ANALISIS PERUBAHAN BENTUK *VERTEX* PADA METODE *MORPHING* DALAM MEMODELKAN ANIMASI REKONSTRUKSI 3D BANGUNAN KA'BAH

SKRIPSI

Oleh :
EKA MANGGALA PUTRA
NIM. 18650037

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025

ANALISIS PERUBAHAN BENTUK *VERTEX* PADA METODE *MORPHING* DALAM MEMODELKAN ANIMASI REKONSTRUKSI 3D BANGUNAN KA'BAH

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh :
EKA MANGGALA PUTRA
NIM. 18650037

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PERUBAHAN BENTUK *VERTEX* PADA METODE *MORPHING* DALAM MEMODELKAN ANIMASI REKONSTRUKSI 3D BANGUNAN KA'BAH

SKRIPSI

Oleh :
EKA MANGGALA PUTRA
NIM. 18650037

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 3 Juni 2025

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Ahmad Fahmi Karami, M.Kom	Dr. Zainal Abidin, M.Kom
NIP. 19870909 202012 1 001	NIP. 19776061 200501 1 004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, S.T., M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERUBAHAN BENTUK *VERTEX* PADA METODE *MORPHING* DALAM MEMODELKAN ANIMASI REKONSTRUKSI 3D BANGUNAN KA'BAH

SKRIPSI

Oleh :
EKA MANGGALA PUTRA
NIM. 18650037

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: Juni 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: Dr. Ir. Yunifa Miftachul Arif, M.T NIP. 19830616 201101 1 004	( )
Anggota Penguji I	: Shoffin Nahwa Utama, M.T NIP. 19860703 202012 1 003	( )
Anggota Penguji II	: Ahmad Fahmi Karami, M.Kom NIP. 19870909 202012 1 001	( )
Anggota Penguji III	: Dr. Zainal Abidin, M.Kom NIP. 19760613 200501 1 0004	( )

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, S.T., M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Eka Manggala Putra
NIM	: 18650037
Fakultas / Program Studi	: Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi	: Analisis Perubahan Bentuk *Vertex* Pada Metode Morphig Dalam Memodelkan Animasi Rekonstruksi 3D Bangunan Ka'bah

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Juni 2025
Yang membuat pernyataan,

Eka Manggala Putra
NIM.18650037

MOTTO

"…apa salahnya mencoba…"

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puja dan puji syukur ke hadirat allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan jasmani dan rohani, sehingga saya mampu menyelesaikan studi S1 di kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Shalawat serta salam tercurahkan selalu kepada baginda nabi Muhammad SAW, yang telah membawa peradaban manusia

Karya ini saya persembahkan dan haturkan terima kasih sedalam dalamnya kepada keluarga saya, terutama bapak dan ibu saya, Agus Handoyo dan Wiji Lestari. Merekalah yang memberikan segala hal-hal fundamental bagi saya untuk bisa melakukan semuanya, terutama selama masa perkuliahan ini dan menjadi pribadi seperti sekarang ini.

Awal projek skripsi ini adalah cinta saya kepada bangunan ka'bah dengan harapan suatu saat nanti dapat melihat secara langsung. Sehingga muncul himmah yang insyaallah tahun 2026 saya akan berangkat umroh bersama kakek saya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur alhamdulillah penulis haturkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A., Selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPU selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan juga Pembimbing I penulis yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama menulis dan menyusun skripsi ini.
4. Ahmad Fahmi Karami, M. Kom., yang senantiasa memberikan dorongan dan telah memberikan arahan serta membimbing sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan skripsi.
5. Bapak Dr. Zainal Abidin, M. Kom., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi

6. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu kepada penulis semenjak di bangku perkuliahan dan di ruang praktikum.
7. Keluarga penulis yang selalu membantu dan memberikan motivasi dan dukungan agar penulis dapat menyelesaikan skripsi.
8. Angkatan 18 Teknik Informatika UFO (*Unity of Informatics Force*) yang telah membagi beban, keluh kesah dan solidaritas kuat selama masa kuliah yang paling mengesankan.
9. Satria Budi Harjo sebagai sahabat kampus yang telah meberikan semangat dalam pengerjaan skripsi ini.
10. A. Mu'tashim Billah selaku teman yang telah membantu penulis dalam segala hal terkait bagian-bagian terakhir dalam penulisan skripsi ini.

Skripsi yang telah ditulis ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat menghargai dan senang jika terdapat kritik dan saran. Semoga skripsi ini memberikan manfaat.

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb

Malang, 25 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGAJUAN ..... **ii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iv**
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ..... **v**
MOTTO ..... **vi**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR SIMBOL ..... **xiv**
ABSTRAK ..... **xv**
ABSTRACT ..... **xvi**
البحث مستخلص ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Pernyataan Masalah 5
1.3 Batasan Masalah 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II STUDI PUSTAKA **7**
2.1 Penelitian Terkait 7
2.2 Landasan Teori 8
2.2.1 Animasi 8
2.2.2 Jenis animasi 13
2.2.3 Morphing 15
2.2.4 Sejarah pembangunan ka'bah 17
BAB III DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM **21**
3.1 Perancangan penelitian 21
3.1.1 Objek penelitian 22
3.1.2 Tahap penelitian 22
3.2 Pembuatan objek 3D 23
3.3 Implementasi *morphing* 24
3.4 Rancangan pengujian 29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **30**
4.1 Praproduksi 31
4.2 Penentuan ide cerita 31
4.3 Produksi 35
4.3.1 Modeling 35
4.3.2 Texturing 38
4.3.3 Animating 40
4.4 Integrasi Dalam Islam 54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 57
5.1 Kesimpulan 57
5.2 Saran 58
DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 proses *morphing* pada objek wajah 16
Gambar 2.2 gambar bentuk ka'bah 18
Gambar 3.1 alur *flowchart* rancangan penelitian 21
Gambar 3.2 alur *flowchart* pembuatan objek 3D 23
Gambar 3.3 alur *flowchart* proses *morphing* 25
Gambar 3.4 potongan *code shrinkwrap blender* 26
Gambar 4.1 alur pembuatan animasi 30
Gambar 4.2 gambar pemberian *keypose* animasi 40
Gambar 4.3 *source code interpolasi linear* pada animasi 45
Gambar 4.4 *setting lightning* 52
Gambar 4.5 *setting camera* 53
Gambar 4.6 *final production* 54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 contoh dari penerapan *code morphing nearest vertex* 28
Tabel 3.2 penilitian pada analisis *vertex* 29
Tabel 4.1 *sotry board* 31
Tabel 4.2 *modeling* ilustrasi 3D bangunan ka'bah 36
Tabel 4.3 *modeling* ilustrasi ornamen objek 3D 37
Tabel 4.4 pemberian *texture* pada ilustrasi objek 3D..... 38
Tabel 4.5 Hasil Pengujian 3D Objek Ka'bah Zaman Nabi Ibrahim Ke Pimpinan Quraisy..... 41
Tabel 4.6 tabel hasil perhitungan *vertex* pada rumus *interpolasi linear*..... 44
Tabel 4.7 Hasil Pengujian 3D Objek Ka'bah Pimpinan Quraisy Ke Pimpinan Zubair..... 46
Tabel 4.8 Hasil Pengujian 3D Objek Ka'bah Pimpinan Zubair Ke Pimpinan Quraisy..... 48
Tabel 4.9 hasil analisis implementasi morphing..... 51

DAFTAR SIMBOL

Lambang Romawi

Lambang		*Kuantitas*	*Satuan*
x	Sumbu X		-
y	Sumbu Y		-
z	Sumbu Z		-

Singkatan

3D	3dimensi animation
2D	2dimensi animation
NSV	nearest surface vertex
P	project
NV	nearest vertex
TNP	target normal project

ABSTRAK

Manggala Putra, Eka. 2025. **Analisis Perubahan Bentuk *Vertex* Pada Metode *Morphing* Dalam Memodelkan Animasi Rekonstruksi 3D Bangunan Ka'bah.** Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Fahmi Karami, M. Kom (II) Dr. Zainal Abidin, M. Kom.

Kata kunci: sejarah ka'bah, animasi 3D, *morphing, shrinkwrap, vertex*.

Rekonstruksi bangunan ka'bah secara *historis* menggunakan animasi 3D berbasis teknik morphing dengan bantuan fitur *shrinkwrap* di perangkat lunak *blender*. Rekonstruksi ini bertujuan untuk memvisualisasikan perubahan bentuk ka'bah dari masa Nabi Ibrahim, masa Quraisy, masa Zubair hingga masa Hajjaj secara dinamis dan informatif. Metode *morphing* digunakan untuk mentransisikan bentuk antar periode sejarah secara bertahap, sehingga perubahan struktur dapat dilihat secara visual tanpa kehilangan elemen penting dari masing-masing bentuk aslinya. Fitur *shrinkwrap* dimanfaatkan untuk menjaga keakuratan permukaan dan bentuk objek selama proses transisi, menghasilkan animasi yang lebih halus dan realistis. Penilaian terhadap hasil animasi dilakukan berdasarkan beberapa kriteria seperti kelancaran transisi, ketepatan bentuk, kesesuaian gerakan, dan konsistensi warna, yang menunjukkan bahwa penggunaan teknik ini efektif dalam menyampaikan informasi visual sejarah arsitektur ka'bah.

ABSTRACT

Manggala Putra, Eka. 2025. The Analysis of Vertex Changes of Morphing Method in Modelling Kaaba 3D Reconstruction Animation**.** Thesis. Informatics Engineering Department. Faculty of Science and Technology Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Ahmad Fahmi Karami, M. Kom (II) Dr. Zainal Abidin, M. Kom.

Key words: History Of Kaaba, 3d Animation, Morphing, Shrinkwrap, Vertex.

In history, the reconstruction of Kaaba used 3D animation based on the morphing technique using the shrinkwrap feature of blender software. It aims to visualize the Kaaba changes since the era of Prophet Ibrahim, Quraisy, and Zubair to dynamic and informative hajj. The morphing method gradually transitions the Kaaba structure between historical periods, so the structural changes are visually projected without losing important elements of the original structure. The shrinkwrap feature maintains the accuracy of the object surface and structure during the transition process, generating smoother and more realistic animation. The evaluation of the animation results is based on several criteria, such as transition smoothness, structure accuracy, movement harmony, and color consistency, showing that the technique effectively delivers visual information about Kaaba architecture history.

البحث مستخلص

غوناوان، جاندرا. 2025. مانجالا بوترا. إيكا. 2025. تحليل تغير شكل الرؤوس باستخدام طريقة التحول ثلاثية الأبعاد لإعادة بناء مبنى الكعبة. رسالة جامعية. قسم هندسة المعلومات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية – مالانج. المشرفان: (1) أحمد فهمي كرمي، ماجستير (2) الدكتور زين العابدين، ماجستير.

الكلمات الأساسية: تاريخ الكعبة، الرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد، التحول الشكلي، تعديل الالتصاق السطحي، الرؤوس

إعادة بناء الكعبة تاريخيا باستخدام الرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد بتقنية التحويل التدريجي مع الاستفادة من خاصية التغليف في برنامج بلاندر.إعادة بناء الكعبة تاريخيا باستخدام الرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد بتقنية التحويل التدريجي مع الاستفادة من خاصية التغليف في برنامج بلاندر. يهدف هذا الإعادة البناء إلى إظهار التغيرات في شكل الكعبة عبر العصور المختلفة، من عصر النبي إبراهيم إلى عصر قريش وعصر الزبير وحتى عصر الحجاج، بشكل ديناميكي ومفصل. يتم تطبيق تقنية التحويل التدريجي لتحويل الشكل بين الفترات التاريخية بشكل متسلسل ومنطقي، مما يتيح رؤية واضحة للتغيرات في الهيكل دون إهمال للعناصر الأساسية لكل فترة. كما يتم توظيف خاصية التغليف لضمان دقة السطح والشكل أثناء عملية الانتقال، مما يسهم في إنتاج رسوم متحركة أكثر واقعية وسلاسة. يتم تقييم جودة الرسوم المتحركة الناتجة بناءً على معايير متعددة تشمل سلاسة الانتقال، دقة الشكل، توافق الحركة، وتناسق الألوان، مما يؤكد فعالية هذه التقنية في تقديم رؤية مرئية شاملة للتاريخ المعماري للكعبة

.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Animasi merupakan serangkaian gambaran yang membentuk sebuah gerakan. Dibanding dari media lain, animasi mempunyai keunggulan yang dapat menjelaskan perubahan keadaan tiap waktu. Menurut (*Ibiz Fernandes*, "Macromedia Flash" 2002), animasi didefinisikan “Animasi adalah sebuah proses merekam dan memainkan kembali serangkaian gambar statis undtuk mendapatkan sebuah ilusi pergerakan”. Animasi digolongkan menjadi dua golongan yakni, *Computer Assisted Animation*, pada golongan ini dugunakan pada animasi 2D, yakni penggambaran menggunakan proses gambar tangan dan komputer sebgaai pewarnaan, dan *Computer Generated Animation*, pada golongan ini untuk animasi 3D dengan program 3D seperti 3D *Maya, Autocad, Blender* dan lain sebagainya. Penggunaan animasi dapat ditemukan pada, film dokumenter, sejarah, dan model simulasi.

Dalam pembelajaran sejarah, film dokumenter paling banyak dijadikan sebagai media pembelajaran. Film dokumenter pada umumnya banyak mengarah kepada peristiwa sejarah. Tema-tema dalam pembuatan film dokumenter sebagian besar banyak bercerita tentang peristiwa sejarah. Dokumenter adalah suatu karya film atau video berdasarkan realita serta fakta peristiwa. Dokumenter juga menyajikan realita melalui berbagai cara untuk berbagai macam tujuan antara lain ialah penyebarluasan informasi, pendidikan, dan propaganda bagi orang atau

kelompok tertentu. Dokumenter bukan menciptakan kejadian atau peristiwa, tetapi merekam peristiwa atau kejadian yang benar-benar terjadi bukan direkayasa (Anton Mabruri, 2013). Menurut Onong Uchjana Efendi unsur film dokumenter yakni: Peristiwa benar-benar terjadi dan faktual, Materi melalui pengamatan langsung, kejadian masa lampau, dan berkaitan dengan ilmu pengetahuan.

Dalam pembuatan film sejarah harus dibuat sesuai plot yang dibayangkan dalam konteks sejarah, tujuannya untuk memahami bagaimana film tersebut bisa membawa manusia untuk berfikir tentang masa lalu (Jack, 2015). Dalam pembuatan film sejarah harus ada kolaborasi antara guru sejarah, sejarawan dengan pembuat film. Sehingga dalam hal ini film sejarah yang di hasilkan sesuai dengan cerita sejarah dan dapat bermanfaat sebagai sumber belajar sejarah (Deshpande, 2004).

Film sejarah sebagai bagian dari *feature film* (film cerita) yang plot utamanya berdasarkan peristiwa historis yang sebenarnya, atau dimana plot imajiner terbentang sedemikian rupa sehingga peristiwa historisyang sebenarnya sangat penting dan menjadi unsur yang intrinsik pada cerita (Davies, 2000). Ada tiga hal yang perlu diperhatikan dalam menilik dokumenter sejarah, yaitu periode (waktu peristiwa sejarah), tempat (lokasi peristiwasejarah), dan pelaku sejarah. Artinya, film bertema sejarah tidak semata-mata merepresentasikan peristiwa dan waktu, melainkan juga merepresentasikan gambaran-gambaran pelaku atau tokoh sejarah yang kemudian divisualisasikan dalam wujud film sebagai teks *historical memory* (ingatan sejarah) (Ayawaila, 2008).

Dari beberapa pendapat mengenai film sejarah diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa film sejarah dalam pembuatannya dibuat sesuai dengan latar belakang yang sebenarnya. Melibatkan peran sejarawan sangat diperlukan dalam film sejarah untuk meyajikan peristiwa masa lalu. Peran sejarawan sangat dibutuhkan untuk menjelaskan bagaimana mendudukkan film sejarah sebagai sumber pengetahuan, dan sebagai sumber inspirasi bagi produksi film sejarah. Contoh film dokumenter sejarah berbentuk animasi yakni, Roro Jonggrang dan Legenda Candi Prambanan.

Ka'bah merupakan bangunan berbentuk kubus yang terletak di tengah Masjidil Haram di Mekah, Arab Saudi. Bentuk ka'bah saat ini berbeda pada saat pertama kali dibangun, sejarah mencatat terdapat 4 kali perubahan ka'bah. Dalam al quran telah di sebutkan pada surat al baqarah ayat 111, yang berbunyi

وَاِذْ يَرْفَعُ اِبْرٰهٖمُ الْقَوَاعِدَ مِنَ الْبَيْتِ وَاِسْمٰعِيْلُۗ رَبَّنَا تَقَبَّلْ مِنَّاۗ اِنَّكَ اَنْتَ السَّمِيْعُ الْعَلِيْمُ

"dan (ingatlah) ketika ibrahim meninggikan pondasi baitullah bersama ismail (seraya berdoa), "Ya tuhan kami, terimalah (amal) dari kami. Sungguh, engkaulah Yang Maha mendengar, Maha Mengetahui." (Q.S Al Baqarah: 111).

Bentuk ka'bah hanya dapat ditemui melalui gambar dari waktu ke waktu, melalui foto dapat terlihat jelas perbedaan ka'bah zaman Nabi Ibrahm hingga ka'bah bentuk saat ini, dikarenakan terjadinya peperangan serta kondisi alam yang berubah. Sehingga sangat sulit menemukan perbedaan antara bentuk satu dengan yang lainnya. Karena perubahan tersebut. untuk melihat langsung sejarah tersebut maupun mengembalikan dan membayangkan wujud dari ka'bah itu sangatlah sulit. Dengan ini penulis membuat animasi rekonstruksi bangunan ka'bah dalam bentuk 3D dengan menggunakan metode *morphing*.

