *UML* merupakan metodologi dalam mengembangkan sistem berorientasi objek dan juga merupakan alat untuk mendukung pengembangan sistem. Alat bantu yang digunakan dalam perancangan berorientasi objek berdasarkan *UML* adalah sebagai berikut (Hendini, 2016).

2.9.1 *Use Case Diagram*

Use case diagram merupakan pemodelan untuk kelakuan (*behavior*) sistem informasi yang akan dibuat. *Use case* digunakan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada di dalam sistem informasi dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi tersebut. Simbol-simbol yang digunakan dalam *Use Case Diagram* dapat dilihat pada Tabel 3.

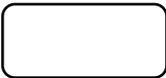
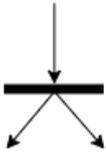
Tabel 3. Simbol *Use Case Diagram*

Simbol	Keterangan
	<p><i>Use Case</i> menggambarkan fungsionalitas yang disediakan sistem sebagai unit-unit yang bertukar pesan antar unit dengan aktor, yang dinyatakan dengan menggunakan kata kerja</p>
	<p>Aktor adalah <i>Abstraction</i> dari orang atau sistem yang lain yang mengaktifkan fungsi dari target sistem. Untuk mengidentifikasi aktor, harus ditentukan pembagian tenaga kerja dan tugas-tugas yang berkaitan dengan peran pada konteks target sistem. Orang atau sistem bisa muncul dalam beberapa peran. Perlu dicatat bahwa aktor berinteraksi dengan <i>Use Case</i>, tetapi tidak memiliki kontrol terhadap <i>use case</i></p>
	<p>Asosiasi antara aktor dan <i>use case</i>, digambarkan dengan garis tanpa panah yang mengindikasikan siapa atau apa yang meminta interaksi secara langsung dan bukannya mengindikasikan data</p>
	<p>Asosiasi antara aktor dan <i>use case</i> yang menggunakan panah terbuka untuk mengindikasikan bila aktor berinteraksi secara pasif dengan sistem</p>
	<p><i>Include</i>, merupakan di dalam <i>use case</i> lain (<i>required</i>) atau pemanggilan <i>use case</i> oleh <i>use case</i> lain, contohnya adalah pemanggilan sebuah fungsi program</p>
	<p><i>Extend</i>, merupakan perluasan dari <i>use case</i> lain jika kondisi atau syarat</p>

2.9.2 Activity Diagram

Activity Diagram menggambarkan *workflow* (aliran kerja) atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses bisnis. Simbol-simbol yang digunakan dalam *activity diagram* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Simbol *Activity Diagram*

Simbol	Keterangan
	<i>Start Point</i> , diletakkan pada pojok kiri atas dan merupakan awal aktivitas
	<i>End Point</i> , akhir aktivitas
	<i>Activities</i> , menggambarkan suatu proses/kegiatan bisnis
	<i>Fork</i> /percabangan, digunakan untuk menunjukkan kegiatan yang dilakukan secara paralel atau untuk menggabungkan dua kegiatan paralel menjadi satu
	<i>Join</i> (penggabungan) atau <i>rake</i> , digunakan untuk menunjukkan adanya dekomposisi
	<i>Decision Points</i> , menggambarkan pilihan untuk pengambilan keputusan, <i>true</i> atau <i>false</i>
	<i>Swimlane</i> , pembagian <i>activity diagram</i> untuk menunjukkan siapa melakukan apa

2.9 Wireframe

Wireframe adalah *blueprint* (kerangka dasar) dari halaman aplikasi yang akan diciptakan oleh pengembang aplikasi. Secara umum, semua halaman mempunyai berbagai elemen yang ditempatkan sesuai dengan tempatnya masing-masing (Andrian et al., 2020).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Komputasi Dasar Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil dan genap tahun akademik 2023/2024 dimulai dari bulan Oktober 2023 hingga bulan Januari 2024.

3.2 Perangkat Penelitian

Untuk mendukung dan menunjang dalam pelaksanaan penelitian ini, dibutuhkan alat yang akan membantu dalam mengerjakannya antara lain:

3.2.1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan untuk pengembangan dan pengujian dalam proses penelitian ini yaitu:

- a. Laptop *Intel Core i7* generasi ke-8, *RAM 16 GB DDR 4*, *SSD 512GB*, *HDD 1 TB*.
- b. *iPad air 5*, *Chip Apple M1*, *RAM 8 GB*, *ROM 64 GB* Kamera *wide 12 MP*
- c. *Android Chipset Qualcomm Snapdragon 845 CPU octa-core 4x2.8 GHz Kryo 385 Gold*, *RAM 6 GB*, *ROM 64 GB*

3.2.2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang digunakan untuk pengembangan dan pengujian dalam proses penelitian yaitu:

- a. Sistem Operasi *Windows 10 pro 64-bit*
- b. *Web browser Google Chrome*
- c. *Web browser Safari*
- d. *Visual Studio Code* versi 1.53.2
- e. *XAMPP Control Panel* versi 3.2.4
- f. *Zapworks* versi 2.0.0 dari *Zappar Plugin*
- g. *Library A-frame* versi 1.2.0

3.3 Tahap Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan mengikuti tahapan yang disajikan oleh metode pengembangan sistem *Waterfall*. Ada beberapa tahapan yang akan dilakukan pada metode pengembangan sistem *Waterfall* yaitu *communication, planning, modelling, construction* dan *deployment*.

3.3.1 *Communication*

Communication merupakan suatu data yang diambil kemudian dikumpulkan melalui studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari suatu buku atau jurnal sebagai pendukung. Dalam upaya pengumpulan data, fakta serta informasi yang berkembang, perlu menggunakan teknik-teknik pengumpulan data sebagai berikut.

- a. Studi Literatur

Studi literatur adalah mengumpulkan informasi menggunakan data-data sekunder maupun primer tentang topic atau masalah yang akan diteliti. Studi kepustakaan melalui referensi yang ada, baik di perpustakaan maupun melalui *internet*.

b. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap ini identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui apa saja kebutuhan sistem yang diperlukan agar dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Untuk fokus utama sistem ini adalah membuat sebuah sistem visualisasi desain grafis ke dalam produk *digital printing* dengan teknologi *augmented reality* berbasis *Website*. Target pengguna (*audiens*) adalah pembeli dari produk *digital printing* serta penjual *digital printing* yang ingin melakukan visualisasi desain grafis sebelum mencetak produk *digital printing*. Penentuan spesifikasi perangkat yang digunakan dalam pembuatan produk dan kemampuan pengguna produk. Subjek mendefinisikan *user stories* untuk *website* yang akan dikembangkan. *User stories* tersebut kemudian direpresentasikan dengan kebutuhan fungsional. Kebutuhan fungsional dari *website* ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Fungsional

No.	Kebutuhan Fungsional
1.	Fitur Kamera AR dapat berfungsi dengan baik
2.	<i>Website</i> dapat memindai bidang vertikal sebagai bidang AR
3.	<i>Website</i> dapat melakukan input gambar dengan ekstensi .jpg/.jpeg/.png
4.	<i>Website</i> dapat menampilkan objek desain grafis 2D
5.	<i>Website</i> dapat melakukan fungsi <i>placement</i> (mengunci) desain grafis pada bidang datar vertikal
6.	<i>Website</i> dapat melakukan fungsi <i>replacement</i> (membuka kunci) desain grafis pada bidang datar vetrikal
7.	<i>Website</i> dapat memindahkan objek (translasi) desain grafis secara vertikal dan horizontal
8.	<i>Website</i> menyediakan menu halaman panduan