Menurut (Aloraibi, 2023) Morphing merupakan suatu bentuk berubahan bentuk secara bertahap, sehingga akan menciptakan gerakan atau animasi yang halus. Metode *Morphing* mempunyai peranan penting dalam menciptakan animasi yang halus dan ralistis. Dengan mengubah perlahan satu objek menjadi objek lainnya, metode ini menciptakan perubahan bentuk seolah-olah terjadi secara alami. Morphing menjadi salah satu tekniik yang signifikan dalam menciptakan efek transisi yang menarik antar dua buah objek. Metode ini paling banyak kita temui di berbagai video seperti film animasi, video motion grafik dan iklan yang ada.

Perubahan bentuk dalam *morphing* melibatkan proses tansformasi geometri dan tekstur untuk mengubah objek dari satu menjadi objek lainnya. Transormasi geometri melibatkan perubahan posisi, rotasi, dan skala objek. Sementara *texture* melibatkan warna, pola atau *texture* objek. Terdapat beberappa pendekatan yang digunaka dalam metode Morphing, sepertu pendekatan titik kendali dan pendekatan jaringan triangulasi. Metode *morphing* melibatkan algoritma yang komplks untuk menghasilkan transisi yang halus antar dua objek, yang paling umum digunakan yakni dengan algoritma *wrapping* dan *cross dissolve. Wrapping methode* melibatkan perhitungan perubahan bentuk dan *texture* objek, *cross dissolve* melibatkan perubahan warna antar dua objek. Hal tersebut akan mempengaruhi bentuk *vertex* pada objek tersebut. (Kartika Gunadi, 2004)

Animasi rekonstruksi bangunan ka'bah 3D ini menggunakan metode Morphing diharapkan dapat menampilkan perubahan bentuk suatu objek menjadi lebih halus. Permasalahan utama pada *morphing* objek tiga dimensi adalah menentukan korespondensi antara bentuk objek asal dan bentuk objek tujuan. Jika

korespondensi antara dua objek telah didapatkan, maka akan lebih mudah untuk menghasilkan perubahan yang halus ketika objek asal berubah bentuk menjadi objek tujuan.

1.2 Pernyataan Masalah

Peneliti merumuskan dari latar belakang diatas, bagaimana metode *morphing* dalam menentukan perubahan *vertex* pada animasi rekonstruksi 3D bangunan ka'bah.

1.3 Batasan Masalah

Dalam peneliti ini mempunyai batasan-batasan sebagai berikut:

1. Objek yang dipakai adalah 3D bangunan ka'bah zaman Nabi Ibrahim, pimpinan Quraisy, pimpinan Abdullah bin Zubair, dan pimpinan Al Hajjaj bin Yusuf dalam buku *the power of ka'bah*.
2. Metode morphing yang digunakan untuk rekonstruksi 3D bangunan ka'bah.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan hasil analisis yang telah disebutkan, maka tujuan dari peneliti ini adalah untuk menganalisis perubahan pada bentuk *vertex* dalam rekonstruksi 3D bangunan ka'bah menggunakan metode *morphing.*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian antara lain:

1. Dapat diterapkan dalam penganimasian rekonstruksi 3D bangunan ka'bah.
2. Dapat mempelajari dampak dari perubahan *vertex* dalam metode *morphing*.

BAB II

STUDI PUSTAKA

Pada kajian pustaka peneliti akan membahas tentang penelitian yang terkait dan landasan teori yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan penelitian.

2.1 Penelitian Terkait

Terdapat begitu banyak peneliti yang membahas tentang moprhing maupun *shrinkwrap method*. Seperti yang dilakukan oleh Jurnal Kosuke Kaneko, Yoshihiro Okada and Koichi Niijima pada tahun 2006 yang melakukan penelitian tentang perubanhan manusia menjadi kupu-kupu dengan menggunakan morphiing. Dalam penelitian tersebut algoritma untuk menciptakan bentuk yang diinginkan dengan menggunakan mimik model, atau bisa disebut objek tiruan. Penelitian tesebut menyatakan bahwa menggunakan mimik model dapat mempermudah dalam penerapan metode tesebut.

Pada penelitian Darmawan, (2019) dengan judul media pembelajaran animasi 3D harimau dengan algoritma *pose to pose* dan rekonstruksi rangka menggunakan *morphing*, melakukan sebuah penelitian dimana perubahan bentuk rangka harimau menjadi bentuk tubuh harimau dengan menggunakan perubahan warna primer kedua objek yang akan di transisi. Warna primer objek harimau R1 = 133, G1 = 94, B1 = 224 warna tulang harimau R2 = 224, G2 = 224, B2 = 224. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan rata-rata bobot primer yakni 224. Bahwasanya menunjukkan metode *Morphing* dapat memperhalus perubahan betuk kedua objek tersebut.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori merupakan pernyataan yang berisikan tentang teori yang memberikan pemahaman dan konsep berhubungan dengan topik penelitian

2.2.1 Animasi

Animasi berasal dari Bahasa latin, anima, berartikan jiwa, nyawa dan semangat. Animasi adalah suatu seni untuk memanipulasi gambar menjadikan seolah-olah hidup dan bergerak, yang terdiri dua dimensi juga tiga dimensi, yang satu bagian menurut grafika komputer menyajikan tampilan-tampilan sangat efektif (Suyanto, M. 2005). Animasi biasa dimanfaatkan buat penarik perhatian terhadap pengguna computer bagian eksklusif dilayer, memvisualisasikan cara kerja suatu indera, menampilkan keluaran acara menggunakan gambar-gambar yangg lebih menarik dibandingkan apabila hanya berupa sederetan angka, dan tidak ketinggalan juga buat permainan.

Film animasi merupakan salah satu bentuk dari seni modern dan popular saat ini yang dibuat untuk berbagai kepentingan, baik itu pendidikan, bisnis dan hiburan. Pemilihan media animasi didasari oleh beberapa keunggulan diantaranya, film animasi memiliki ruang publikasi serta distribusi yang luas. Dimana film animasi tersebut bisa dipublikasikan melalui media sosial yang saat ini sedang berkembang di masyarakat. Sehingga masyarakat khususnya anak-anak dan remaja lebih mudah mendapatkan akses untuk menikmati animasi cerita rakyat yang telah dipublikasikan (Suryaningsih, A. 2020). Animasi juga dapat sebagai media audio

visual memiliki keunggilan dimana 80% dari konten audio visual yang ditampilkan secara bersamaan akan mampu diserap oleh penontonnya.

Selain itu juga, animasi mampu merekonstruksi cerita lama seperti memvisualisasikan hal-hal yang telah hilang atau sudah tidak adaa seperti candi yang telah hancur, kerajaan dan lain sebagainya. Animasi juga memiliki keunggulan dari segi pembiayaan dalam proses produksi dimana hal-hal sulit diwujutkan dengan teknik live action bisa diwujudkan dengan animasi seperti manusia terbang, penggambaran setting lokasi di langit, diberbagai tempat yang sulit untuk dikunjungi lainnya.

2.2.4.1 Prinsip animasi

Terdapat 12 prinsip animasi yang telah dikembangkan oleh *Walt Disney Studios* pada tahun 1930. Prinsip ini lahir dari ide ide yang dikembangkan oleh studio tersebut untuk menciptakan cara yang real dalam gerakan animasi, seperti yag dipaparkan dalam buku *"Illusion Of Life"* oleh *Frank Thomas* dan *Ollie Jhonston* (pp. 47-69). sebagai berikut.

1) *Squash and stertch*

Squash and stretch adalah prinsip animasi yang mengacu pada perubahan bentuk objek saat bergerak, menyebabkan objek mengembang dan meregang untuk menciptakan ilusi gerakan yang lebih hidup dan dinamis. Prinsip ini memberikan kesan volume, berat, dan elastisitas pada benda bergerak. Misalnya, saat bola dilempar dan mengenai tanah, bentuk bola menjadi kaku saat menyentuh tanah dan meregang saat memantul.

2) *Anticipation*

Adalah prinsip animasi yang mengacu pada gerakan kecil atau tanda-tanda karakter atau objek sebelum tindakan yang lebih besar. Tujuannya adalah untuk memberi tahu penonton tentang aksi yang akan datang, membuat gerakan lebih mudah dipahami, dan menciptakan ketegangan atau kegembiraan yang diinginkan.

3) *Straight ahead action and pose to pose*

Adalah dua prinsip teknik animasi yang berhubungan dengan cara gerakan dibuat dalam adegan animasi. *Straight Ahead Action* adalah teknik yang secara terus-menerus menggambar bingkai berurutan dari awal adegan hingga akhir. Teknik ini sering digunakan untuk menciptakan gerakan yang lebih alami dan spontan. Sementara itu, *pose to pose* adalah teknik menggambar beberapa tokoh kunci atau "pose" penting terlebih dahulu kemudian mengisi gambar di antara pose untuk menciptakan gerakan yang lebih terkontrol dan terencana. Teknik ini sering digunakan untuk menciptakan gerakan yang lebih kompleks dan kontemporer dalam adegan animasi.

4) *Follow and overlap action*

Adalah prinsip animasi yang mengacu pada gerak yang terjadi setelah gerak utama suatu objek atau karakter berhenti, serta gerak yang terjadi secara bersamaan di berbagai bagian tubuh. Pelacakan mengacu pada gerakan tambahan yang terjadi pada bagian tubuh yang lebih ringan atau lebih kecil setelah bagian tubuh yang lebih berat berhenti bergerak. Misalnya, saat seseorang berhenti berjalan, rambut dan pakaian berwarna lebih terang akan terus bergerak untuk beberapa saat. Pada saat yang sama, aksi yang bertepatan mengacu pada gerakan yang terjadi pada bagian

tubuh yang berbeda pada waktu yang bersamaan, seperti: Gerakan kepala dan tangan saat berjalan. Prinsip ini memberikan kesan gerakan yang lebih alami dan dinamis dalam adegan animasi.

5) *Slow in and slow out*

Prinsip animasi yang mengacu pada bagaimana pergerakan suatu objek atau karakter diperlambat saat mulai dan berhenti bergerak. Tujuannya untuk memberikan kesan gerakan yang lebih natural dan fluid. Slow In mengacu pada bergerak perlahan di awal gerakan. Misalnya, ketika seseorang mulai berjalan, gerakannya mula-mula melambat, lalu menjadi cepat. Sedangkan *Slow Out slow motion* berarti ketika suatu objek atau karakter berhenti bergerak. Misalnya, saat seseorang berhenti berjalan, gerakan terakhirnya akan melambat dan kemudian berhenti.

6) *Arcs*

Prinsip animasi yang mengacu pada pergerakan objek atau karakter mengikuti jalur melengkung. Prinsip ini didasarkan pada fakta bahwa dalam kehidupan nyata, gerak biasanya mengikuti jalur lengkung, bukan garis lurus. Dalam animasi, penggunaan gerakan melengkung atau busur dapat memberikan kesan gerakan yang lebih alami, halus dan dinamis. Prinsip busur juga memastikan konsistensi pergerakan objek atau karakter di setiap adegan animasi.

7) *Second sekunder*

Prinsip animasi yang mengacu pada gerakan tambahan yang dilakukan oleh objek atau karakter yang berbeda dari gerakan utama yang dibuat. Tujuannya

adalah untuk memberikan gerakan perasaan yang lebih alami dan menambahkan dimensi ekstra pada adegan animasi.

8) *Timing*

Merupakan prinsip animasi yang mengacu pada kecepatan atau lamanya pergerakan objek atau karakter dalam sebuah adegan animasi. Prinsip ini sangat penting untuk menciptakan gerakan yang realistis dan ekspresif. Menggunakan prinsip timing yang tepat dapat memberikan kesan gerakan yang realistis dan dinamis serta membantu menciptakan suasana atau perasaan tertentu dalam sebuah adegan animasi.

9) *Exaggeration*

Adalah prinsip animasi yang mengacu pada bagaimana pergerakan objek atau karakter dapat ditingkatkan atau dikurangi dari ukuran atau kecepatan sebenarnya. Tujuannya agar adegan animasi terasa lebih dramatis atau komedi. Dalam animasi, berlebihan dapat digunakan untuk menunjukkan ekspresi atau emosi karakter yang lebih dramatis, atau untuk membuat gerakan adegan tampak lebih dinamis dan menarik perhatian penonton. Namun, berlebihan harus digunakan dalam batas yang wajar agar gerakan tidak terlalu realistis atau mengganggu penonton.

10) *Solid drawing*

Adalah prinsip animasi yang mengacu pada kemampuan menggambar objek atau karakter dalam bentuk tiga dimensi yang solid. Tujuannya adalah untuk memberikan kesan keberadaan benda atau karakter di ruang nyata, sehingga gerakan dan interaksi antar karakter atau benda tampak lebih nyata.

11) *Appeal*

Adalah prinsip animasi yang mengacu pada daya tarik visual objek atau karakter dalam adegan animasi. Tujuannya agar objek atau figur tersebut terlihat menarik dan menarik perhatian penonton. Dalam animasi, prinsip daya tarik digunakan untuk membuat karakter atau objek dengan desain visual yang menarik dan mudah dikenali serta kepribadian yang kuat. Penggunaan warna, proporsi, dan ekspresi dapat membantu membuat karakter atau objek dalam adegan animasi menarik secara visual.

12) *Staging*

adalah prinsip animasi yang mengacu pada penempatan dan penataan karakter dan objek dalam sebuah adegan untuk menyampaikan pesan atau tujuan yang jelas. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa penonton dapat fokus pada tindakan atau informasi penting dalam adegan tersebut.

2.2.2 Jenis animasi

Animasi yang dahulunya memiliki prinsip sederhana, dan saat kini sudah berkembang sebagai beberapa jenis, yaitu animasi 2D, animasi 3D dan tanah liat.

a. Animasi 2D (Dua Dimensi)

Animasi ini yang paling akrab kita jumpai dikeseharian kita. Biasa pula menggunakan sebutan film kartun. Kartun sendiri menurut istilah Cartoon berartikan gambar yang lucu. Animasi 2D adalah teknik untuk membuat gambar bergerak dengan menggunakan dua sumbu, yakni antara sumbu X dan Y pada bidang datar yang dapat produksi secara manual (tradisional) maupun secara

moderen (dengan menggunakan komputer) serta konvensional atau dengan perangkat lunak komputer (Nugroho Nurcahyono. 2019).

b. Animasi 3D (tiga dimensi)

Animasi 3D adalah proses pembuatan gambar bergerak dengan menggunakan 3 sumbu yakni sumbu X sumbu Y dan Sumbu Z untuk memberikan ilusi kedalaman dan dimensi. Hal ini termasuk membuat objek dan lingkungan virtual, pemodelan karakter, pencahayaan, animasi gerak, efek visual. Animasi 3D juga dipakai untuk membuat game, arsitektur, film, dan bidang sains. (Hang Revo Joang. 2017).

3D objek adalah objek yang dibuat dalam tiga dimensi (x, y, z) menggunakan perangkat lunak komputer 3D modeling. Objek ini memiliki ukuran, bentuk, dan posisi yang dapat diatur dalam tiga dimensi sehingga menciptakan tampilan yang realistis dan lebih menyerupai objek fisik di dunia nyata. Dalam proses pembuatan 3D objek, terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan, seperti *modeling* (pembuatan model), *texturing* (memberi warna dan tekstur), *rigging* (pemasangan kerangka tulang), animasi, dan *rendering* (proses menghasilkan gambar akhir).

Elemen objek 3 dimensi meliputi: *Verteks* (*vertices*): Titik atau koordinat dalam tiga dimensi yang membentuk sudut dari objek. *Garis* (*edges*): Garis yang menghubungkan dua *verteks*. Permukaan (*faces*): Area permukaan antara tiga atau lebih *vertex* yang membentuk bidang atau permukaan objek. *Tekstur (texture):* Gambar atau pola yang diaplikasikan pada permukaan objek untuk memberikan detail dan keanekaragamanan pada penampilan visualnya. Material:

Properti yang diterapkan pada permukaan objek, seperti kecerahan, kehalusan, reflektivitas, dan warna. Animasi: Perubahan posisi, rotasi, skala, dan bentuk objek seiring waktu untuk menciptakan gerakan yang realistis. Elemen-elemen ini digunakan dalam proses pembuatan objek 3D dan membentuk tampilan visual objek yang dihasilkan.

Animasi 3D juga merupakan perkembangan teknologi dan global computer menciptakan teknik pembuatan animasi tiga dimensi semakin berkembang dan maju pesat. Animasi 3D merupakan perkembangan dari animasi 2D, menggunakan animasi 3D, karakter yangg divisualisasikan semakin konkret dan mendekati wujud aslinya.