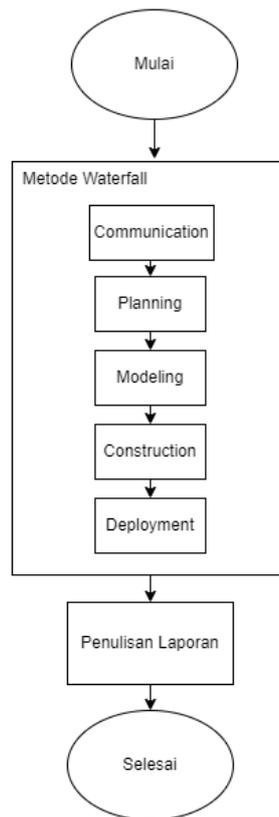
Kebutuhan non-fungsional adalah kebutuhan yang berada di luar fungsi yang harus dilakukan oleh *website*. Kebutuhan non-fungsional dari *website* ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan non-Fungsional

No.	Kebutuhan non-Fungsional
1.	<i>Website</i> mudah digunakan dan dimengerti
2.	Tampilan <i>user interface</i> dibuat secara <i>user-friendly</i>
3.	<i>Load Time Website</i> yang berjalan dengan baik
4.	Panduan penggunaan <i>AR</i> menggunakan bahasa Indonesia

3.3.2 *Planning*

Planning merupakan tahapan perencanaan yang akan menjelaskan tentang proses pengerjaan sistem yang akan dilaksanakan, mulai dari estimasi tugas yang dilakukan, sumber daya yang diperlukan, penjadwalan kerja yang akan dilaksanakan serta proses melacak pengerjaan system. Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2.



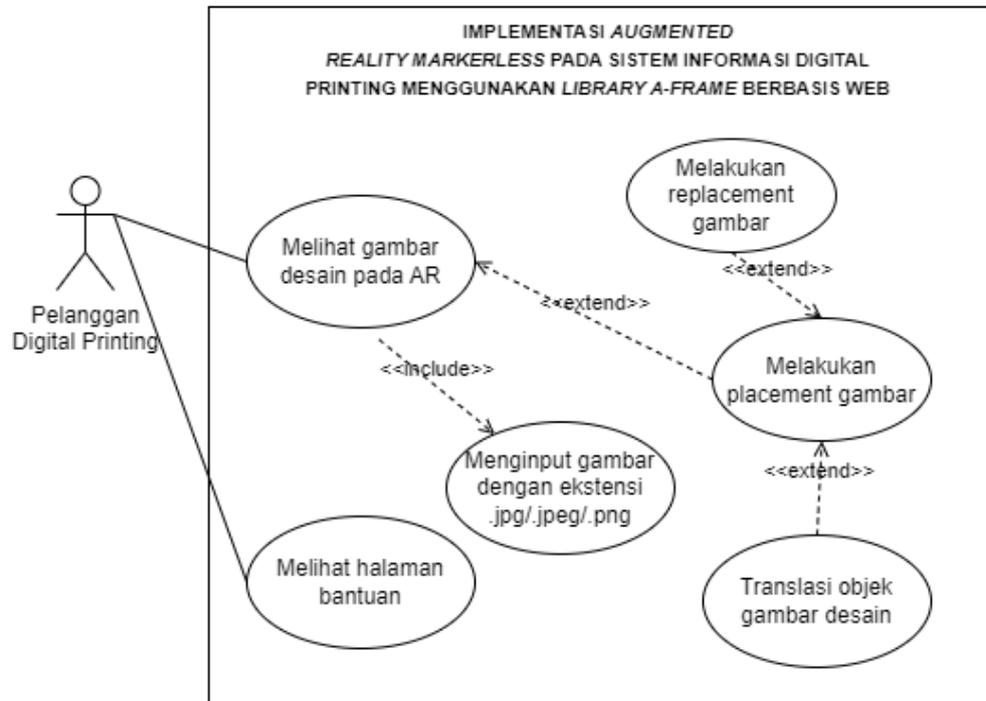
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.3.3 Modeling

Tahapan *modeling* merupakan tahapan desain sistem yaitu *desain UML* (*Unified Modeling Language*) *wireframe* dan *storyboard*. Desain *UML* sistem meliputi pembuatan *Use Case Diagram* dan *Activity Diagram*.

a. Use Case Diagram

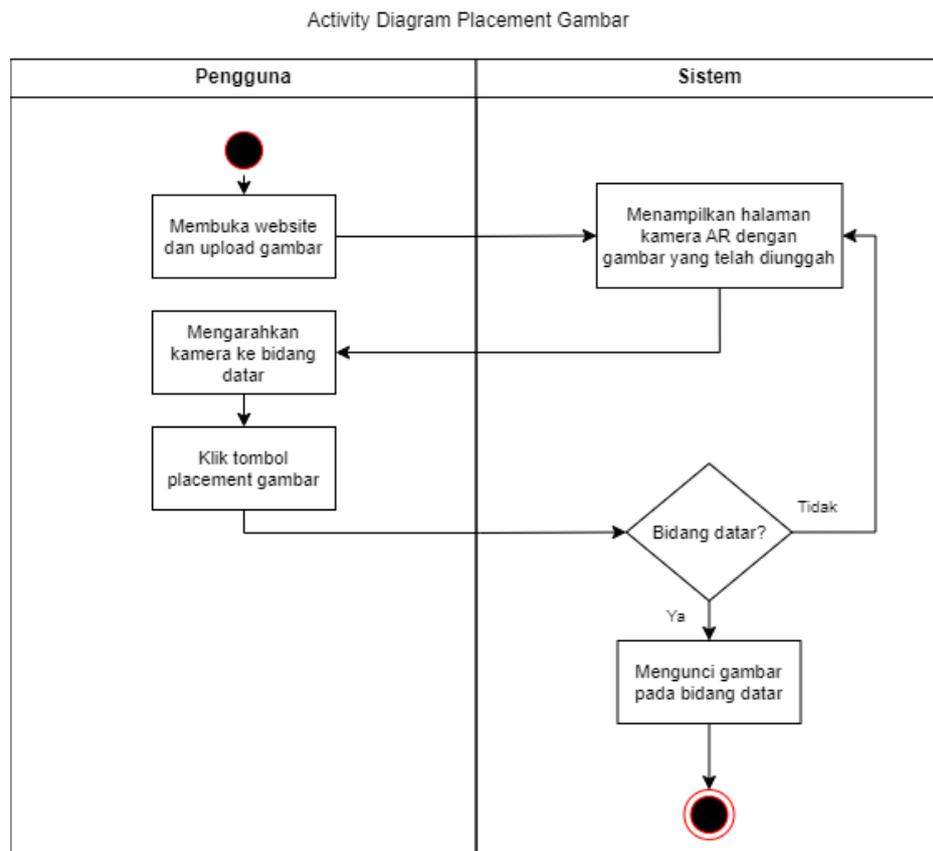
Use case diagram menggambarkan fungsi yang dilakukan sistem dan siapa saja yang berhak mengakses sistem tersebut. *Use case diagram* dalam Implementasi *Augmented Reality Markerless* Pada Sistem Informasi *Digital Printing* Menggunakan *Library A-Frame* Berbasis *Web* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Use Case Diagram *Website Augmented Reality Digital Printing*

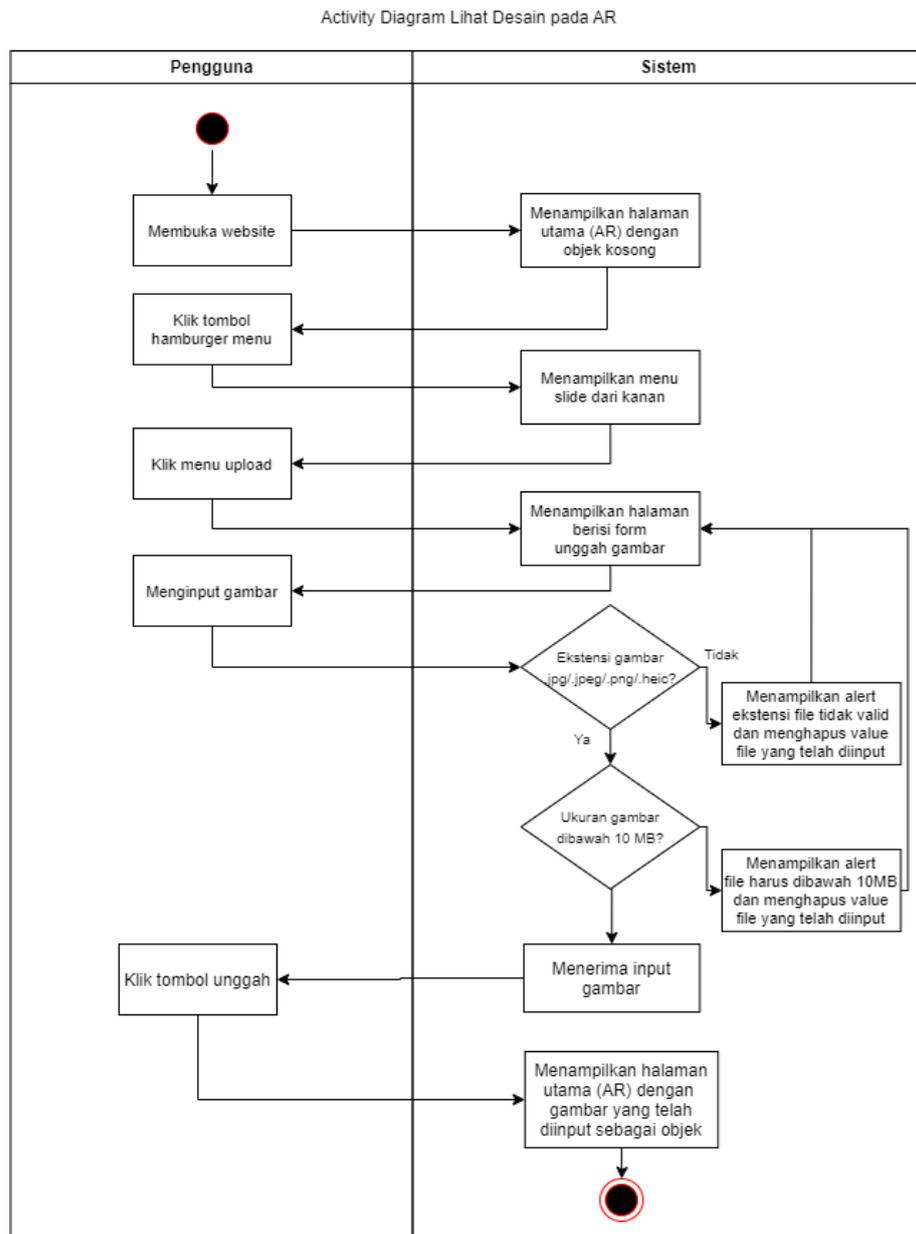
b. Activity Diagram

Activity diagram dari *website* ini ditunjukkan pada Gambar 4 sampai Gambar 8.



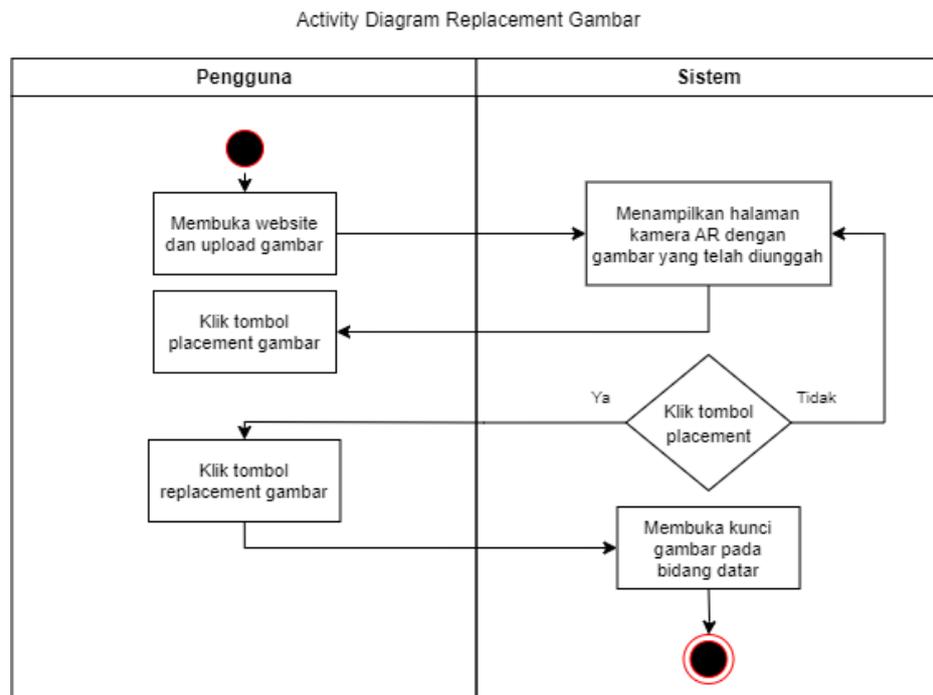
Gambar 4. *Activity Diagram Placement Gambar*

Gambar 4 menunjukkan *Activity Diagram Placement Gambar* yang dimulai dari pengguna diharuskan mengarahkan kamera AR ke bidang datar kemudian pengguna menekan tombol placement gambar. Setelah itu, sistem akan mengunci gambar pada bidang datar tersebut dan jika kamera digerakkan maka objek gambar akan terkunci di tempat terakhir saat pengguna menekan tombol *placement gambar*.