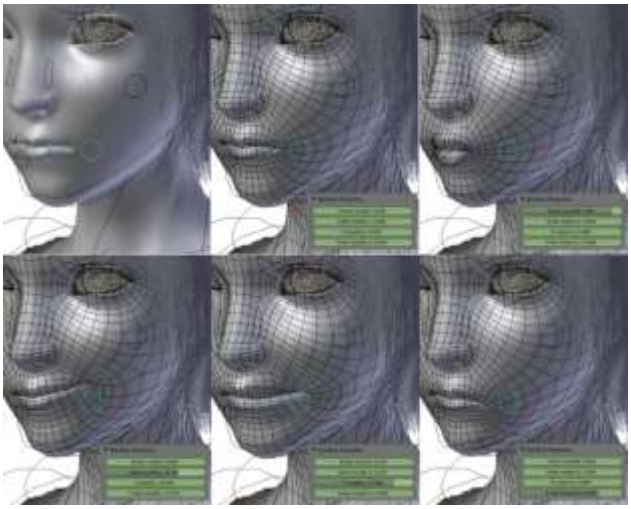
c. Animasi Tanah Liat *(Clay Animation)*

Meski namanya *Clay*, tetapi yang dipagai bukanlah memakai tanah liat biasa. Animasi ini memakai *plasticin*, berbahan lentur seperti permen karet yang ditemukan dalam tahun 1897. Tokoh-tokoh dalam animasi *clay* dibentuk menggunakan memakai metidde spesifik buat kerangka tubuhnya. Film animasi *clay* pertama kali dirilis dalam bulan februari 1908 berjudul *A Sculptor's Web Rarebit Nigthmare.* Untuk beberapa ketika lalu, tersebar film *clay* yang berjudul *Chiken Run (Wells & Hardstaff,* 2008*).*

2.2.3 *Morphing*

Morphing dalam grafis komputer adalah proses transformasi atau perubahan bentuk dari satu gambar atau objek menjadi gambar atau objek lainnya secara bertahap dan mulus, menggunakan teknik digital. efek visual, dan manipulasi gambar. *Morphing* dalam grafis komputer biasanya melibatkan pemilihan titik-titik

kunci atau fitur-fitur penting pada kedua gambar yang akan diubah, pencocokan fitur, penghitungan pergerakan atau distorsi antara titik-titik, dan *blending* atau penyempurnaan antara kedua gambar hasil transformasi. Dalam *morphing* terbagi menjadi dua proses yakni, *automated morphing* dan *non automated morphing.*



Gambar 2.1 proses *morphing* pada objek wajah

Tahap pertama yakni dengan menggunakan proses *automated morphing. Automated morphing* adalah proses perubahan bentuk objek dari satu bentuk ke bentuk lainnya secara otomatis tanpa perlu memindahkan titik (*vertex*) satu per satu. Salah satu cara melakukan morphing otomatis di *blender* adalah dengan menggunakan *shrinkwrap modifier*. dalam buku resmi panduan *blender* (*Blender foundation 4.4*) *shrinkwrap* adalah teknik *modifire* pada blender untuk menempatkan objek pada permukaan atau bentuk lain dengan sangat presisi. Terdapat 4 teknik *shrinkwrap* yakni *Nesarest Surface Point, Project, Nearest Vertex, dan Target Normal Project.*

Dalam proses *morphing* ini, digunakan dua objek mesh objek Awal merupakan bentuk asli yang akan berubah. Dan objek tujuan sebagai bentuk yang akan diikuti oleh objek awal. Dengan menambahkan *shrinkwrap modifier* pada objek awal dan menyetelnya agar mengikuti permukaan objek target, maka objek awal akan secara otomatis berubah bentuk menyerupai objek target.

Tahap kedua proses *non automated morphing* berbeda dengan *automated morphing* yang menggunakan alat bantu seperti *shrinkwrap modifier,* proses *non automated* morphing dilakukan dengan kontrol penuh secara manual melalui pemrograman (*source code*). Tujuan utamanya adalah untuk menciptakan transformasi bentuk secara bertahap dengan tidak memiliki objek tiruan, *vertex* yang sama, atau yang memiliki korespondensi *vertex* yang kompleks.

2.2.4 Sejarah pembangunan ka’bah

Ka'bah adalah sebuah bangunan suci yang terletak di tengah Masjidil Haram di Mekah, Arab Saudi. Bangunan ini memiliki bentuk kubus dengan tinggi sekitar 14, meter, panjang sisi timur 12,48 meter, dan lebar 12,11 meter (Prof. Dr. Ali Husni, sejarah ka’bah hal.289). Ka'bah merupakan pusat kiblat bagi umat Islam di seluruh dunia, yang berarti semua Muslim menghadap ke arah ka'bah saat melakukan salat. Selain itu, ka'bah juga menjadi titik pusat dalam pelaksanaan ibadah haji, di mana salah satu ritualnya adalah melakukan tawaf, yaitu mengelilingi ka'bah sebanyak tujuh kali.

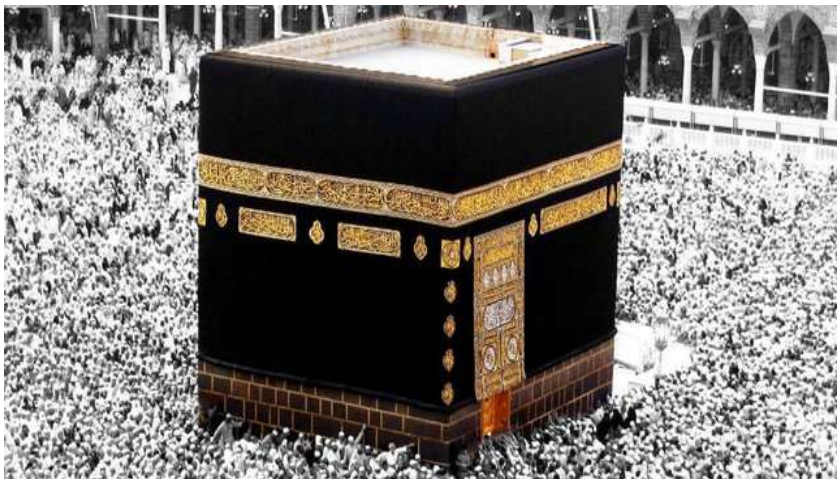
Menurut tradisi Islam, Ka'bah pertama kali dibangun oleh Nabi Ibrahim (*Abraham*) dan putranya, Nabi Ismail (*Ishmael*), atas perintah Allah. Dikatakan

bahwa Allah menunjukkan kepada mereka tempat di mana Ka'bah harus dibangun, dan bangunan ini didirikan sebagai rumah ibadah pertama untuk menyembah Allah.

Ka'bah telah mengalami empat kali renovasi dan perbaikan sepanjang sejarah. Salah satu renovasi penting dilakukan oleh kaum Quraisy sebelum masa kenabian Muhammad SAW, dan Nabi Muhammad sendiri terlibat dalam renovasi tersebut. Renovasi lainnya dilakukan oleh khalifah-khalifah dan sultan-sultan muslim untuk menjaga bangunan ini tetap kokoh dan layak sebagai tempat ibadah (Prof. Dr. Ali Husni, sejarah ka'bah).

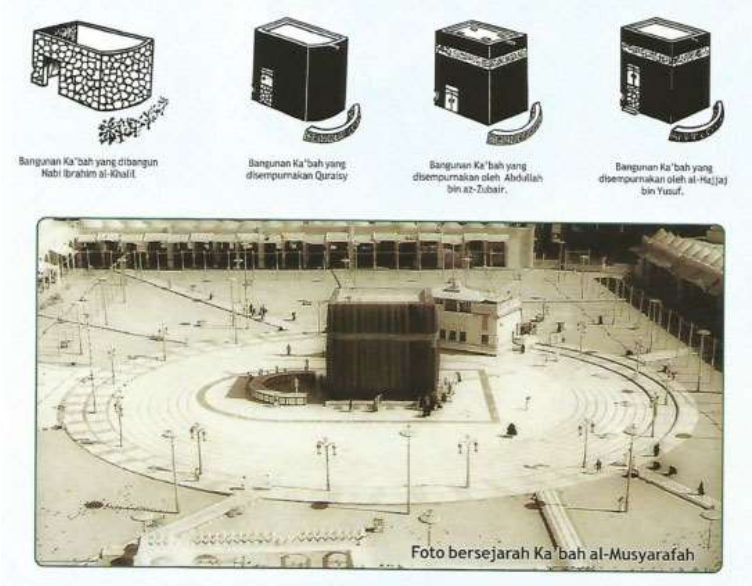
Salah satu elemen penting dari ka'bah adalah Hajar Aswad, yaitu batu hitam yang terletak di sudut timur ka'bah. Batu ini dipercaya berasal dari surga dan dipasang oleh Nabi Ibrahim. Hajar Aswad menjadi bagian dari ritual tawaf, di mana jamaah haji berusaha menyentuh atau mencium batu tersebut.

Ka'bah melambangkan ketauhidan dalam Islam, yaitu keyakinan akan keEsaan Allah. Kiblat yang satu untuk semua Muslim di dunia menekankan persatuan dan kesatuan umat Islam. Selain sebagai arah salat, ka'bah juga menjadi titik fokus dalam berbagai ritual haji dan umrah.



Gambar 2.2 gambar bentuk ka'bah

Pada peneliti ini merupakan proses akan merekonstruksi bangun 3D ka'bah. Dimuali dari pada pembangunan Nabi Ibrahim, kaum Quraisy, Masa Pimpinana Abdullah, dan yang terakhir pada masa pimpinan Hajjaj. Dalam penjelasana di Kitab Sirroh Nabawiyah, terdapat empat kali perubahan bentuk ka'bah. Seperti yang di ilustrasikan pada gambar 2.3 dibawah.



Gambar 2.3 ilustrasi perubahan ka'bah

1. Pada Masa Nabi Ibrahim (sekitar 2000 SM)

   Pada peristiwa tersebut telah diterangkan pada surat Al-Baqarah ayat 127. Dimensi pada masa tersebut yakni, tingi 4,5 m. panjang sisi timur 16 m, 15,5 sisi barat. Lebar sisi selatan 10 m, tembok utara 11 m (Mahmud ibn ahmad, *e-book the constraction of the ka'bah*, hal. 10). Belum ada atap yang dibangun (Irfan L, *The lost of story of ka'bah* hal. 56)

2. Pada Masa Kaum Quraiys (sekitar tahun 605 M)

   Peristiwa sering terjadinya banjir sehingga mengakibatkan dinding ka'bah roboh dan dibangun kembali oleh kaum Quraisy. Dan penambahan atap pada

bagian ataska'bah. Dimensi: Tingi 9 m (Irfan L, *The lost of story of ka'bah* hal. 58). Panjang 13 m (Irfan L, *The lost of story of ka'bah* hal. 57).

3. Pada Masa Pimpinan Abdullah (tahun 683 M)

   Renovasi kembali dikarenakan telah terjadinya peperangan antara yazid bin muawiyah dengan Abdullah bin Zubair. Sehingga mengakibatkan bentuk dari ka'bah sebagian ada yang rontok maka direnovasi dengan dimensi: Tingi 13m (Mahmud ibn ahmad, e-*book the constraction of the ka'bah*, hal. 16). Tingi 13,5 m Tinggi 12,15 m Panjang 13 m Lebar sisi selatan 10 m, tembok utara 11 m (Zainur rofiq, *The power of ka'bah*, hal. 57).

4. Pada Masa Pimpinan Hajjaj j (tahun 693 M)

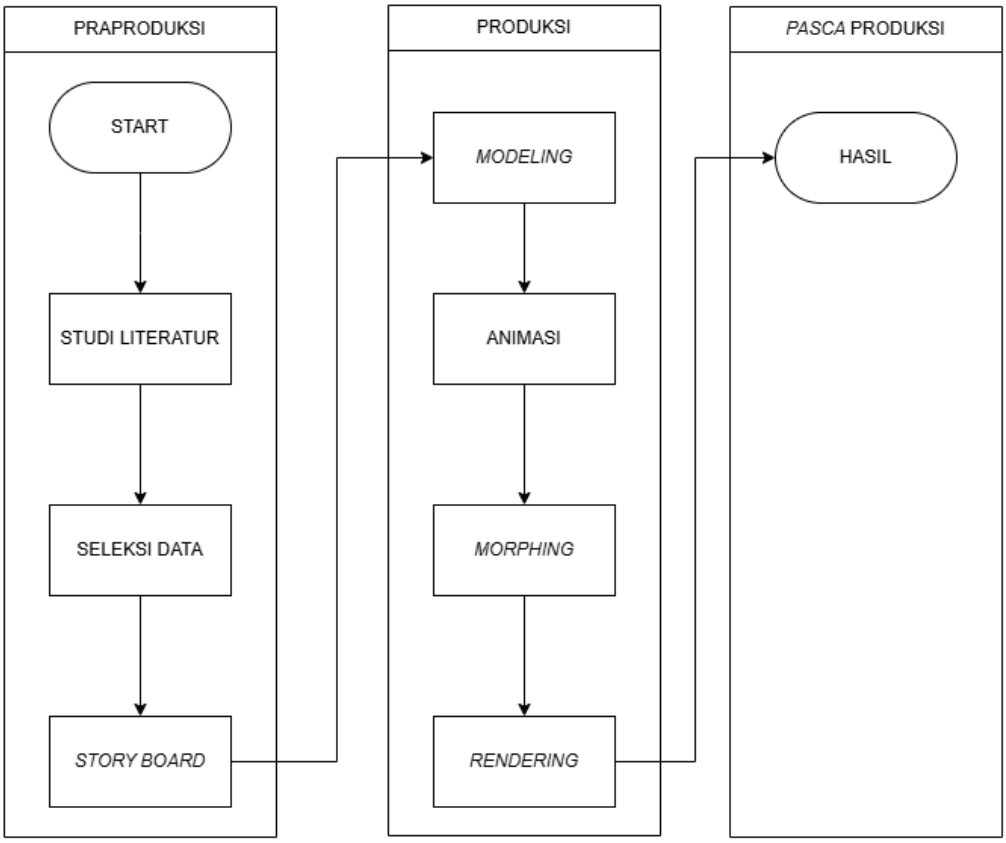
   Adanya peristiwa setelah peperangan terjadi perang dengan Abdullah bin Zubair Tingi 13 m *(the constraction of the ka'bah).* Panjang 16 m (*The power of ka'bah)*. Diriwayatkan pada buku sejarah ka'bah bawasanya pada massa Hajjaj bin Yusuf telah merenovasi ka'bah dengan dimensi ka'bah yang sama pada massa kaum Quraisy.

BAB III

DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan penelitian

Rancangan pembuatan animasi rekonsruksi 3Dimensi bangunan ka'bah mengunakan metode *morphing*. Ada 3 tahapan dalam rekonstruksi bangunan ka'bah. Tahap pertama dimulai perancangan *design* dimulai dengan pengumpulan data bangunan ka'bah, tahap kedua memodelkan 3D bangunan ka'bah, dan tahap terakhir yakni implementasi dari metode *morphing*.



Gambar 3.1 alur *flowchart* rancangan penelitian

3.1.1 *Objek penelitian*

Objek dalam penelitian ini adalah 3D bangunan ka'bah dengan menggunakan software *Blender 4.3.*

3.1.2 *Tahap penelitian*

Langkah tahap penelitian sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

   Tahap pertama peneliti ini mengambil dari sumber data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer didapatkan dari objek berupa 3D bangunan ka'bah. Objek 3D tesebut digunakan untuk percobaan terhadap metode *morphing*. Sedangkan data sekunder diambil dari sumber literatur, jurnal, buku, sekripsi sebelumnya yang berkaitan dengan metode tesebut.

2. Perancangan animasi

   Tahap selanjutnya yakni perancangan animasi. Pada tahap ini, akan dilakukan tahap pengumpulan data yang didapatkan dari hasil studi literatur. Setelah itu akan dilakukan perancangan animasi seperti pembuatan bentuk bangunan 3D bangunan ka'bah, *backround* animasi, pencahayaan, dan prosses implementasi metode *morphing* tersebut

3. Pembuatan animasi

   Untuk tahap selanjutnya yaitu dilakukannya proses penganimasian menggunakan *software blender*. Pada tahap ini maka metode *morphing* akan diterapkan sehingga sesuai dengan hasil yang diharapkan.

4. Pengujian dan Analisis

Pengujian dan analisis dilakukan setelah animasi selesai dikerjakan. Maka hal ini akan membahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan animasi yang dibuat. Pengujian ini dilakukan karena untuk mengetahui apakah terindikasi adanya kegagalan dari metode tersebut. Jika terjadi kegagalan maka akan proses dilakukan secara manual untuk menghasilkan video animasi naratif.