Gambar 5. *Activity Diagram* Lihat Desain pada AR

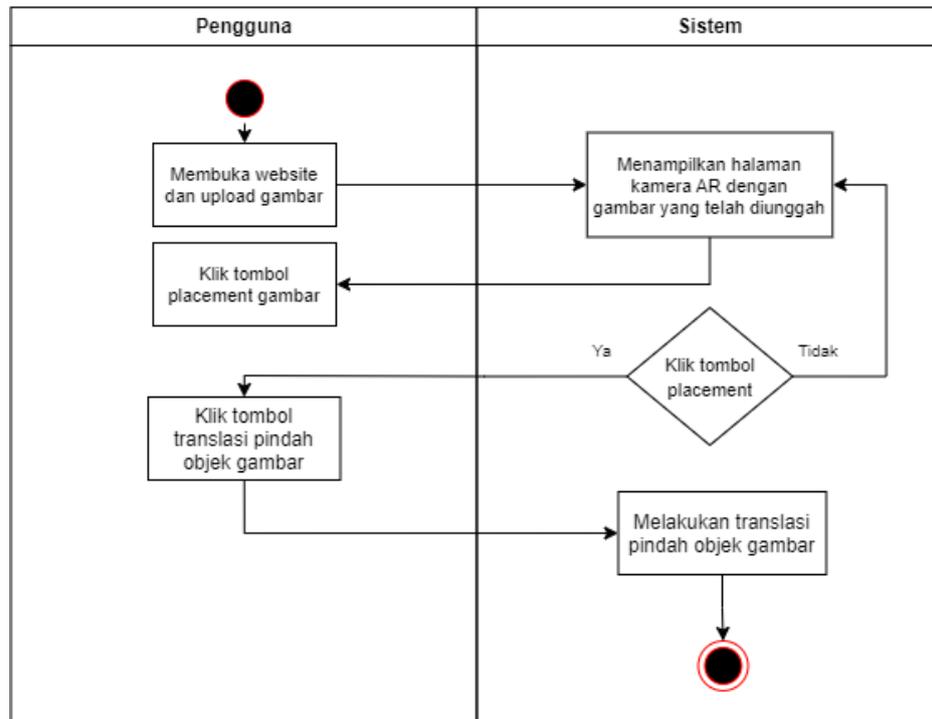
Gambar 5 menunjukkan *Activity Diagram* Lihat Desain pada AR yang dimulai oleh pengguna diharuskan melakukan *input* gambar desain grafis pada sistem dengan menekan pada tombol unggah gambar lalu melakukan *input* gambar kemudian sistem akan melakukan validasi ekstensi dan ukuran gambar lalu menerima *input* gambar. Setelah itu pengguna akan menekan tombol unggah dan sistem akan langsung menampilkan halaman utama AR dengan gambar yang telah diinput sebagai objek.



Gambar 6. *Activity Diagram Replacement Gambar*

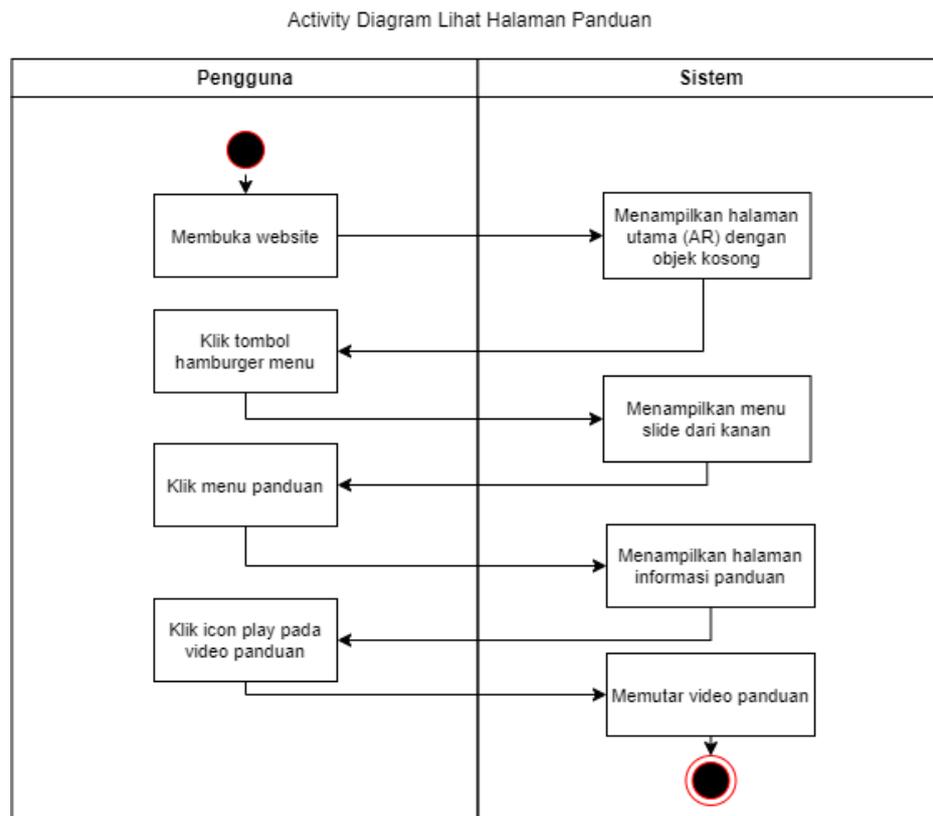
Gambar 6 menunjukkan *Activity Diagram Replacement Gambar* yang dimulai dari pengguna diharuskan untuk sudah menekan tombol *placement* gambar terlebih dahulu. Jika pengguna sudah menekan tombol *placement* gambar, maka akan muncul tombol *replacement* gambar lalu ketika tombol *replacement* gambar ditekan, sistem akan membuka kunci gambar pada bidang datar yang mengartikan jika pengguna menggerakkan kamera, maka objek gambar akan mengikuti arah kamera dan tidak lagi terkunci seperti saat dilakukan *placement* gambar.

Activity Diagram Translasi Objek Gambar



Gambar 7. Activity Diagram Translasi Objek Gambar

Gambar 7 menunjukkan *Activity Diagram* Translasi Objek Gambar yang dimulai dari pengguna diharuskan untuk menekan tombol *placement* gambar terlebih dahulu, ketika pengguna sudah menekan tombol *placement* gambar dan pengguna menekan tombol translasi dengan tanda panah ke atas/bawah/kanan/kiri, maka objek gambar yang telah dikunci dengan menekan tombol *placement* tersebut akan berpindah 1 cm dari posisi semula searah dengan tombol translasi yang telah ditekan.

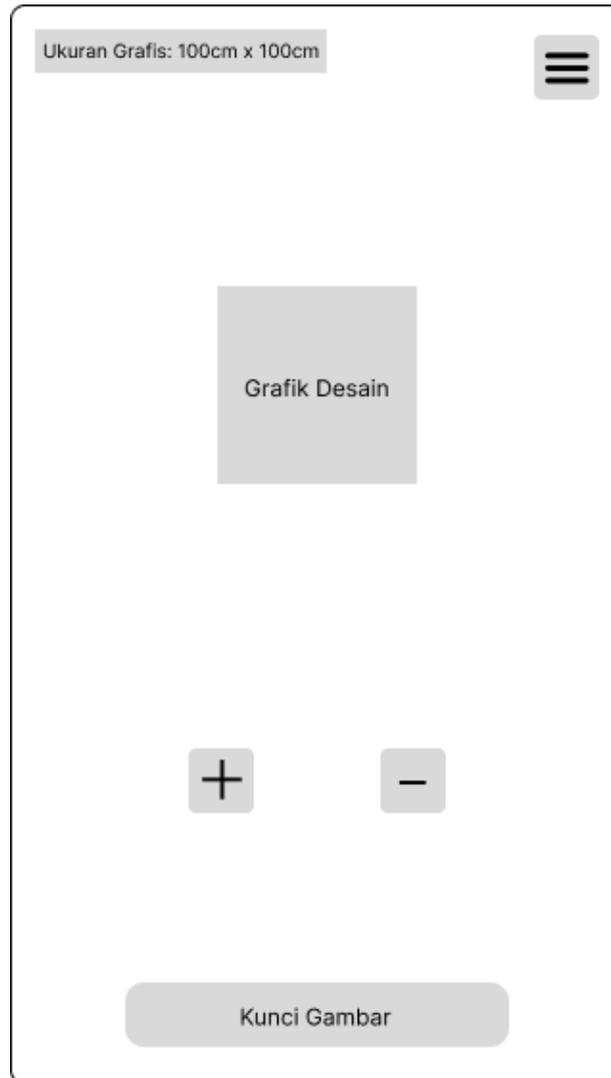


Gambar 8. *Activity Diagram* Lihat Halaman Panduan

Gambar 8 menunjukkan *Activity Diagram* Lihat Halaman Panduan yang dimulai pada saat pengguna menekan tombol Informasi, sistem akan menampilkan halaman informasi bantuan yang berisi video panduan dalam penggunaan *website* ini sehingga akan memudahkan pengguna.

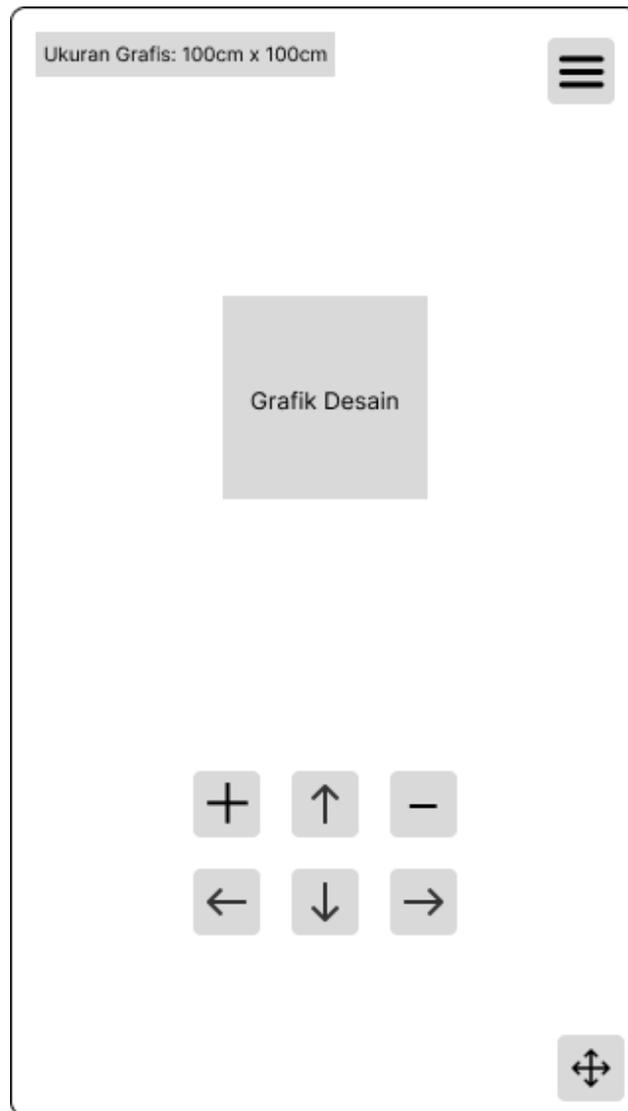
c. *Wireframe*

Rancangan *Wireframe website* ini yang akan dijalankan pada perangkat seluler ditunjukkan pada Gambar 9 sampai Gambar 13.



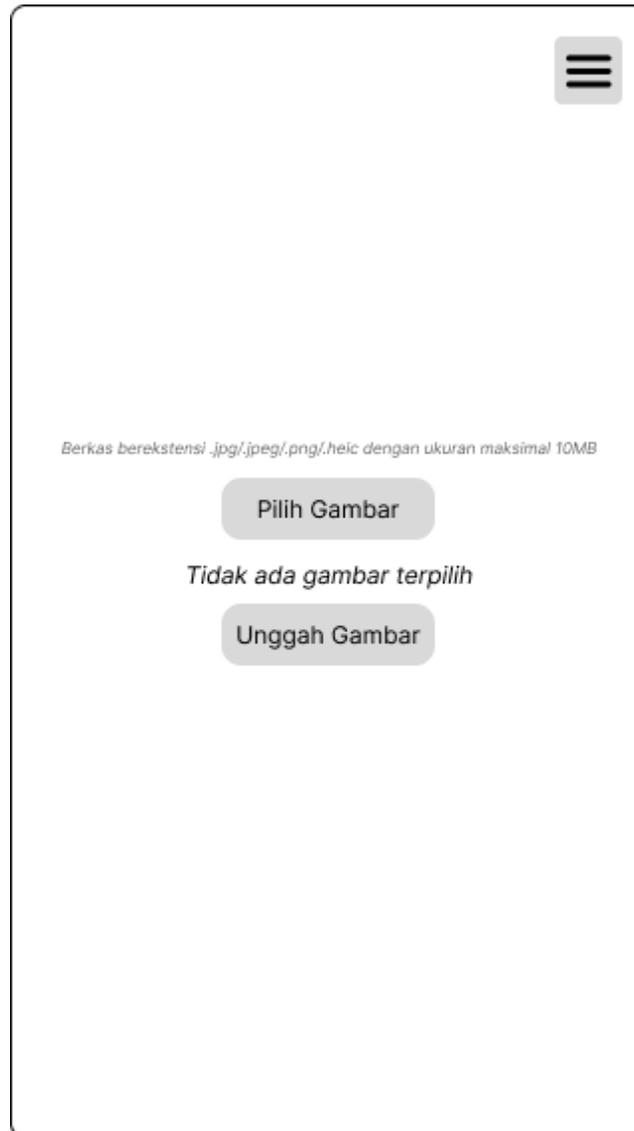
Gambar 9. *Wireframe* Halaman Utama

Gambar 9 menunjukkan *Wireframe* Halaman Utama yang menampilkan kamera AR dengan terdapat objek grafik desain yang akan ditempatkan sebagai tempat ditampilkannya objek grafik desain. Lalu terdapat tombol Kunci Gambar untuk mengunci penempatan objek pada titik yang diinginkan dan di kanan atas hamburger menu yang berisi menu *website*.



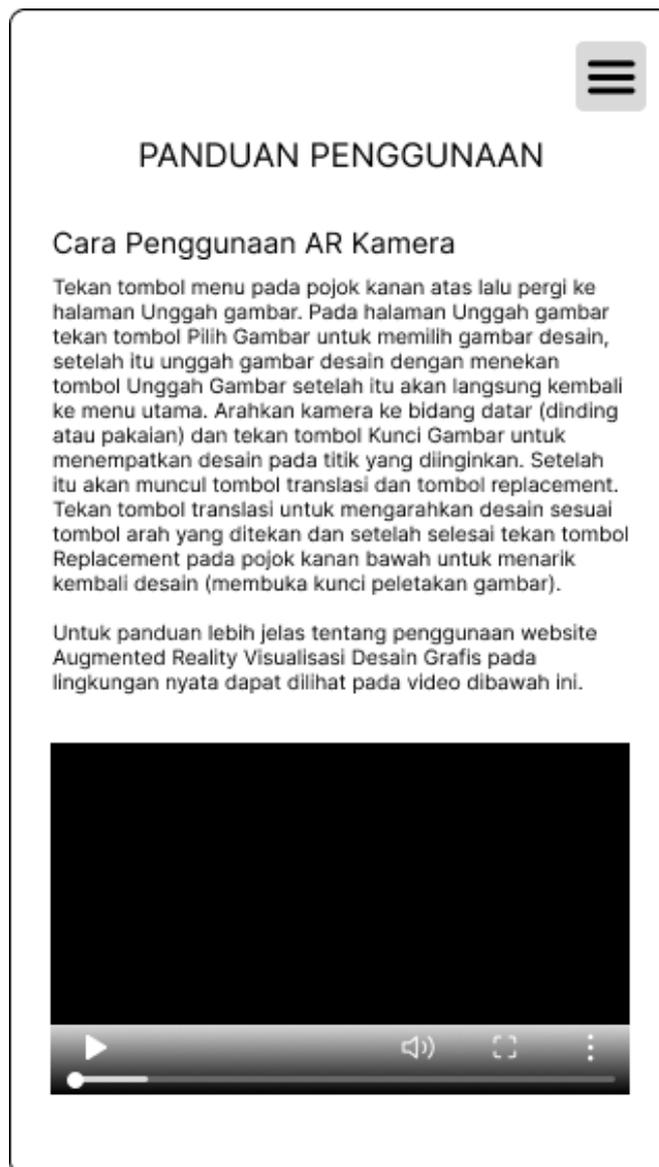
Gambar 10. *Wireframe* Halaman *Replacement* dan Translasi