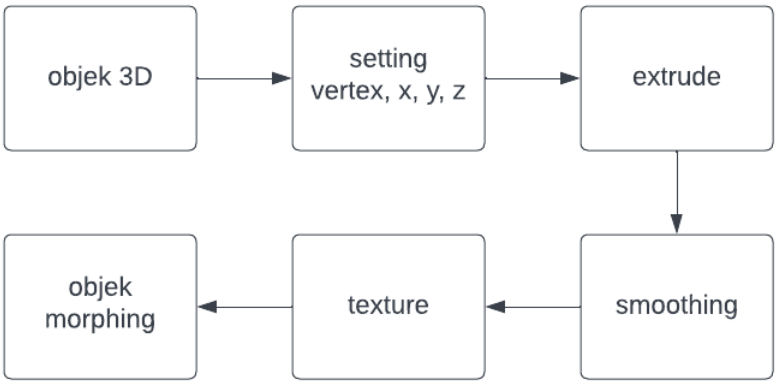
5. Kesimpulan

Diakhir tahapan ini, maka menyimpulkan dari hasil penelitian tersebut. Guna untuk mengetahui hasil penelitian terssebut

3.2 Pembuatan objek 3D

Tahapan pembuatan 3D objek yakni:

1. Pembuatan objek 3 Dimensi dengan menggunakan aplikasi Blender.
2. Objek yang dibuat penelitian berupa bentuk *cube*.
3. Pemberian *texture.*



Gambar 3.2 alur *flowchart* pembuatan objek 3D

Gambar 3.2 menjelaskan alur pembuatan objek 3D, dimulai dari pembuatan objek 3D cube. Kemudian dilanjutkan untuk *setting vertex* disumbu X, Y, dan Z. Langkah selanjutnya melakukan *extrude* untuk menjadikan 3D berupa bentuk ka'bah dan *smoothing* pada objek tersebut. Untuk memberikan warna pada objek, dilakukan pemberian *texture* pada objek 3D. dan terakhir pemberian metode *morphing*

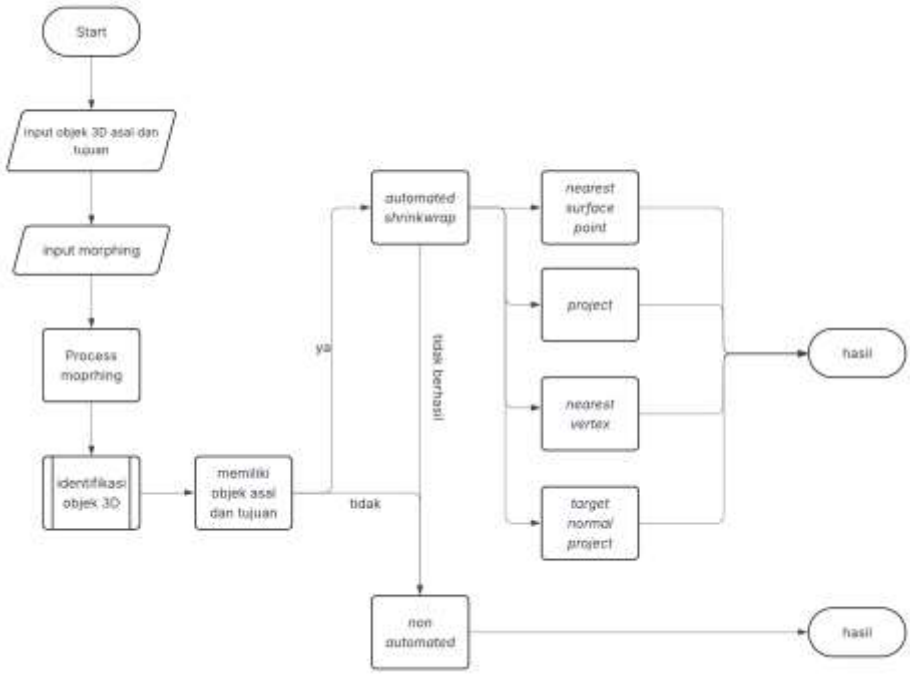
3.3 Implementasi *morphing*

Pada pembuatan animasi ini peneliti menggunakan salah satu metode yang diterapkan adalah metode *morphing*. Inti dari *morphing* ini dilakukan *input* objek awal berupa 3D objek bangunan ka'bah pada masa Nabi Ibrahim hingga berubah menjadi 3D ka'bah pada zaman pimpinan Hajjaj. Pada gambar 3.3 alur proses *morphing* terbagi menjadi dua cara dalam pengujian. Yakni *automated morphing* (dengan menggunakan *shrinkwrap*), dan *non automated* (dengan menggunakan *source code*) cara manual penentuan titik koordinat. Setelah objek 3D ditentukan dari objek asal dan tujuan, Perlu menyiapkan dua model bentuk 3D yang berbeda. Pada peneliti ini menggunakan 4 bangunan 3D ka'bah dengan menghasilkan 3 bentuk animasi.

Proses *automated morphing* akan menentukan titik-titik *vertex* dengan menggunakan teknik *shrinkwrap* pada blender yang memiliki empat tahapan, sehingga *vertex* objek asal akan megikuti bentuk objek yang dituju. *Shrinkwrap* membentuk objek tiruan yang disebut *mimic model*. *Mimic model* memiliki konektivitas simpul yang persis sama dengan model asli karena model tiruan dibuat

dengan mengubah salinan model asli. *Shrinkwrap* memindahkan simpul dari salinan model asli ke permukaan model target tanpa mengubah konektivitas simpul. Proses pertama bagian objek *mimic model* dipindahkan ke bagian objek model target. Setelah itu, model yang disalin direduksi menjadi bentuk model target.

Sebagai proses selanjutnya, semua simpul *mimic model* didorong keluar hingga mencapai permukaan model target. Setelah proses ini, kita dapat memperoleh model perantara antara model target dan model asli sebagai model tiruan dengan koneksi simpul yang persis sama dengan model aslinya.



Gambar 3.3 alur *flowchart* proses *morphing*

Pada proses yang tidak menggunakan metode otomatis seperti *automated shrinkwrap*, proses pengujian dilakukan secara manual dengan bantuan *coding*. Metode *shrinkwrap* yang digunakan dalam skrip pada gambar 3.4 ditentukan pada baris *shrinkwrap method = 'NEAREST_SURFACEPOINT'*.Baris ini menyatakan

bahwa metode penyusutan permukaan yang dipakai adalah "*NEAREST_SURFACEPOINT*", yaitu setiap titik (*vertex*) dari objek *Cube*_A akan bergerak ke titik permukaan terdekat pada objek target *Cube*_B. Dengan kata lain, *modifier Shrinkwrap* akan membungkus *Cube*_A ke permukaan *Cube*_B berdasarkan jarak terdekat antara titik-titik mereka. Setelah metode ini ditentukan, pengaruhnya dianimasikan melalui parameter influence dari *frame* 1 hingga 50, sehingga efek *shrinkwrap* secara bertahap aktif sepenuhnya selama animasi.

```
shrink = cube_a.modifiers.new(name="Shrinkwrap", type='SHRINKWRAP')
shrink.target = cube_b
shrink.wrap_method = 'NEAREST_SURFACEPOINT'

shrink.show_viewport = True
shrink.show_render = True

bpy.context.scene.frame_set(1)
shrink.influence = 0.0
shrink.keyframe_insert(data_path="influence", frame=1)

bpy.context.scene.frame_set(50)
shrink.influence = 1.0
shrink.keyframe_insert(data_path="influence", frame=50)

bpy.context.scene.frame_start = 1
bpy.context.scene.frame_end = 50
```

Gambar 3.4 potongan *code shrinkwrap blender*

Tabel 3.1 menunjukkan enam "*frame*" atau potongan waktu (t = 0.00, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00) dari proses *morphing* bentuk persegi (*square*) menjadi segitiga (*triangle*) menggunakan metode ***shrinkwrap***. Berikut penjelasan tiap bagiannya:

Frame 0 (t = 0.00) Titik-titik awal membentuk persegi sempurna dengan koordinat kira-kira (–1,1), (1,1), (1,–1), (–1,–1). Garis biru menghubungkan keempat sudut ini, dan kotak bulet di tiap sudut menunjukkan lokasi *vertex* pada keadaan awal.

Frame 1 (t = 0.20) Setelah melewati 20% proses, keempat *vertex* mulai "tertarik" menuju bentuk segitiga sasaran. Dapat dilihat satu sisi masih cukup mendekati posisi awal, sedangkan tiga *vertex* lainnya sudah bergeser, menghasilkan bentuk hampir lima sisi (pentagon yang sangat tidak beraturan).

Frame 2 (t = 0.40) Pada tengah (40%), perpindahan *vertex* lebih jelas salah satu sisi persegi nyaris hilang karena dua *vertex* hampir berimpit, sedangkan dua titik yang lain telah bergerak cukup jauh sehingga membentuk lekukan yang memperlihatkan kontur segitiga.

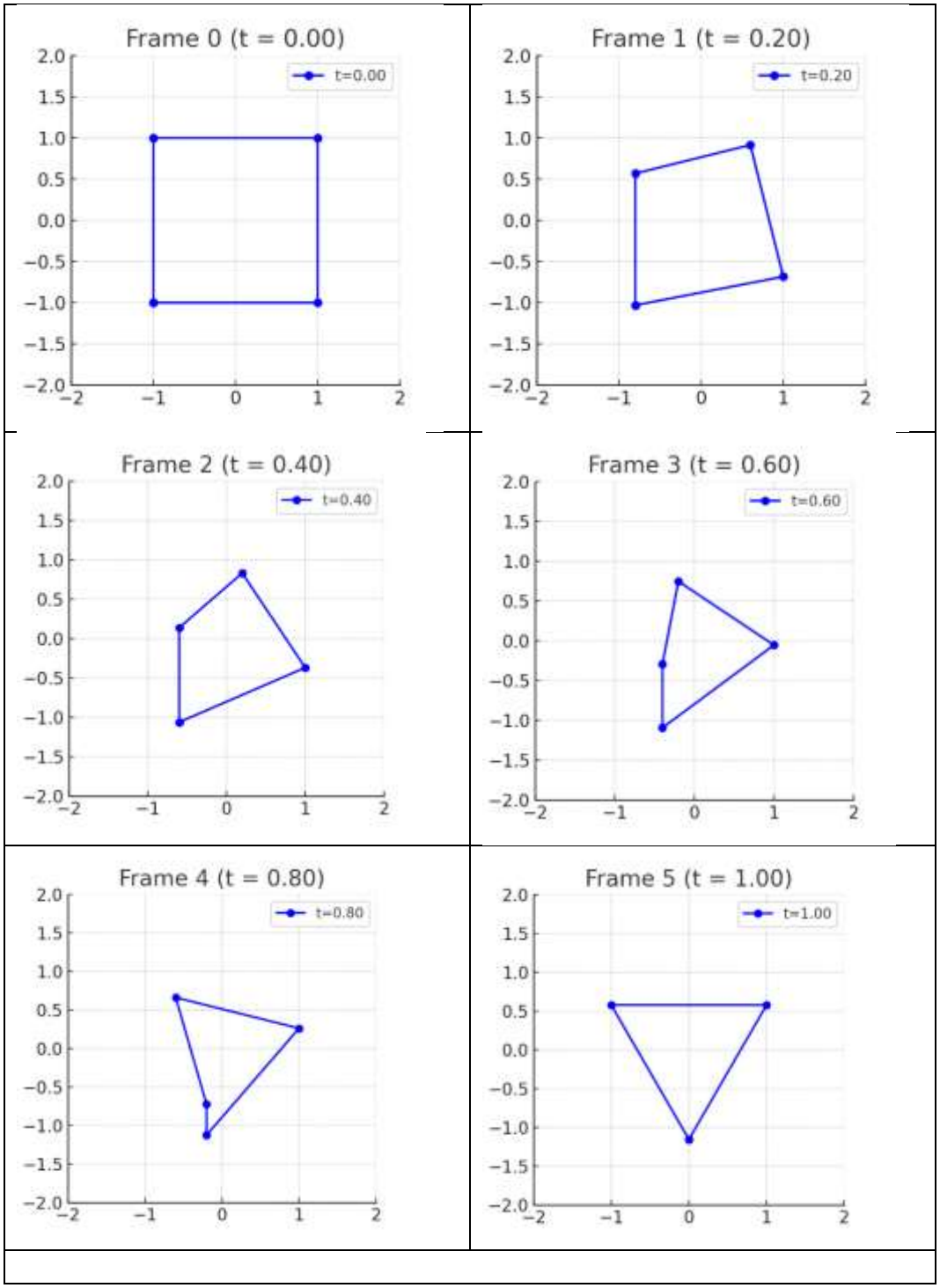
Frame 3 (t = 0.60) Lebih dari setengah jalan, bentuk sekarang terlihat seperti segitiga dengan satu sisi agak "membengkak" sedikit, karena dua *vertex* masih dalam proses penyatuan. *vertex* semakin mendekati tiga lokasi sudut target segitiga.

Frame 4 (t = 0.80) Pada 80%, hanya satu pasang *vertex* yang belum benar-benar tumpang tindih bentuknya sudah sangat mirip segitiga namun masih ada lekukan ringan di salah satu sisinya.

Frame 5 (t = 1.00) Proses selesai: keempat *vertex* persegi telah sepenuhnya *morphing* atau mengerut menjadi tiga titik sudut segitiga. Garis biru sekarang menghubungkan tiga *vertex* pada koordinat segitiga target, dan kotak bulat menandai posisi final.

Secara keseluruhan, visualisasi ini memperlihatkan cara algoritma *shrinkwrap* menginterpolasi (atau mengerutkan) *mesh* awal (persegi) secara bertahap hingga menyamai kontur mesh sasaran (segitiga), dengan parameter t yang mengontrol seberapa jauh proses *morphing* telah berlangsung.

Tabel 3.1 contoh dari penerapan *code morphing nearest vertex*



3.4 Rancangan pengujian

Pengujian dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode morphing dalam mentransformasikan objek 3D asal menjadi objek 3D tujuan. *Morphing* dalam konteks ini merupakan proses perubahan bentuk secara bertahap dari satu model 3D ke model lainnya. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa akurat, halus, dan efisien proses morphing dilakukan antara dua objek 3D, serta untuk mengidentifikasi potensi *artefak* visual atau deformasi tak wajar yang mungkin terjadi selama proses (*Alexa, M. et al*, 2000). Objek uji terdiri dari dua model 3D objek asal yakni objek dasar yang akan dimodifikasi, objek tujuan adalah objek hasil yang diinginkan

Prosedur pengujian dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut:

a. Menyiapkan objek asal dan objek tujuan.
b. Menerapkan teknik *morphing (Shrinkwrap atau Shape Keys)* pada objek asal.
c. Menambahkan *keyframe* animasi dari bentuk awal ke bentuk akhir.

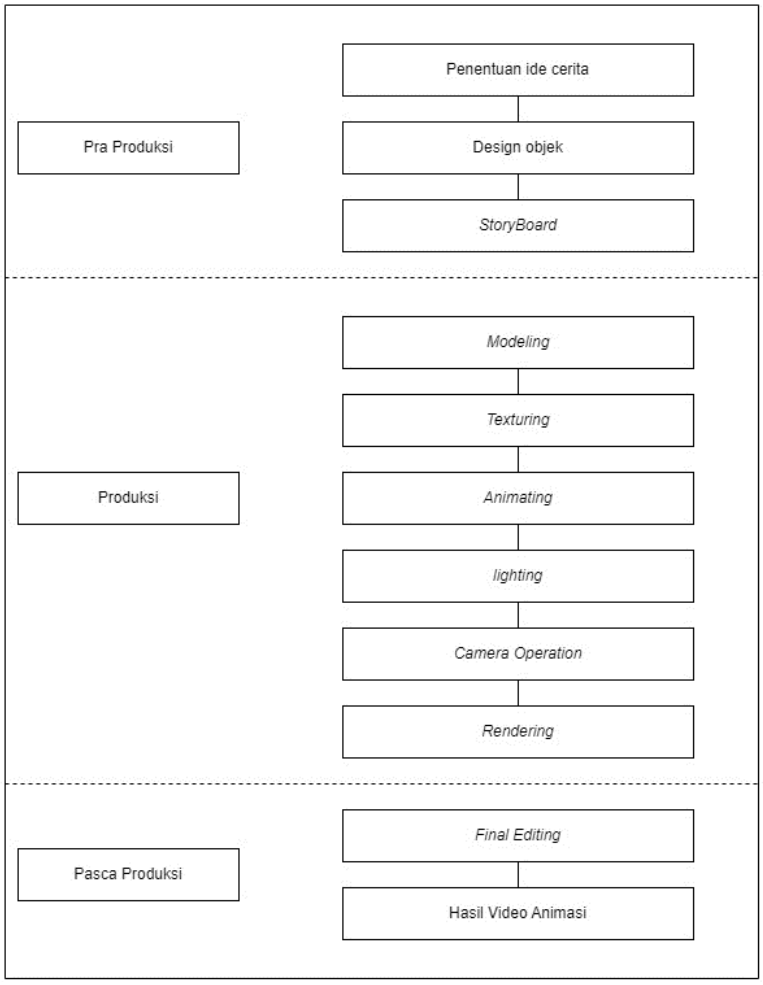
Tabel 3.2 penilitian pada analisis *vertex*

Parameter	Deskripsi
Kesamaan Bentuk Akhir	Seberapa dekat bentuk akhir *morphing* menyerupai objek tujuan.
Kelancaran Transisi	Tingkat kehalusan perubahan antar *frame* dalam animasi *morphing*.
Jumlah Vertex Error	Selisih posisi *vertex* antara hasil morphing dan objek tujuan.
Artefak Visual	Keberadaan cacat visual seperti *distorsi*, lipatan *abnormal*, atau mesh pecah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan membahas tentang implementasi dari perancangan yang telah di buat, dimana akan di lakukan pengujian terhadap metode *morphing* pada objek 3Dimensi bangunan ka'bah. Menurut bambang gunawan, Bambi bahwasannya proses pembuatan animasi terbagi menjadi 3 yaitu seperti gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 alur pembuatan animasi

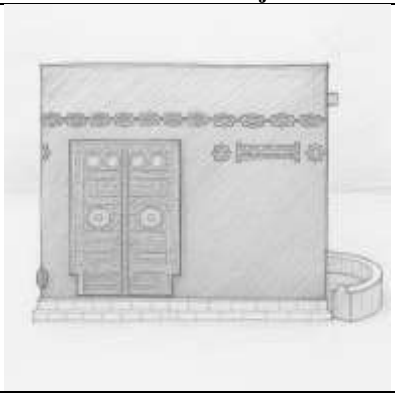
4.1 Praproduksi

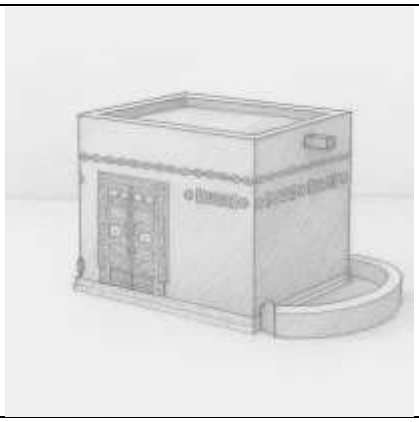
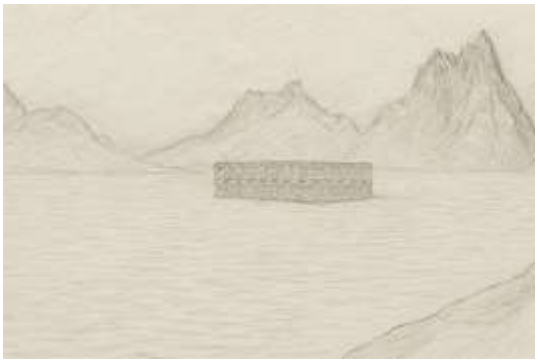
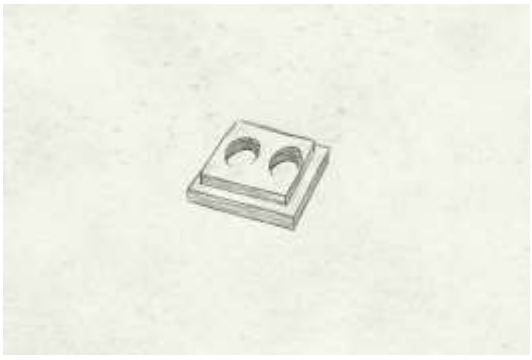
Praduksi animasi adalah tahapa awal dalam pembuatan sebuah animasi, tahap ini penulis akan menentukan alur dari ide konsep dan *storyboard*. Setelah ide cerita dan konsep desain objek didapatkan, penulis merancang alur cerita dalam bentuk *storyboard* seperti pada tabel 4.1 berikut tujuan pembuatan *storyboard* agar mempermudah dalam proses produksi untuk pengambilan alur dan sudut pandang kamera

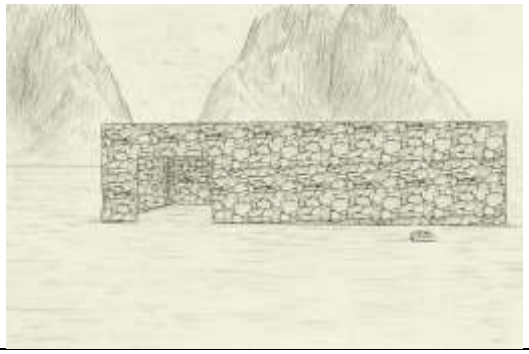
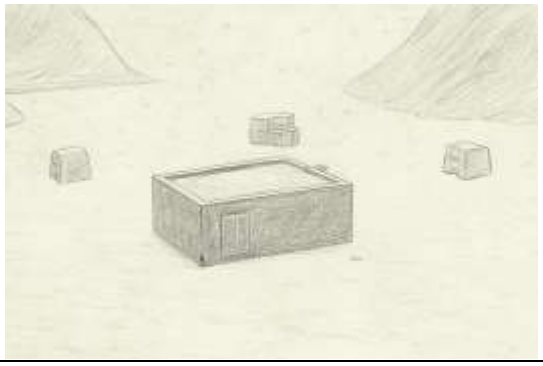
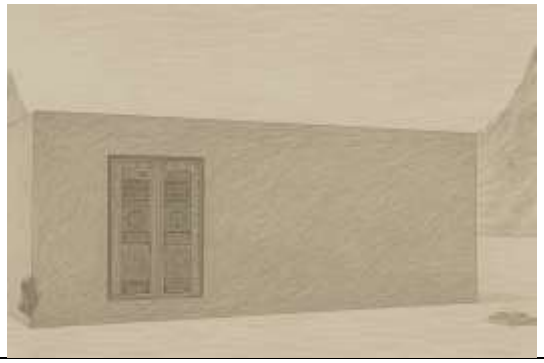
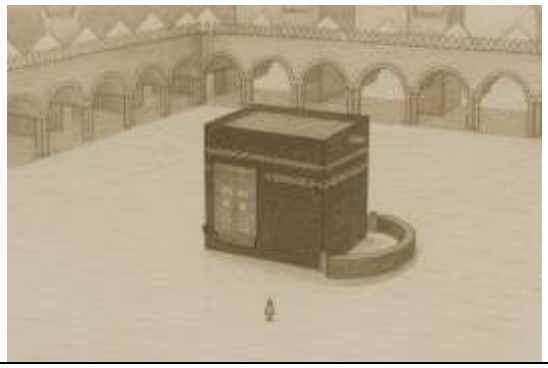
4.2 Penentuan ide cerita

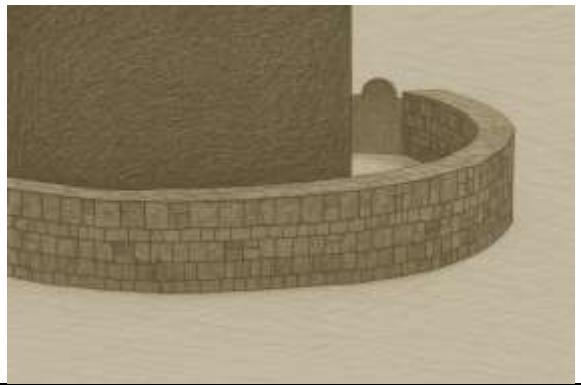
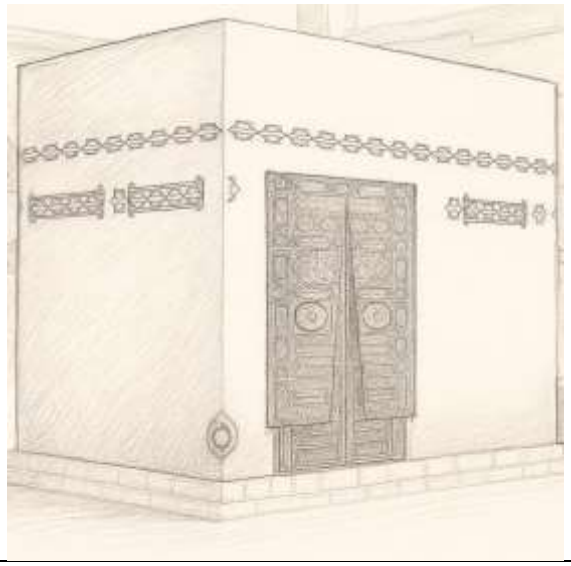
Animasi 3D ini menceritakan perjalanan sejarah ka'bah, bangunan suci yang menjadi pusat ibadah umat Islam. Dari masa Nabi Ibrahim hingga era Hajjaj bin Yusuf, setiap periode diceritakan melalui kisah dan transformasi. Penonton diajak menyaksikan pada tabel 4.1 bagaimana perubahan fisik dan spiritual Ka'bah mencerminkan perkembangan peradaban dan manusia.

Tabel 4.1 *sotry board*

Gambar Objek	Keterangan
	- Bentuk Ka’bah masa sekarang - Suasana siang hari - Narasi penjelasan rangakain video rekonstruksi Ka’bah

	- Kamera berputar mengelilingi Ka'bah - Kamera *detailing* Ka'bah
	- Ka'bah zaman Nabi Ibrahim - Suasana siang hari dengan latar belakang pegunungan gersang - Penjelasan perintahn Allah meninggikan bangunan Ka'bah
	- Kamera *zoom in* - Penjelaan maqom ibrahim

	- Kamera *zoom in* ke Ka'bah - Kamera *detailing* penjelasan Ka'bah
	- Ka'bah zaman pimpinan Quraisy - Suasana siang hari dikelilingi rumah - Kamera *zoom out*
	- Kamera *zoom in* - Penjelasan sejarah dan dimensi ka'bah
	- Ka'bah pimpinan Zubair - Latar belakang masjidil haram - Kamera *zoom out* - Penjelasan sejarah

	- Kamera *zoom in* - Penjelasan dimensi ka'bah
	- Penjelasan hijr ismail
	- Ka'bah pimpinan Hajjaj - Penjelasan dimensi

	- Kamera *zoom in* penjelasan penggantian bentuk hirj ismail
	- Penutup - *Zoom out* ka'bah tampak dari atas

4.3 Produksi

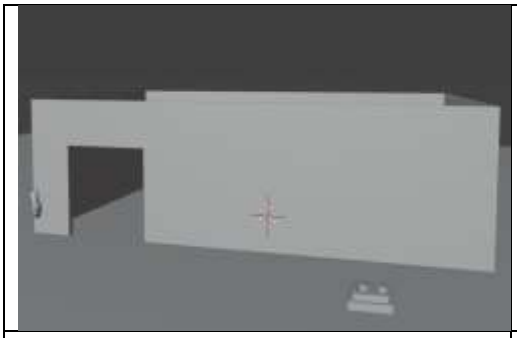
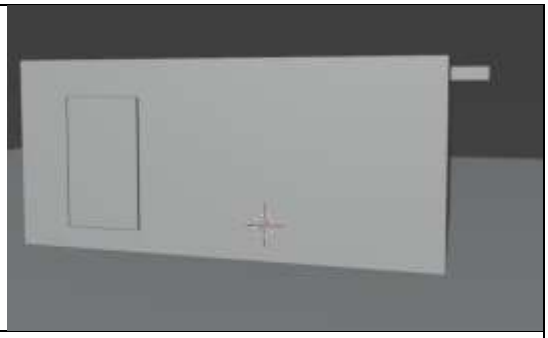
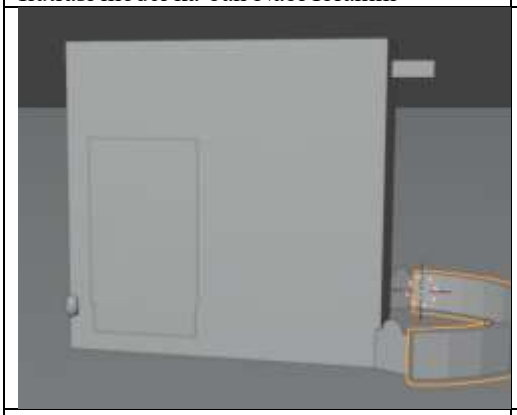
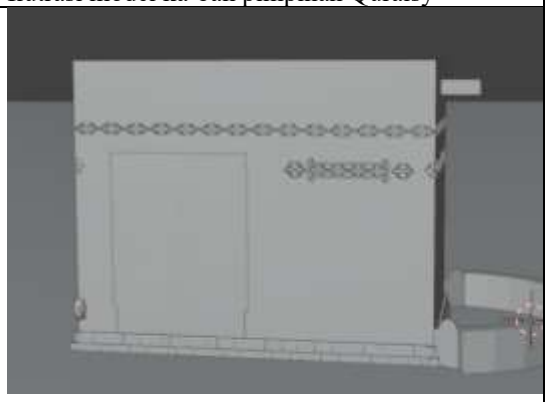
Produksi animasi adalah tahapa awal dalam pembuatan sebuah animasi, tahap ini penulis akan menentukan alur dari ide konsep dan *storyboard*. Setelah ide cerita dan konsep desain objek didapatkan, penulis akan merancang animasi dimana semua elemen visual desain objek yang telah di tentukan pada tahap pra produksi di implementasikan dan direkam sehingga menghasilkan video animasi

4.3.1 *Modeling*

Proses modeling dalam pembuatan animasi 3D bangunan ka'bah pada dasarnya menggunakan objek *cube*, dari objek *cube* maka *setting* dimensi ukuran

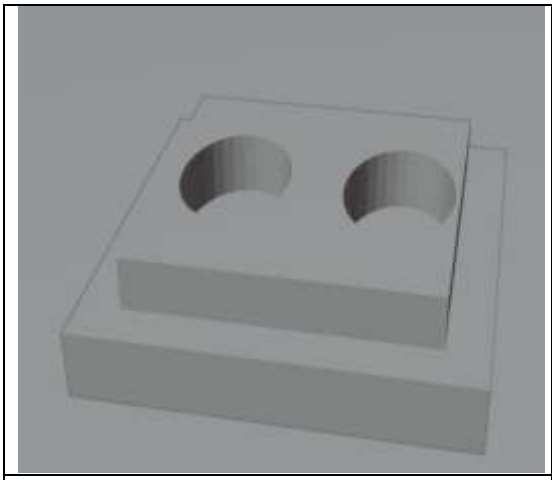
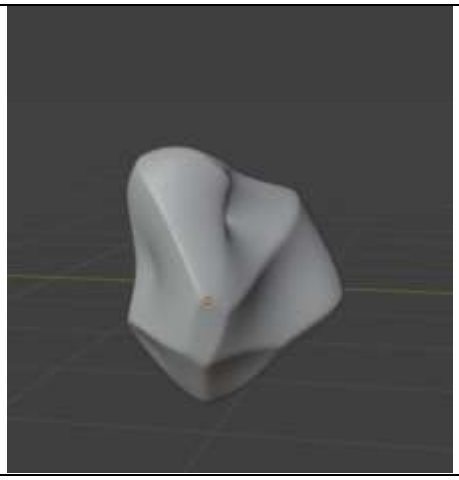
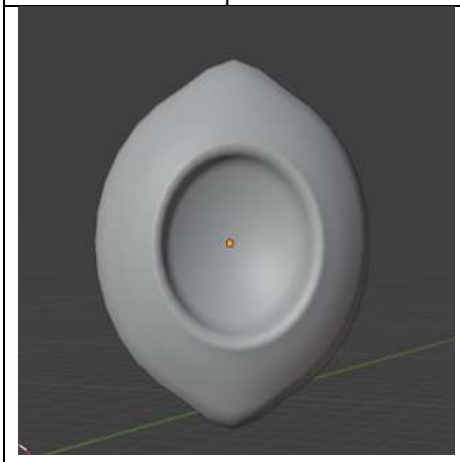
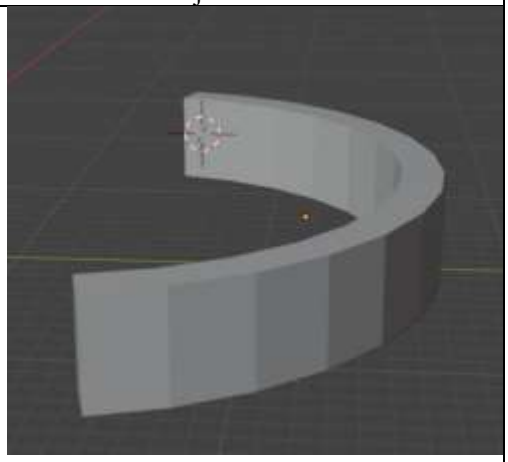
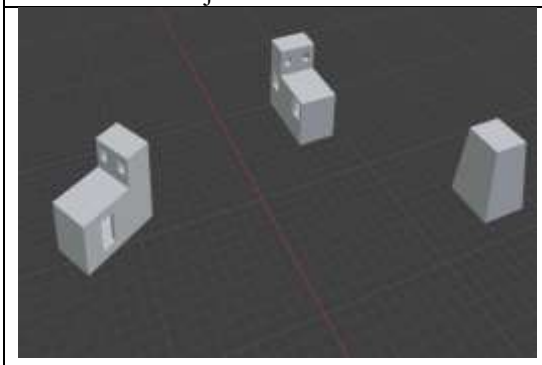
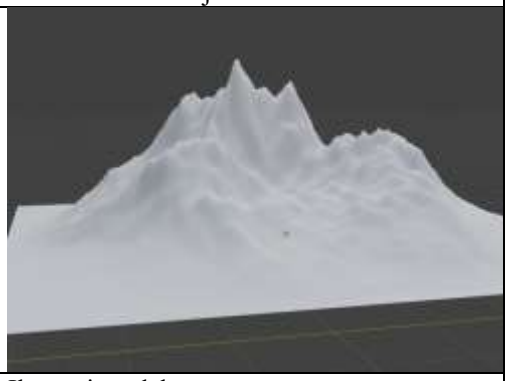
sesuai dengan ukuran ka’bah dari zaman Nabi Ibrahim, pimpinan Quraisy, pimpinan Abdullah bin Zubair dan pimpinan Hajjaj.

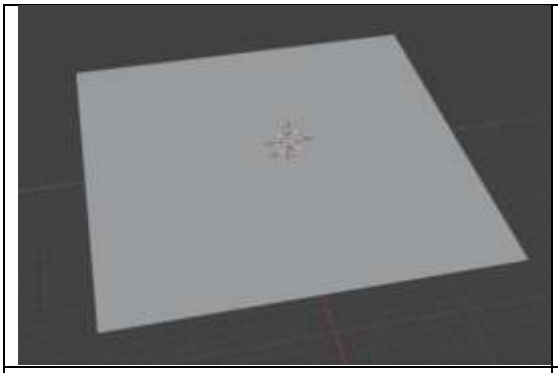
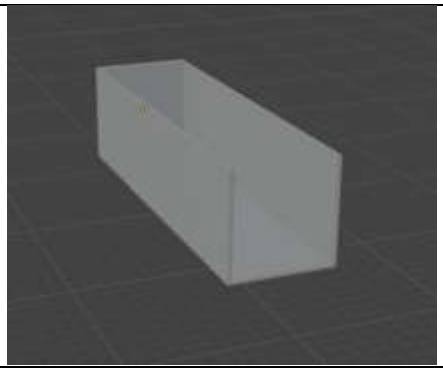
Tabel 4.2 *modeling* ilustrasi 3D bangunan ka'bah

	
Ilutrasi model ka’bah Nabi Ibrahim	Ilutrasi model ka’bah pimpinan Quraisy
	
Ilutrasi model ka’bah pimpinan Zubair	Ilutrasi model ka’bah pimpinan Hajjaj

Selain dari bangunan ka’bah beberapa objek tambahan lainnya yakni hajr aswad, hijr ismail, maqom ibrahim, gunung, rumah, tanah tembok masjidil haram sebagai pelengkap *environment* video.