Gambar 10 menunjukkan *Wireframe* Halaman *Replacement* dan Translasi yang masih berada di halaman yang sama dengan halaman utama, namun perbedaannya terdapat pada tombol Kunci Gambar yang hilang dan adanya tombol arah translasi untuk memindahkan objek desain grafis sesuai dengan arah yang ada pada tombol translasi. Terdapat tombol *replacement* di kanan bawah halaman yang berfungsi untuk membuka kunci penempatan objek desain sehingga objek desain grafis dapat diletakkan pada titik bidang datar lainnya.



Gambar 11. *Wireframe* Halaman Unggah Gambar

Gambar 11 menunjukkan *Wireframe* Halaman Unggah Gambar yang berfungsi sebagai halaman tempat melakukan Unggah Gambar desain grafis yang akan ditampilkan pada Kamera AR. Terdapat tombol Pilih Gambar yang berfungsi untuk memilih berkas dari *file explorer* pengguna. Lalu setelah *file* terpilih, pengguna diharuskan menekan tombol Unggah Gambar untuk mengunggah gambar desain grafis dan akan langsung menarik pengguna ke halaman utama dengan terdapat objek desain grafis sesuai dari file yang telah diunggah pengguna.



Gambar 12. *Wireframe* Halaman Panduan

Gambar 12 menunjukkan *Wireframe* Halaman Panduan yang berisi panduan penggunaan *AR Kamera* pada *website* ini. Juga terdapat panduan dalam bentuk video untuk mempermudah pengguna dalam penggunaan *website Augmented Reality* ini.



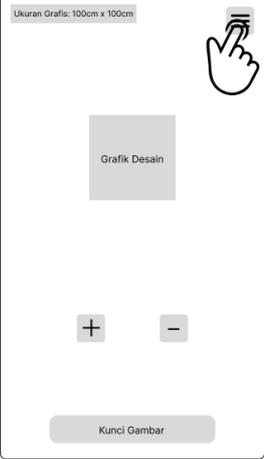
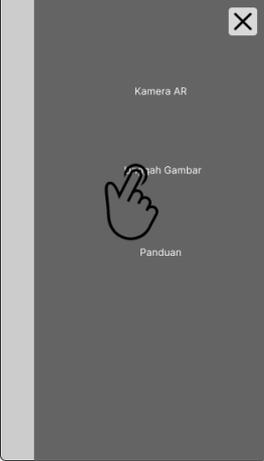
Gambar 13. Wireframe Hamburger Menu

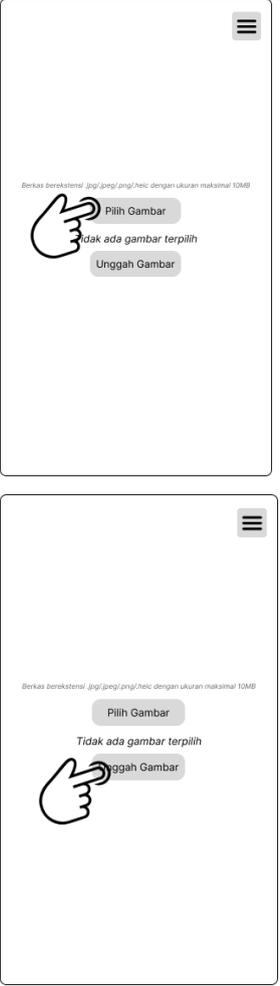
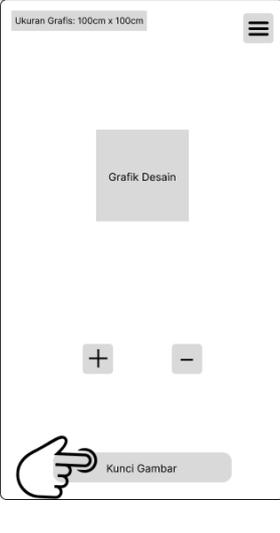
Gambar 13 menunjukkan Wireframe Hamburger menu ketika ditekan. Terdapat beberapa menu yang ada pada *website* ini, diantaranya adalah menu Kamera AR sebagai fitur utama *website* ini, menu Unggah Gambar untuk menuju ke halaman unggah gambar dan menu Panduan untuk menuju ke halaman panduan.

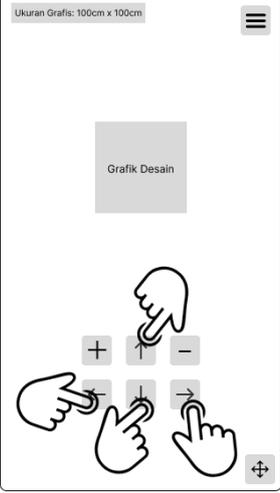
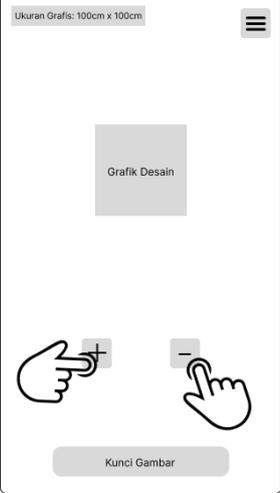
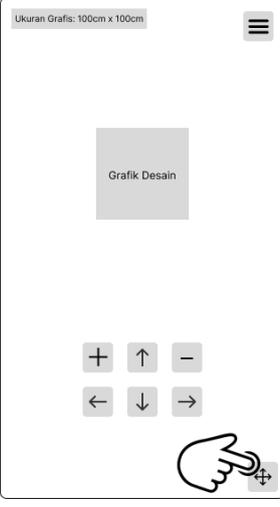
d. *Storyboard*

Berikut ini merupakan gambaran Storyboard untuk membantu memudahkan pengguna dalam menjalankan aplikasi. Storyboard penggunaan *website* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. *Storyboard*

No	Tampilan	Keterangan
1		<p>Pada awal aplikasi, akan muncul tombol seperti berikut, pengguna akan diarahkan menuju ke <i>hamburger menu</i> dengan menekan tombol <i>hamburger menu</i> di pojok kanan atas.</p>
2		<p>Kemudian pengguna diharuskan mengunggah gambar dengan cara masuk ke menu unggah gambar, dengan menekan menu unggah gambar. Pada halaman unggah gambar pengguna akan menekan tombol pilih gambar lalu pengguna diharuskan memilih satu gambar dari perangkat pengguna. Setelah gambar terpilih</p>

No	Tampilan	Keterangan
		<p>dan sesuai dengan syarat sistem, pengguna akan menekan tombol unggah gambar kemudian pengguna akan diarahkan ke halaman utama dengan gambar yang telah diunggah.</p>
3		<p>Pengguna akan mengarahkan kamera AR ke bidang datar vertikal, kemudian pengguna dapat mengunci tata letak desain pada bidang datar vertikal dengan menekan tombol kunci gambar.</p>

No	Tampilan	Keterangan
4		<p>Pengguna dapat melakukan translasi gambar desain grafis dengan cara menekan tombol translasi (atas/bawah/kiri/kanan).</p>
5		<p>Pengguna juga dapat memperbesar maupun memperkecil gambar desain grafis dengan cara menekan tombol plus (+) dan minus (-).</p>
6		<p>Jika pengguna ingin membuka penguncian gambar desain grafis pada bidang datar, pengguna dapat menekan tombol <i>replacement</i> yang ada pada pojok kanan bawah.</p>

No	Tampilan	Keterangan
7		<p>Untuk mempermudah pengguna dalam menggunakan website ini, pengguna dapat mengakses panduan dengan cara membuka hamburger menu, kemudian memilih menu panduan, lalu website akan menampilkan halaman panduan. Panduan website ini juga terdapat dalam bentuk video yang dapat diputar pengguna dengan cara menekan tombol putar pada pojok kiri bawah.</p>

3.3.4 Construction

Tahapan *Construction* ini dilakukan untuk menguji program yang telah dikembangkan. Implementasi *AR* pada Sistem Informasi *Digital Printing* ini dilakukan dengan menuliskan kode program sebagai implementasi atas model yang telah dibuat ke dalam bahasa pemrograman. Implementasi *AR* pada Sistem Informasi *Digital Printing* ini menggunakan *library A-Frame* dengan bahasa pemrograman *HTML* dan *JavaScript* dengan perangkat lunak *Visual Studio Code versi 1.53.2*. Setelah tahap pengembangan selesai kemudian akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang dikembangkan. Pengujian sistem dilakukan untuk menghindari terjadinya *bug* atau *error* yang terdapat

selama mengembangkan sistem juga untuk mengetahui kelemahan yang terdapat pada sistem. Pada penelitian ini dilakukan dua tahap pengujian yaitu pengujian awal serta pengujian akhir. Pengujian awal adalah pengujian yang dilakukan agar dapat mengetahui apakah *website* sudah berjalan baik atau tidak (*functional testing*) dengan menggunakan metode *Black Box Testing – Equivalence Partitioning*. Pengujian akhir merupakan pengujian yang dilakukan untuk dapat mengetahui apakah tujuan akhir dari *website* ini dapat tercapai atau tidak. Selain itu pengujian akhir dilakukan untuk mengetahui kepuasan pengguna terhadap *website* yang telah dibuat (*non-functional testing*) dengan menggunakan metode *User Acceptance Testing*. Dengan dilakukannya evaluasi ini, *Website* dapat dikembangkan menjadi lebih baik di kemudian hari. Berikut merupakan skenario dalam pengujian penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Black Box Testing Skenario *Website*

No.	Kelas Uji	Daftar Pengujian	Hasil Yang Diharapkan
1.	AR Kamera	Pemindaian Bidang Datar Vertikal	AR Kamera dapat mendeteksi bidang datar vertikal dengan baik
		Pemindaian Bidang Datar Horizontal	AR Kamera tidak dapat mendeteksi bidang datar horizontal
		Menampilkan Objek Gambar Desain	AR Kamera dapat menampilkan objek Gambar Desain
		Objek 10x10cm	Terukur sesuai pada jarak 0.5 meter dari bidang datar
			Terukur sesuai pada jarak 1 meter dari bidang datar
			Terukur sesuai pada jarak 2

No.	Kelas Uji	Daftar Pengujian	Hasil Yang Diharapkan
			meter dari bidang datar
		Objek 100x100cm	Terukur sesuai pada jarak 0.5 meter dari bidang datar
			Terukur sesuai pada jarak 1 meter dari bidang datar
			Terukur sesuai pada jarak 2 meter dari bidang datar
2.	Menu	<i>Placement</i> Gambar Desain	<i>AR</i> dapat melakukan placement gambar desain pada bidang datar vertikal
		<i>Replacement</i> Gambar Desain	<i>AR</i> dapat melakukan replacement gambar desain
		Translasi Gambar Desain	Objek gambar desain dapat dipindahkan baik secara vertikal maupun horizontal
		Translasi Sebelum <i>Placement</i>	Objek gambar desain tidak dapat dipindahkan sebelum <i>Placement</i>
		Unggah Gambar Desain dengan ekstensi gambar	<i>Website</i> dapat menerima unggahan gambar dari pengguna dengan ekstensi .jpg/.jpeg/.png
		Unggah Gambar Desain dengan ekstensi bukan gambar	<i>Website</i> tidak dapat menerima unggahan gambar selain ekstensi .jpg/.jpeg/.png
		Panduan	<i>Website</i> dapat menampilkan halaman panduan yang berisi panduan dalam penggunaan <i>website</i>

No.	Kelas Uji	Daftar Pengujian	Hasil Yang Diharapkan
3	Video	Video Panduan	<i>Website</i> dapat memutar video panduan dengan baik

Tabel 8 merupakan skenario pengujian yang dilakukan oleh 4 responden yang memahami mengenai *black box testing*, tujuannya adalah untuk menilai apakah fitur fungsional pada *website* berjalan sebagaimana mestinya.

Tabel 9. *User Acceptance Test*

Kode	Pernyataan
P1	<i>Website</i> implementasi AR pada sistem informasi <i>digital printing</i> mudah digunakan
P2	<i>Website</i> implementasi AR pada sistem informasi <i>digital printing</i> mudah dimengerti
P3	<i>Website</i> implementasi AR pada sistem informasi <i>digital printing</i> memiliki tampilan yang menarik
P4	<i>Website</i> implementasi AR pada sistem informasi <i>digital printing</i> dapat menampilkan objek 2D Desain Grafis sesuai dengan gambar yang telah diunggah
P5	Pemberian AR pada <i>website</i> membuat <i>website</i> ini lebih menarik
P6	Visual 2D Desain Grafis tampil dengan baik
P7	Kamera AR dapat memindai bidang datar vertikal baik dan cepat
P8	Keseluruhan tombol pada <i>website</i> dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya
P9	Interaksi translasi objek Desain Grafis berjalan dengan baik
P10	Halaman panduan dapat membantu pengguna dalam menggunakan <i>website</i>
P11	Loading <i>website</i> berjalan baik dan cepat
P12	Saya tidak melihat adanya ketidak konsistenan selama saya menggunakan <i>website</i> dengan implementasi AR pada sistem informasi <i>digital printing</i>

Kode	Pernyataan
P13	Tidak menemukan kesulitan saat menggunakan <i>website</i>
P14	Saya dengan senang hati merekomendasikan <i>website</i> ini kepada masyarakat

Tabel 9 merupakan daftar rancangan pernyataan kuesioner untuk pengujian *UAT* yang dilakukan kepada pengguna untuk melengkapi pengujian akhir. Pernyataan dari pengujian *UAT* ini dibuat berdasarkan penelitian sebelumnya yang sudah valid kemudian disesuaikan dengan kebutuhan. Pengujian *UAT* dihitung menggunakan skala likert yang dapat dilihat pada Tabel 1. Dengan menggunakan Persamaan 1, persentase setiap pernyataan akan didapatkan, untuk mendapatkan nilai persentase, jumlah frekuensi dikalikan dengan skor yang dimiliki tiap jawaban, dibagi skor ideal kemudian dikalikan 100%.