Tabel 4.3 *modeling* ilustrasi ornamen objek 3D

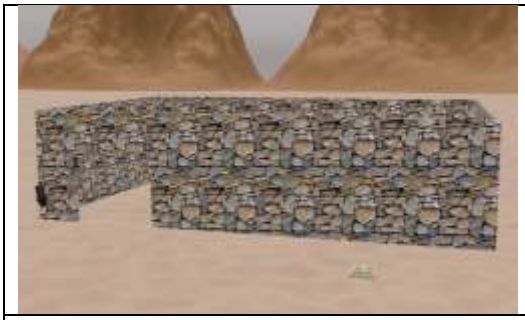
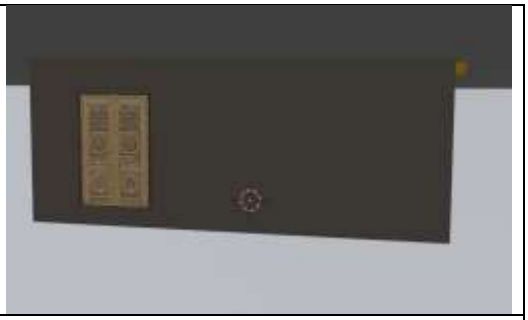
	
Ilustrasi model maqom ibrahim	Ilustrasi model hijr aswad
	
Ilustrasi model hijr aswad	Ilustrasi model hirj ismail
	
Ilustrasi model rumah zaman Quraisy	Ilustrasi model gunung

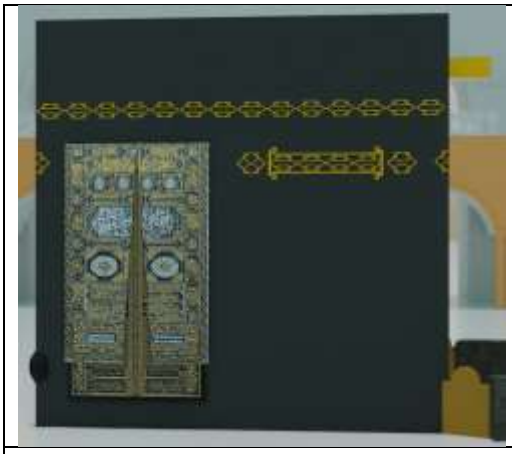
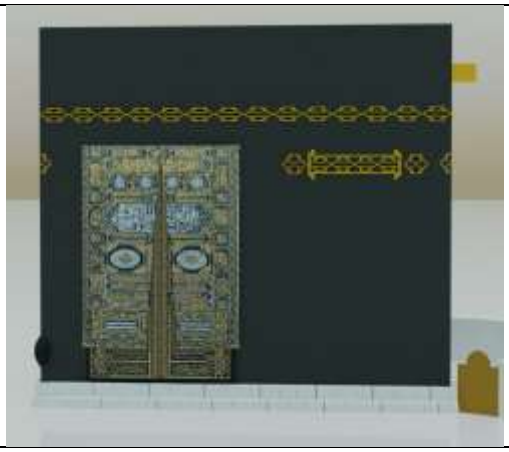
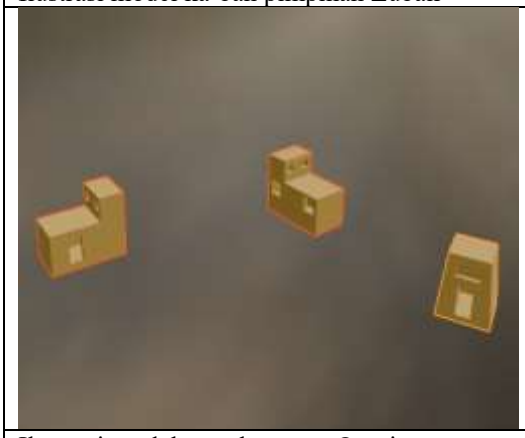
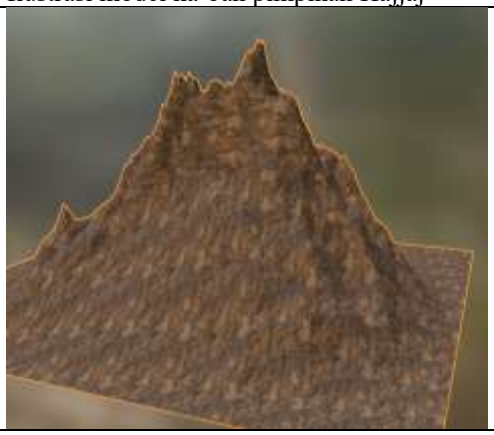
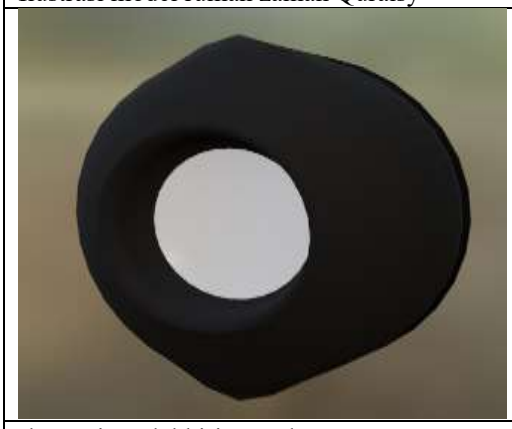
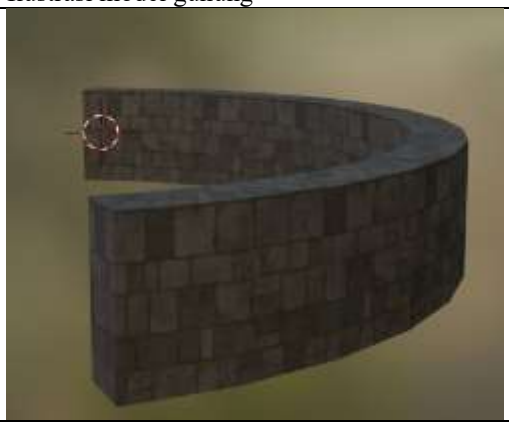
	
Ilustrasi model *ground*	Ilustrasi model talang emas

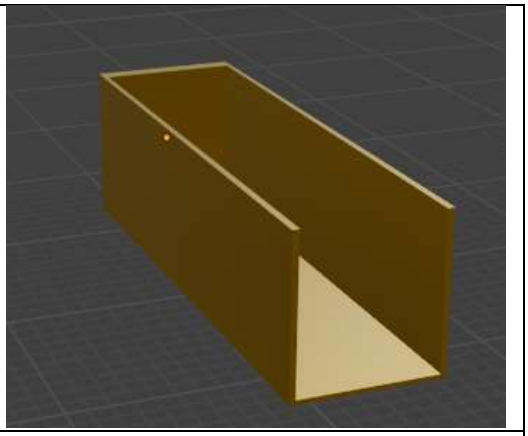
4.3.2 *Texturing*

Dalam tahap texturing bebrapa model yang sudah dibuat sebelumnya akan diberi warna menggunakan material tools, untuk penambahan *texture* dengan *UV map*. Proses *texturing* yang dilakukan dalam pembuatan animasi rekonstruksi ka'bah antara lain;

Tabel 4.4 pemberian *texture* pada ilustrasi objek 3D

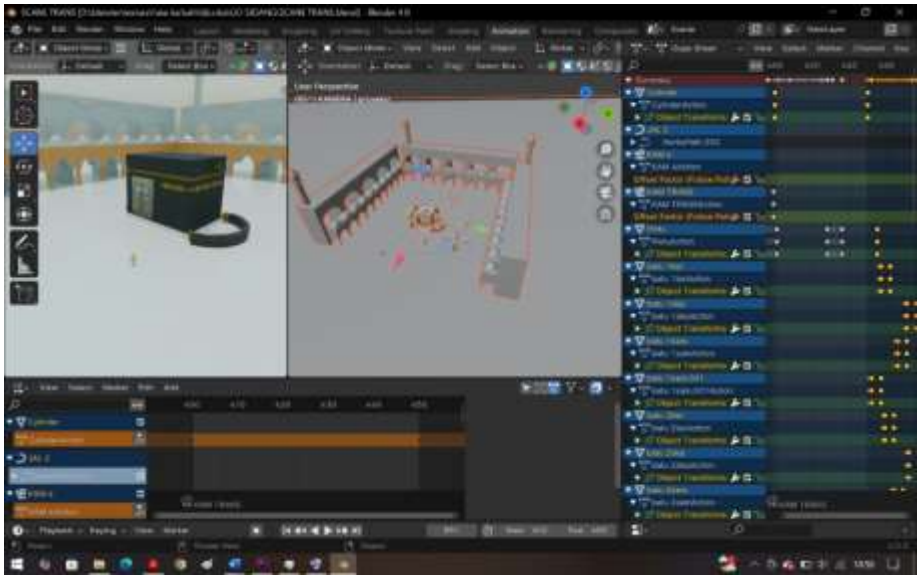
	
Ilustrasi model ka'bah zaman Nabi Ibrahim	Ilustrasi model ka'bah pimpinan Quraisy

	
Ilustrasi model ka'bah pimpinan Zubair	Ilustrasi model ka'bah pimpinan Hajjaj
	
Ilustrasi model rumah zaman Quraisy	Ilustrasi model gunung
	
Ilustrasi model hirj aswad	Ilustrasi model hijr ismail

	
Ilustrasi model *ground*	Ilustrasi model talang emas

4.3.3 *Animating*

Dalam tahap ini, seluruh proses *animating* dilakukan dengam menggunakan metode *morphing*, dimulai menentukan *keypose*, dilanjut dengan pengujian *shrinkwrap* pada *blender*. Proses *animating* juga menggunakan video referensi yang menunjukkan gerakan-gerakan dalam format *Frame rate* video 30 fps untuk dianimasikan.



Gambar 4.2 gambar pemberian *keypose* animasi

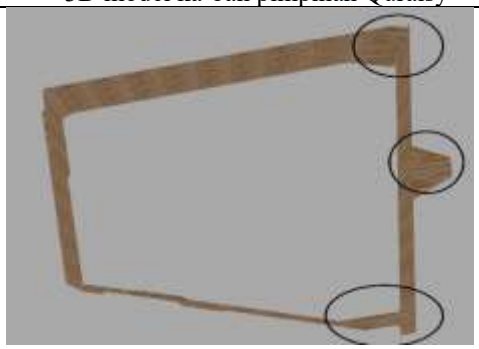
Pada gambar 4.2 objek bangunan 3D ka'bah sudah diberikan *keypose,* yaitu dengan gerakan rekonstruksi bangunan dari satu *fram* ke *frame* selanjutnya, bisa dilihat pada *dope sheet* yang menunjukkan bagian apa saja yang digerakkan pada objek, *asset, environment,* dan juga kamera.

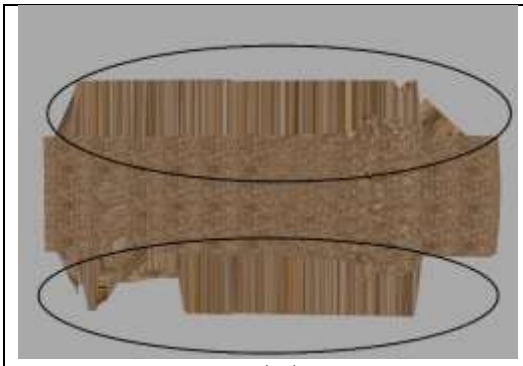
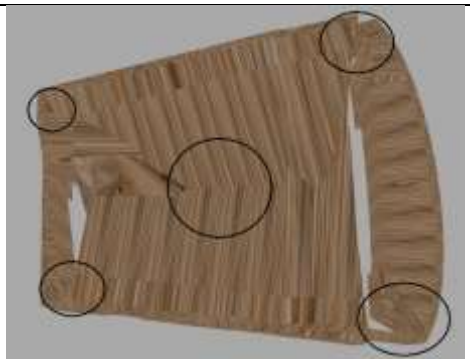
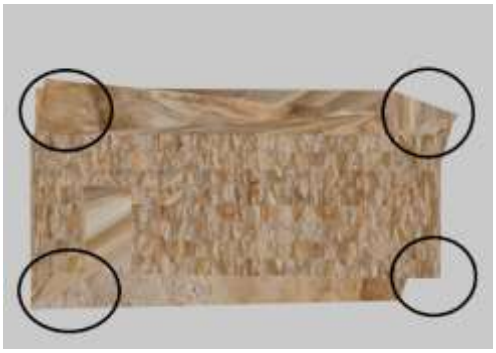
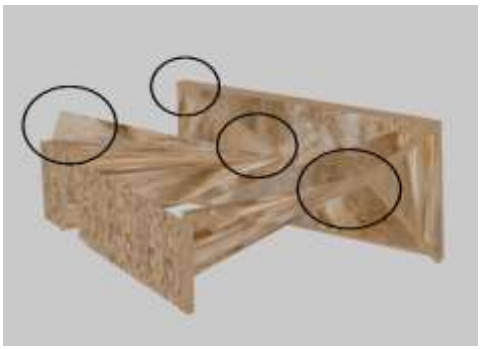
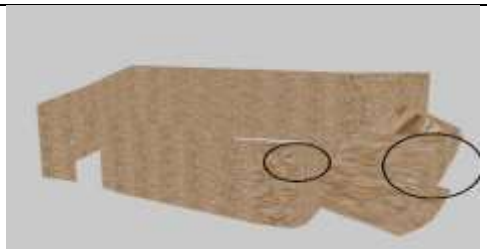
4.3.3.1 Penerapan *morphing*

Pengujian animasi menggunakan 3D bangunan ka'bah dari zaman Nabi Ibrahim, pimpinan Quraisy, pimpinan Abdullah bin Zubair dan Hajjaj dengan proses *automated morphing.*

a. Perubahan Ka'bah zaman Nabi Ibrahim menuju Ka'bah pimpinan Quraisy

Tabel 4.5 Hasil Pengujian 3D Objek Ka'bah Zaman Nabi Ibrahim Ke Pimpinan Quraisy

3D model ka'bah Nabi Ibrahim	3D model ka'bah pimpinan Quraisy
Tampak depan	 Tampak atas
Nearest Surface Point =Pada teknik *nearst surface point* bangunan masih belum terlihat sempurna di bangunan 3D ka'bah zaman Nabi Ibrahim ke 3D bangunan ka'bah pimpinan Quraisy. Penyebab ketidak sempurnaan pada perubahan banguna ka'bah, dikarenakan jumlah *vertex* pada bangunan ka'bah Nabi Ibrahim tidak sama dengan 3D bangunan pimpinan Quraisy. Sehingga ketika ketika rekonstruksi 3D bangunan ka'bah mengalami perubahan bentuk yang tidak dapat mengikuti bentuk yang dituju.	

	
Tampak depan	Tampak atas
Point sama seperti teknik NSP objek bangunan 3D ka'bah zaman Nabi Ibrahim menuju ka'bah pimpinan Quraisy tidak sempurna. Bahwasannya *vertex* akan mengikuti bentuk yang dituju. Akan tetapi jumlah *vertex* kedua bangunan tersebut tidak sama, sehingga menjadikan 3D bangunan yang tidak sempurna.	
	
Tampak depan	Tampak atas
Nearest Vertex menunjukkan ketidak sempurnaan ketika objek 3D bangunan ka'bah tidak dapat mengikuti bentuk 3D objek yang dituju	
	
Tampak depan	Tampak atas
Target Normal Project juga sama tidak dapat menunjukan belum sempurna pada rekonstruksi objek 3D bangunan ka'bah	

Berdasarkan penjelasan tabel, dapat disimpulkan bahwa rekonstruksi 3D bangunan ka'bah dari zaman Nabi Ibrahim menuju bentuk ka'bah pimpinan Quraisy belum menghasilkan bentuk yang sempurna, terlepas dari teknik yang digunakan, baik itu *nearest surface point* (NSP), *nearest vertex*, maupun *target normal project.*

Ketidaksempurnaan utama disebabkan oleh perbedaan jumlah *vertex* antara model 3D ka'bah zaman Nabi Ibrahim dan model ka'bah pimpinan Quraisy. Karena jumlah *vertex* tidak sama, maka proses pencocokan bentuk tidak berjalan dengan akurat. Akibatnya, meskipun *vertex* berusaha mengikuti bentuk target, struktur geometris bangunan tetap mengalami distorsi dan tidak dapat meniru bentuk tujuan dengan sempurna.

Dengan demikian, teknik yang digunakan dalam transformasi *nearest suface point*, *nearest vertex*, dan *target normal project* belum mampu menghasilkan hasil rekonstruksi 3D yang akurat jika data awal (jumlah dan distribusi *vertex*) dari objek yang direkonstruksi tidak sepadan dengan model target.

Hasil penerapan pada *automated morphing* di zaman ibrahim ke Quraisy mengalami bentuk yang tidak sempurna, sehingga peneliti menggunakan metode *non automated morphing* sesuai alur pengujian yang sudah di jelaskan, dengan input keyframe 1 hingga 50.

Titik koordinate awal pada *face* atas $\begin{bmatrix} -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Titik koordinat awal pada *face* bawah $\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Titik koordinat setelah perubahan pada *face* atas $\begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$

Titik koordinate setelah perubahan pada *face* bawah $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$

Rumus interpolasi linear

$$V_i(t) = (1 - t) \cdot V_1 + t \cdot V_2 \qquad (3.1)$$

Keterangan
V_i : posisi *vertex* hasil *morphing* pada wakti *t*
V_1 : posisi awal *vertex* (objek 1)
V_2 : posisi akhir *vertex* (objek 2)
t : parameter waktu

Tabel 4.6 tabel hasil perhitungan *vertex* pada rumus *interpolasi linear*

Vertex	V1	V2	Jarak	Vi(t=0.25)	Vi(t=0.5)	Vi(t=0.75)
1	[-1, 1, -1]	[-1, 1, 1]	2	[-1.0, 1.0, -0.5]	[-1.0, 1.0, 0.0]	[-1.0, 1.0, 0.5]
2	[1, -1, -1]	[1, -1, 1]	2	[1.0, -1.0, -0.5]	[1.0, -1.0, 0.0]	[1.0, -1.0, 0.5]
3	[-1, -1, -1]	[-1, -1, 1]	2	[-1.0, -1.0, -0.5]	[-1.0, -1.0, 0.0]	[-1.0, -1.0, 0.5]
4	[1, 1, -1]	[1, 1, 1]	2	[1.0, 1.0, -0.5]	[1.0, 1.0, 0.0]	[1.0, 1.0, 0.5]

Tabel di atas menunjukkan proses *morphing* dari sebuah objek 3D ke objek lainnya menggunakan metode interpolasi linear pada empat *vertex*. Masing-masing *vertex* memiliki koordinat awal (V_1) dan koordinat akhir (V_2), yang digunakan sebagai dasar perhitungan interpolasi untuk menentukan posisi titik pada waktu tertentu t. Nilai t mewakili persentase progres *morphing* dari 0 hingga 1, di mana t=0t = 0t=0 menunjukkan bentuk awal dan t=1t = 1t=1 menunjukkan bentuk akhir. Pada tabel ditampilkan hasil interpolasi pada tiga nilai waktu, yaitu t=0.25t = 0.25t=0.25, t=0.5t = 0.5t=0.5, dan t=0.75t = 0.75t=0.75. Transformasi terjadi secara bertahap dan teratur, dengan pergerakan *vertex* hanya pada sumbu Z, sedangkan sumbu X dan Y tetap, sehingga bentuk objek berubah secara halus dari awal ke akhir.

Hasil *interpolasi* menunjukkan bahwa perubahan posisi tiap *vertex* berjalan *linear*, sesuai dengan rumus. Perubahan yang terjadi secara konsisten dan simetris menunjukkan bahwa morphing berhasil karena setiap *vertex* dari objek awal memiliki pasangan langsung pada objek akhir dengan jumlah dan urutan yang sama. Pendekatan ini sangat efektif untuk menghasilkan animasi transformasi bentuk yang halus dan realistis dalam pemodelan 3D aplikasi *blender*. Dengan demikian, interpolasi linear menjadi metode penting dalam mengatur perpindahan

bentuk objek secara bertahap selama proses *morphing*. Berikut potongan *source code* yang berhubugan rumus *interpolasi linear.*

Shape Key digunakan untuk menganimasikan perubahan bentuk

```
    edge = object.data.edges[0]
    vert_indices = edge.vertices
    offset = Vector((2.0, 0.0, 0.0))

    for i in vert_indices:
        key_block.data[i].co = object.data.vertices[i].co + offset


    object.data.shape_keys.key_blocks[1].value = 0.0
    object.data.shape_keys.key_blocks[1].keyframe_insert(data_path="value", frame=50)

    object.data.shape_keys.key_blocks[1].value = 1.0
    object.data.shape_keys.key_blocks[1].keyframe_insert(data_path="value", frame=1)

animate_moving_vertex(bottom)
animate_moving_vertex(top)
```

Gambar 4.3 *source code interpolasi linear* pada animasi

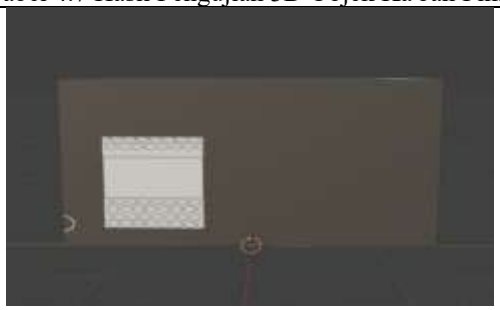
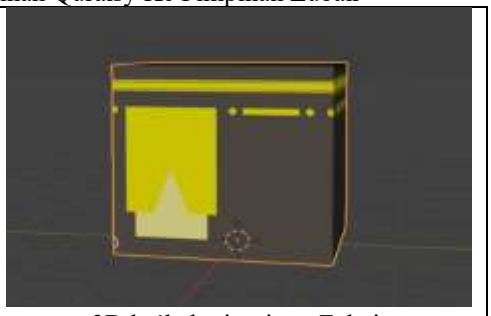
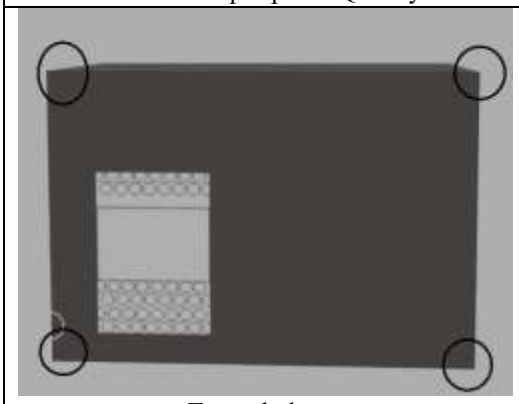
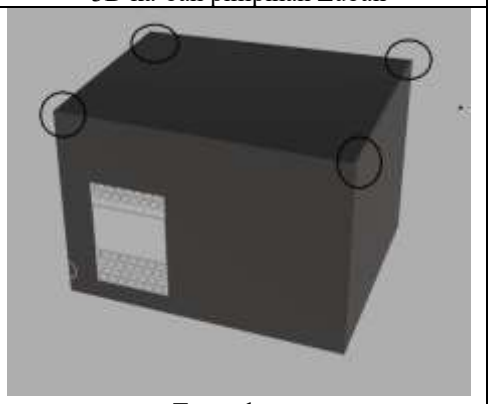
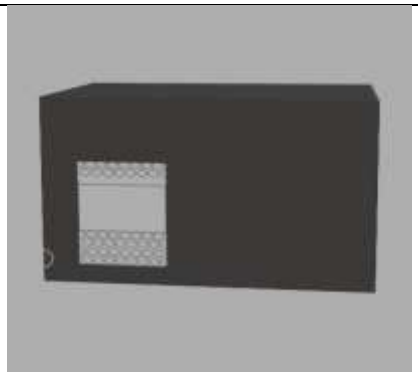
(*deformasi*) mesh objek. *Shape key* memiliki nilai *value* dari 0.0 (bentuk awal) hingga 1.0 (bentuk target). Dengan mengatur nilai *shape key* pada *frame* tertentu, Blender akan melakukan *interpolasi* otomatis di antara *keyframe* untuk menciptakan animasi halus.

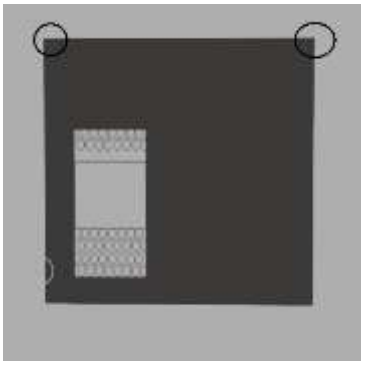
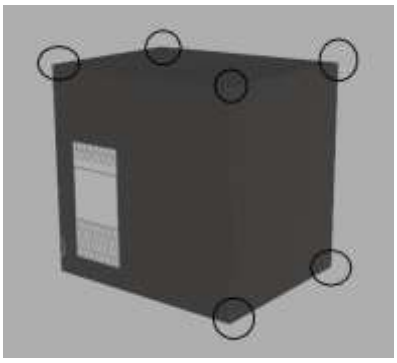
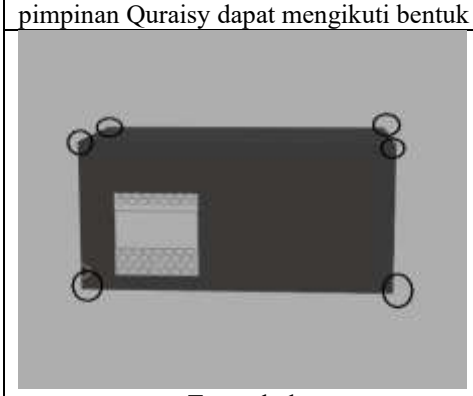
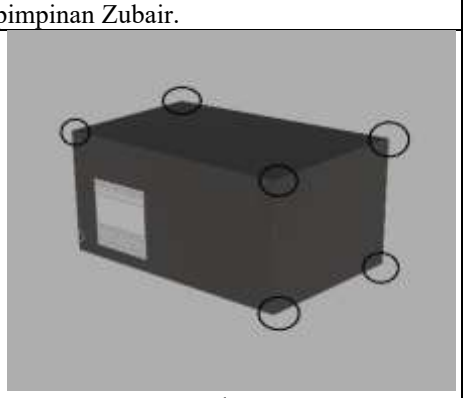
a. *Frame* 1*: Shape key* bernilai 1.0 → mesh dalam bentuk hasil *deformasi* penuh
b. *Frame* 50: *Shape key* bernilai 0.0 → mesh kembali ke bentuk awal

Maka, selama frame 1 hingga 50, *blender* akan menginterpolasi nilai dari 1.0 → 0.0, menciptakan animasi *deformasi vertex* secara bertahap dari bentuk target kembali ke bentuk awal. Jika *interpolasi* diset ke *linear*, maka perpindahan *vertex* berlangsung dengan kecepatan konstan (tidak melambat/cepat di tengah jalan).

b. Perubahan Ka’bah pimpinan Quraisy menuju ka’bah pimpinan Abdullah bin Zubair

Tabel 4.7 Hasil Pengujian 3D Objek Ka'bah Pimpinan Quraisy Ke Pimpinan Zubair

	
3D ka’bah pimpinan Quraisy	3D ka’bah pimpinan Zubair
	
Tampak depan	Tampak atas
Nearest Surface Point Pada teknik *nearst surface point* bangunan terlihat sempurna di bangunan 3D ka’bah pimpinan Quraisy ke 3D bangunan ka’bah pimpinan Abdullah bin Zubair. Karena dapat meniru bentuk 3D bangunan ka’bah pimpinan abdullah bin zubar.	
	
Tampak depan	Tampak atas
Bangunan pada teknik *point* terdak terlihat bentuk perubahan dari bentuk bangunan ka’bah pimpinan Quraisy menuju ke bentuk bangunan pimpinan Zubair	

<table>
<tr><td> 
Tampak depan</td><td> 
Tampak atas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Bentuk bangunan menggunakan nearest vertex menunjukan bahwasanya bangunan ka’bah pimpinan Quraisy dapat mengikuti bentuk ka’bah pimpinan Zubair.</td></tr>
<tr><td> 
Tampak depan</td><td> 
Tampak atas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pada teknik target normal project bentuk bangunan ka’bah tidak dapatmengikuti bentuk bangunan ka’bah pimpinan Zubair, yang terjadi adalah mengalami penyusutan ketikat menggunaka metode tersebut</td></tr>
</table>

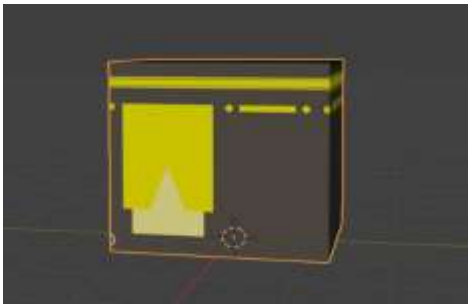
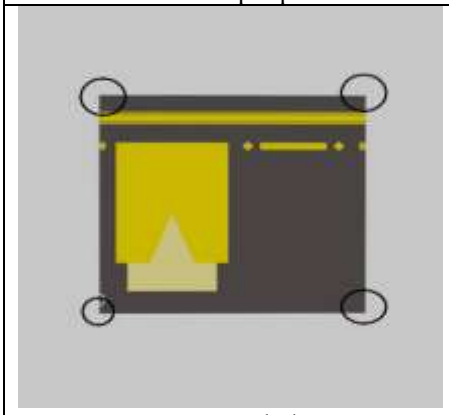
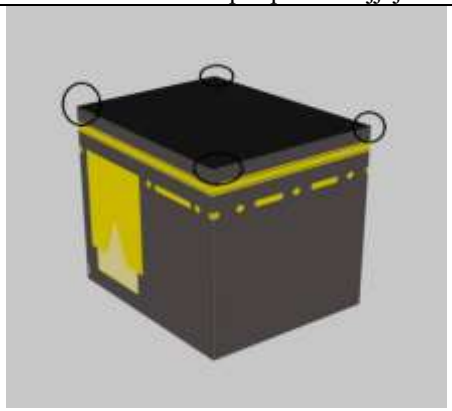
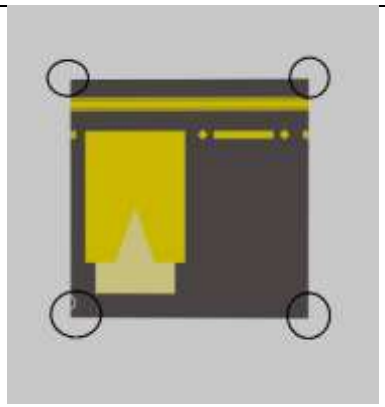
Berdasarkan penjelasan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa teknik *nearest surface point* merupakan metode yang paling efektif dalam meniru bentuk bangunan ka'bah versi pimpinan Abdullah bin Zubair dari model bangunan ka'bah versi pimpinan Quraisy. Teknik ini memungkinkan bentuk bangunan Quraisy menyesuaikan dengan presisi terhadap bentuk 3D bangunan Zubair tanpa terlihat perubahan bentuk yang signifikan, sehingga menghasilkan hasil yang menyerupai aslinya.

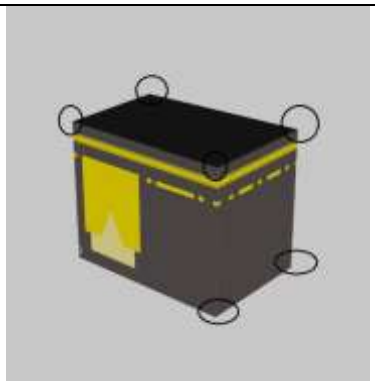
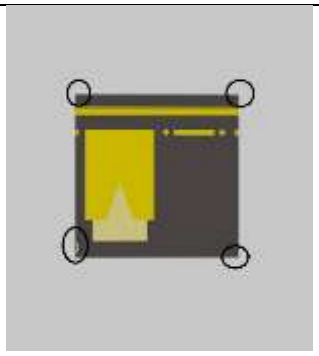
Sebaliknya, teknik *target normal project* tidak mampu mempertahankan bentuk asli secara optimal, karena metode ini menyebabkan penyusutan bentuk dan

ketidaksesuaian struktur antara kedua model bangunan tersebut. Dengan demikian, *nearest surface point* lebih unggul dalam proses transformasi bentuk bangunan 3D ka'bah, karena mampu menjaga kesesuaian bentuk secara visual dan struktural dengan model target.

c. Perubahan Ka'bah pimpinan Zubair menuju ke pimpinan Hajjaj

Tabel 4.8 Hasil Pengujian 3D Objek Ka'bah Pimpinan Zubair Ke Pimpinan Quraisy

 3D ka'bah pimpinan Zubair	3D ka'bah pimpinan Hajjaj
 Tampak depan	 Tampak atas
Teknik *nearest surface point* disini tidak menunjukkan adanya perubahan, meskipun jumlah *vertex* kedua bangunan sama.	
 Tampak depan	Tampak atas

<table>
<tr><td colspan="2">Teknik project juga sama seperti pada teknik nearest surface point tidak menunjukkan adanya perubahan, meskipun jumlah vertex kedua bangunan sama.</td></tr>
<tr><td>
Tampak depan</td><td> 
Tampak atas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pada teknik nearest vertex dapat menunjukkan perubahan baik texture maupun bentuk bangunan dapat berubah dengan sempurna.</td></tr>
<tr><td> 
Tampak depan</td><td>
Tampak atas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pada teknik target normal project tidak meunjukkan perubahan sama sekali baik di textur maupun bentuk bangunan tidak berubah. Berbeda dengan bangunan di teknik target normal project dari pimpinan Quraisy ke pimpinan Zubair</td></tr>
</table>

Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa efektivitas teknik rekonstruksi 3D bangunan ka'bah sangat dipengaruhi oleh jenis metode yang digunakan, meskipun jumlah *vertex* pada kedua bangunan adalah sama. Teknik *Nearest Surface Point* dan *Project* tidak menunjukkan perubahan bentuk maupun tekstur bangunan, meskipun jumlah *vertex* kedua bangunan sudah setara. Hal ini menunjukkan keterbatasan kedua teknik tersebut dalam mentransformasikan atau menyesuaikan bentuk 3D secara visual dan geometris.

Teknik nearest vertex mampu menghasilkan perubahan yang signifikan dan sempurna, baik dari segi bentuk maupun tekstur bangunan. Ini menandakan bahwa teknik ini lebih efektif dalam mentransformasikan objek 3D ketika jumlah *vertex* sudah sesuai.

Teknik target normal project tetap tidak menunjukkan perubahan, baik dari segi bentuk maupun tekstur, pada kasus transformasi dari zaman Nabi Ibrahim ke bentuk ka'bah pimpinan Quraisy. Namun, berbeda halnya ketika teknik ini digunakan untuk transformasi dari bangunan ka'bah pimpinan Quraisy ke bentuk pimpinan Abdullah bin Zubair, di mana perubahan bisa terjadi.