3.3.5 *Deployment*

Deployment merupakan tahapan dimana program yang telah menjadi suatu sistem akan diterapkan, dilakukannya evaluasi terhadap tanggapan yang diberikan dan kemudian mulai digunakan serta diterapkan pemeliharaan terhadap sistemnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah telah berhasil dibuat *website* dengan implementasi teknologi Augmented Reality (AR) menggunakan library A-Frame pada sistem informasi digital printing untuk memungkinkan pengguna dapat memvisualisasikan produk cetakan secara interaktif dan *realtime*. Dengan tingkat keberhasilan berdasarkan pengujian User Acceptance Testing sebesar 91,04% dengan kategori penilaian sangat layak digunakan tanpa revisi.

5.2 Saran

Berdasarkan perancangan dan hasil implementasi yang dilakukan, maka saran yang perlu diperhatikan dalam pengembangan lebih lanjut *website* ini adalah sebagai berikut.

- a. Berdasarkan hasil kuisioner UAT, perlu adanya setting mengenai fitur resolusi gambar
- b. Interface pada *website* dapat dibuat lebih menarik lagi
- c. *Website* ini diharapkan dapat dikembangkan kembali dengan penambahan fitur seperti integrasi langsung pada printer cetak maupun fitur desain langsung pada *website*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, Ardiansyah, & Fitria. 2020. Rancangan Prototipe Aplikasi Informasi Penyewa Gedung Pernikahan Di Banda Aceh. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*. 5 : 19–27.
- Aryadita. 2019. PENERAPAN AUGMENTED REALITY SEBAGAI MEDIA PROMOSI BRAND ALAT MUSIK ARTCOUSTIC GUITAR INDO BERBASIS ANDROID SKRIPSI. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Institut Informatika & Bisnis Darmajaya Bandar Lampung*. 1 : 24–27.
- Azuma. 1997. A Survey of Augmented Reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*. 8 : 73–272.
- Bagaskara, Andajani, & Safii. 2023. Inovasi Prototipe Teknologi Augmented Reality Pada Koleksi Bahan Pustaka Cetak Perpustakaan Universitas Negeri Malang. *Al Maktabah: Jurnal Kajian Ilmu dan Perpustakaan*. 8 : 53–65.
- Bastari, Darmansah, & Rakhmadani. 2022. Sistem Informasi Jasa Cuci Interior Rumah Dan Mobil Menggunakan Metode User Acceptance Test. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*. 9 : 305.
- Cahyaningrum. 2021. IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY UNTUK PENGENALAN HARDWARE KOMPUTER PADA SMP HASANUDDIN 6 SEMARANG BERBASIS WEB. *Jurnal Inovtek Polbeng - Seri Informatika*. 7 : 6–11.

- Hendini. 2016. PEMODELAN UML SISTEM INFORMASI MONITORING PENJUALAN DAN STOK BARANG (STUDI KASUS: DISTRO ZHEZHA PONTIANAK). *JURNAL KHATULISTIWA INFORMATIKA*. IV : 27–47.
- Hidayat & Muttaqin. 2018. Pengujian Sistem Informasi Pendaftaran Dan Pembayaran Wisuda Online Menggunakan Black Box Testing Dengan Metode Equivalence Partitioning Dan Boundary Value Analysis. *Jurnal Teknik Informatika UNIS*. 6 : 2252–5351.
- Karundeng, Mamahit, & Sugiarto. 2018. Rancang Bangun Aplikasi Pengenalan Satwa Langka Di Indonesia Menggunakan Augmented Reality. *Jurnal Teknik Informatika*. 13 : 1–8.
- Kurniawan, Aristoteles, & Fathan. 2015. Implementasi Teknologi Markerless Augmented Reality Berbasis Android Untuk Mendeteksi Dan Mengetahui Lokasi SPBU Terdekat Di Kota Bandar Lampung. *jurnal Komputasi*. 3 : 136–143.
- Lengkey, Debora M Y. Rindengan & D Tulenan. 2014. Brosur Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado Dengan Teknologi Markerless Augmented Reality. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. 3 : 1–10.
- Ngo, K., 2019. A-Frame v1.0.0 - WebXR Support AR Mode. [online] aframe.io. Available at: < <https://aframe.io/blog/aframe-v1.0.0/>> [Diakses 15 Sept. 2023].
- Phunsa. 2014. Applying Augmented Reality Technology to Promote Traditional Thai Folk Musical Instruments on Postcards. *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics, Multimedia and Image Processing, Kuala Lumpur, Malaysia, 2014*.

Pressman & Maxim. 2020. *Software Engineering: A Practioner's Approach*. 704 hlm.

Qiao, Ren, Dustdar, Liu, Ma, & Chen. 2019. Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality-State of the Art, Challenges, and Insights. *Proceedings of the IEEE*. 107 : 651–666.

Saharja & Aisyah. 2020. EFEKTIFITAS DIGITAL PRINTING (PENCETAKAN DIGITAL) DALAM MENGHASILKAN PRODUK CETAK DAN PENGARUHNYA TERHADAP KONSUMEN. *Jurnal Binawakya : Open Journal Systems*. 14 : 3429–3438.

Toruan, R. L., 2022. Mengintip Peluang Bisnis Digital Printing, Pemilu Melambungkan Cuan. [online] <https://www.mmindustri.co.id/>. Available at: <https://www.mmindustri.co.id/peluang-bisnis-digital-printing/> [Diakses 26 Sept. 2023].

Wibisono & Indriari Wardhani. 2020. Desain Virtual Tour Bangunan Bersejarah Lawang Sewu Semarang Menggunakan Aplikasi Augmented Reality Berbasis Web (Webar). *Jurnal Ilmiah Teknosains*. 6 : 39–50.

Wibowo, Eka, & Ridwan. 2020. Pengembangan Virtual Reality Sebagai Media Pembelajaran Pengenalan Hewan Menggunakan Aframe. *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi*. 9 : 62–67.

Wibowo, Triswidrananta, & Putri. 2021. Augmented Reality Sebagai Alat Pengenalan Hewan Untuk Media Pembelajaran Dengan Metode Multiple Marker. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*. 16 : 43–51.

Widarti, P., 2019. Industri Percetakan Diproyeksi Tumbuh 10% Tahun Ini. [online] ekonomi.bisnis.com. Available at: <<https://ekonomi.bisnis.com/read/20190731/257/1130913/industri-percetakan-diproyeksi-tumbuh-10-tahun-ini>> [Diakses 15 Sept. 2023].

Wiranda. 2021. PERANCANGAN AUGMENTED REALITY TATA LOKASI GEDUNG DAN RUANGAN PADA KAMPUS I UINSU MEDAN BERBASIS ANDROID. *JISTech : Journal of Islamic Science and Technology*. 6 : 6–11.

Zappar. Instant World Tracking. (n.d.). [online] docs.zap.works. Available at: <https://docs.zap.works/universal-ar/a-frame/tracking/instant-world-tracking/> [Diakses 15 Sept. 2023].