Dalam tabel menjelaskan, bahwasanya untuk hasil penelitian berdasarakn dari hasil *render* pada video animasi rekonstruksi bangunan ka’bah, disimpulkan sebagai berikut. Pada model 3D bangunan ka’bah zaman Nabi Ibrahim menuju ke zaman pimpinan Quraisy, perbedaan struktur antara model ka'bah zaman Nabi Ibrahim dan Quraisy cukup besar, sehingga semua teknik morphing gagal menghasilkan transisi visual yang baik. Meskipun transisi tidak mencolok secara gerakan, objek tidak berhasil meniru bentuk tujuan, dan perbedaan warna tetap muncul. Hal ini menunjukkan keterbatasan teknik *shrinkwrap* bila digunakan pada objek dengan perbedaan geometri yang besar.

Perubahan dari model 3D bangunan Quraisy ke Abdullah bin Zubair lebih halus dan terstruktur, sehingga teknik *nearest vertex* mampu membentuk ulang objek dengan baik, menghasilkan bentuk visual yang lebih realistis. Namun, teknik lain masih belum cukup presisi dalam menyesuaikan bentuk. Warna tetap menjadi

masalah umum, kemungkinan karena tidak semua teknik menangani koordinat tekstur secara optimal.

Tabel 4.9 hasil analisis implementasi morphing

Bentuk Kriteria Yang Akan Diujikan Pada Transisi Metode *Morphing* dengan Menggunakan *ShrinkWrap*	**HASIL PENGUJIAN ANIMASI REKONSTRUKSI KA'BAH**											
	Perubahan Ka'bah zaman Ibrahim dengan Quraisy				**Perubahan Ka'bah zaman Quraisy dengan Abdullah**				**Perubahan Ka'bah zaman Abdullah dengan Hajjaj**			
	NSP	**P**	**NV**	**TNP**	**NSP**	**P**	**NV**	**TNP**	**NSP**	**P**	**NV**	**TNP**
Gerakan transisi *morphing* terlihat halus	T	T	T	T	Y	T	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Apakah objek pertama dapat membentuk objek yang di tiru	T	T	T	T	T	T	Y	T	T	T	Y	T
Apakah ada ketidak cocokan gerakan yang mencolok	T	T	T	T	Y	T	T	T	T	T	T	T
Seberapa baik bentuk visual yang dihasilkan oleh moprhing	T	T	T	T	T	T	S	T	S	S	S	S
Apakah ada kehilangan pada bagian objek	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Apakah ada ketidak cocokan warna dalam perubahan objek	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	T	T	T	T

Keterangan:

1 T : Tidak
2 Y : YA
3 S : Sempurna
4 NSP *Nearest Surface Point*
5 P : *Project*
6 NV : *Nearest Vertex*
7 TNP : *Target Normal Project*

Pada tahap terakhir di model 3D bangunan ka'bah pimpinan Zubair menuju ke pimpinan Hajjaj, perubahan bentuk antar model lebih minim sehingga semua teknik menghasilkan transisi yang lebih halus. *Nearest vertex* unggul dalam visualisasi bentuk akhir. Tidak ada kehilangan bagian maupun gangguan warna, menunjukkan bahwa pada model dengan bentuk awal dan akhir yang serupa, *shrinkwrap* bekerja sangat baik.

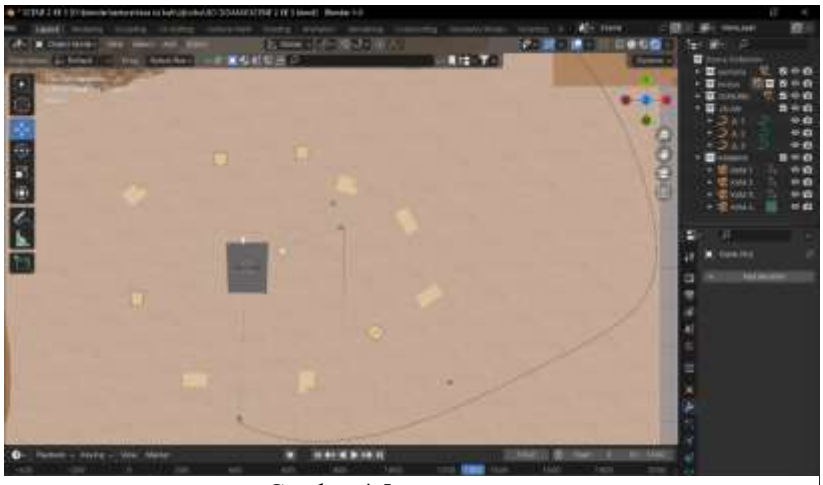
2.2.5 *Lightning*

Pencahayaan atau lighting pada animasi 3D mengacu pada pengaturan cahaya dalam suatu adegan untuk memberikan tampilan visual yang di inginkan. Pembuatan animasi ini menggunkan objek *sun* sebagai pencahayaan langin agar seluruh *environment* dapat terlihat.

Gambar 4.4 *setting lightning*

2.2.6 *Camera operation*

Pemberian camera bertujuan untuk menampilkan hasil *render* pada gambar. Dengan bantuan objek *curve* sebagai *tracking* pada jalannya kamera. Penataan pengambilan kamera dan objek merupakan acuan pertama dalam proses animasi. Penataan kamera atau pengambilan shot dilakukan sesuai *storyboard.*



Gambar 4.5 *setting camera*

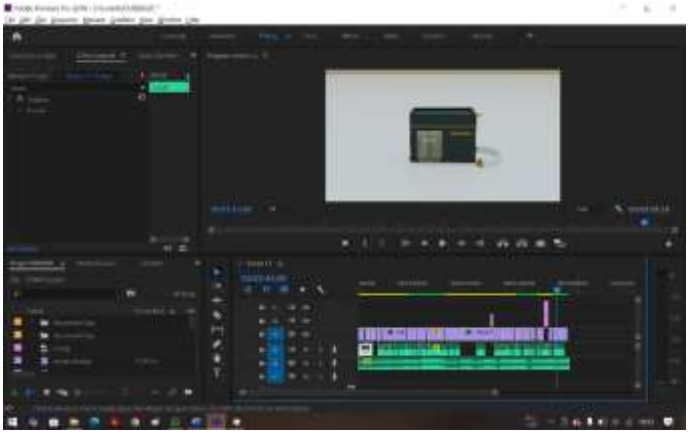
2.2.7 *Rendering*

Untuk melakukan proses rendering adalah memilih menu render engine yang akan digunakan. Pada pengaturan blender ketika akan render animasi yang sudah jadi disini menggunakan pengaturan mode *cycle render*, karena agar terlihat gambar *texture* yang sudah diberikan warna pada objek ka'bah lebih realistik.

2.2.8 *Pasca Produksi*

Pada proses final editing dalam animasi 3D rekonstruksi bangunan ka'bah dengan menggunakan metode *morphing*, tahap ini menyatukan semua *file* hasil render dari aplikasi blender dengan menggunakan aplikasi pengolah video

Dalam urutannya sesuai dengan scane yang telah dirancang pada *storyboard*, lalu di masukkan dalam *Adobe Premiere* dan diberikan effect musik sebagai backsound yang diambil dari *youtube*.



Gambar 4.6 *final production*

4.4 Integrasi Dalam Islam

Peneliti ini mempunyai tujuan untuk menganalisis hasil perubahan pada bentuk vertex, dalam objek 3Dimensi dengan menggunakan metode *Morphing*. Merupakan sebuah proses transformasi atau perubahan bentuk dari satu gambar atau objek menjadi gambar atau objek lainnya secara bertahap dan mulus, menggunakan teknik digital. Dalam hal ini kita sebagai manusia sebenarnya sudah diberikan contoh penerapan metode *morphing* secara efektif oleh Allah SWT. Sesuai dengan apa yang difirmankan sebagai berikut.

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَخْرَجْنَا بِهٖ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَاَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُّخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا
مُّتَرَاكِبًاۚ وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَّجَنّٰتٍ مِّنْ اَعْنَابٍ وَّالزَّيْتُوْنَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَّغَيْرَ مُتَشَابِهٍۗ
اُنْظُرُوْٓا اِلٰى ثَمَرِهٖٓ اِذَآ اَثْمَرَ وَيَنْعِهٖۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكُمْ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يُّؤْمِنُوْنَ

"Dialah yang menurunkan air dari langit lalu dengannya Kami menumbuhkan segala macam tumbuhan. Maka, darinya Kami mengeluarkan tanaman yang menghijau. Darinya Kami mengeluarkan butir yang bertumpuk (banyak). Dari mayang kurma (mengurai) tangkai-tangkai yang menjuntai. (Kami menumbuhkan)

kebun-kebun anggur. (Kami menumbuhkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah dan menjadi masak. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang beriman. (Q.S Al An'am : 99)"

Ayat tersebut bahwasannya perubahan bentuk dapat melihat bahwa proses pertumbuhan tanaman mencerminkan siklus perubahan dan transformasi bentuk di alam. Allah menurunkan air dari langit, yang kemudian menghidupkan tanah dan menyebabkan tumbuhan tumbuh. Proses ini mencakup transformasi dari biji, menjadi tanaman hijau, kemudian menghasilkan buah yang matang dan siap dipanen. Perubahan ini menunjukkan kekuasaan Allah dalam mengendalikan segala sesuatu, serta adanya transformasi terus-menerus di alam yang merupakan tanda-tanda keberadaan dan kekuasaan-Nya.

Perubahan bentuk dari biji menjadi tanaman, dari tunas menjadi pohon yang besar, serta dari bunga menjadi buah menunjukkan siklus kehidupan yang mengandung hikmah bagi orang-orang yang beriman. Ini juga bisa dimaknai sebagai simbol dari transformasi spiritual, di mana manusia mengalami perubahan dan pertumbuhan melalui proses kehidupan, sebagaimana tanaman yang mengalami perkembangan dari satu tahap ke tahap lainnya.

Contoh dari lain dari perubahan bentuk objek yakni tertera pada ayat al-um'minun ayat 14 yang berbunyi

ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظٰمًا فَكَسَوْنَا الْعِظٰمَ لَحْمًا ثُمَّ اَنْشَأْنٰهُ خَلْقًا اٰخَرَۗ فَتَبٰرَكَ اللّٰهُ اَحْسَنُ الْخٰلِقِيْنَ

"Kemudian Kami menjadikan air mani itu segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, kemudian segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. Kemudian

Kami menjadikannya makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha Sucilah Allah, Pencipta Yang Paling Baik." (QS. Al-Mu'minun : 14)

Ayat diatas menjelaskan proses penciptaan manusia yang berlangsung melalui beberapa tahap perubahan bentuk. Dimulai dari nuthfah (air mani), kemudian berubah menjadi 'alaqah (segumpal darah), lalu menjadi mudghah (segumpal daging). Setelah itu, bagian tubuh manusia mulai terbentuk dengan tulang belulang yang kemudian dibungkus oleh daging, hingga akhirnya menjadi makhluk yang sempurna. Proses ini mencerminkan transformasi yang terstruktur dan bertahap, menunjukkan kebesaran Allah dalam menciptakan manusia secara sistematis dan penuh keindahan. Perubahan bentuk yang disebutkan dalam ayat ini secara biologis juga sejalan dengan temuan ilmu embriologi modern, dan menjadi bukti bahwa Al-Qur'an telah menjelaskan konsep transformasi makhluk hidup jauh sebelum sains modern mengenalnya.

Hubungan kedua ayat tersebut dalam konteks teknologi dan ilmu komputer, proses ini relevan dengan konsep *morphing* dalam animasi digital, yaitu teknik mengubah bentuk satu objek menjadi bentuk lain secara bertahap. *Morphing* meniru prinsip perubahan bentuk seperti yang terjadi dalam penciptaan manusia sebagaimana dijelaskan dalam ayat ini. Maka dari itu, morphing bukan hanya teknik visual, melainkan juga bisa dimaknai sebagai refleksi dari keagungan ciptaan Allah. Penutup ayat yang menyatakan "Maha Suci Allah, Pencipta yang Paling Baik" menjadi pengingat bahwa seluruh kemampuan manusia dalam menciptakan simulasi perubahan bentuk hanyalah tiruan kecil dari kehebatan penciptaan yang sesungguhnya

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari implementasi morphing menggunakan teknik *shrinkwrap* pada *blender* disimpulkan bahwa efektivitas teknik *morphing* dengan metode *shrinkwrap* sangat dipengaruhi oleh tingkat kemiripan bentuk dan struktur geometri antara model awal dan model tujuan.

a. Pada transisi dari ka'bah zaman Nabi Ibrahim ke ka'bah pimpinan Quraisy, perbedaan struktur dan bentuk yang signifikan menyebabkan semua teknik *morphing* gagal menghasilkan bentuk visual yang baik. Meskipun gerakan transisinya tidak mencolok, bentuk akhir tidak menyerupai target, dan perbedaan warna tetap muncul. Ini menunjukkan bahwa *shrinkwrap* tidak cocok digunakan pada objek dengan perbedaan geometris yang besar.

b. Pada transisi dari ka'bah pimpinan Quraisy ke Abdullah bin Zubair, perbedaan bentuk lebih terstruktur dan proporsional, sehingga teknik *nearest vertex* mampu menghasilkan bentuk akhir yang lebih akurat dan realistis. Namun, masalah warna tetap menjadi hambatan, kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan teknik dalam mengelola koordinat tekstur.

c. Pada transisi dari ka'bah pimpinan Zubair ke Hajjaj, bentuk antar model sangat mirip sehingga semua teknik menghasilkan transisi yang halus dan tanpa

kehilangan detail. Dalam kasus ini, teknik *shrinkwrap* menunjukkan performa terbaiknya, terutama pada teknik *nearest vertex* yang unggul dalam akurasi visual.

Secara keseluruhan, *shrinkwrap* bekerja optimal pada objek dengan kemiripan bentuk dan jumlah *vertex* yang sepadan, namun memiliki keterbatasan pada perubahan bentuk yang kompleks atau sangat berbeda.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini, Penulis memahami beberapa kekurangan dalam implementasi metode *morphing* yang perlu untuk dipertimbangkan untuk mencapai hasil yang lebih baik dan maksimal. Kekurangan-kekurangan tersebut antara lain:

a. Pertimbangkan melakukan penyamaan jumlah *vertex* terlebih dahulu sebelum proses morphing untuk meminimalkan *distorsi* bentuk pada model dengan perbedaan geometris besar.

b. Tingkatkan pengelolaan koordinat tekstur dan warna dalam *pipeline morphing* untuk menghindari perbedaan warna yang mencolok selama transisi, terutama saat berpindah dari model yang sangat berbeda.

Dengan menerapkan pendekatan ini, proses rekonstruksi animasi 3D bangunan seperti ka'bah akan menghasilkan transisi yang lebih akurat dan realistis.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Mubarakfuri Syaikh Shafiyyurrahman. 2015. Sirah Nabawiyah Jakarta: Pustaka Al-Kautsar

Al-Kharbuthli Ali Husni. 2015. Sejarah ka'bah. Jakarta: Thuros Khasana Pustaka Alami.

Alexa, M. et al. (2000). "As-rigid-as-possible shape interpolation." Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH).

Blain, J. M. (2019). The complete guide to Blender graphics: computer modeling \& animation. AK Peters/CRC Press.

Du, J. (2021). Comparison Between 3d Animation Design and 2d Animation Design. 2021 3rd International Conference on Literature, Art and Human Development (ICLAHD 2021), 336–340.

Flavell, L. (2011). Beginning blender: open source 3d modeling, animation, and game design. Apress.

Jonathan Bloom and Sheila Blair, "Mecca" in The Grove encyclopedia of Islamic art and Architecture, Oxford University Press, 2009.

K. A. C. Creswell, Early Muslim Architecture, Oxford University Press, 1932/revised and enlarged 1969

Kaneko, K., Okada, Y., & Niijima, K. (2006). 3D model generation by Morphing. International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualisation (CGIV'06), 341–346.

Lestari, P. A. R., & Setiawan, I. K. (2019). Adaptasi cerita rakyat Jayaprana dan Layonsari dalam bentuk animasi 2d. Jurnal Nawala Visual, 1(2), 88–94.

Linsenmaier, T. (2008). Why animation historiography. Animation Studies, 3.

Maselli, V., & others. (2018). The evolution of stop-motion animation technique through 120 years of technological innovations. International Journal of Literature and Arts, 6(3), 54–62.

Hojjat, M., Stavropoulou, E., & Bletzinger, K.-U. (2014). The vertex morphing method for node-based shape optimization. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 268, 494–513.

Malcevic, I., & Mousavi, A. (2023). Explicit Interpolation-Based CFD Mesh Morphing. International Meshing Roundtable, 189–215.

McGraw, I. F. (2002). Macromedia Flash Animation \& Cartooning: A Creative Guide. Hill/Osborn. California.

Nilamsari, N. (2014). Memahami studi dokumen dalam penelitian kualitatif. WACANA: Jurnal Ilmiah Ilmu Komunikasi, 13(2), 177–181.

Pribadi, O. D., & Sarwoko, E. A. (n.d.). *Implementasi Teknik Mesh Morphing Dan Selection Morphing Pada Citra Digital Dengan DELPHI 7.0*. 11–19.

Soenyoto, P. (2017). Animasi 2D. Elex Media Komputindo.

Suryaningsih, A. (2020). Peningkatan motivasi belajar siswa secara online pada pelajaran animasi 2d melalui strategi komunikasi persuasif. Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru, 5(1), 9–15.

Yasa, G. P. P. A., Narpaduhita, K. A. S., & Purwita, D. G. (2019). Perancangan film animasi pendek 2d sebagai media kampanye penanganan anxiety disorder. Jurnal Bahasa Rupa, 2(2), 146–152.

Zhao, P., Hu, Q., Tang, Z., & Ai, M. (2020). A smooth transition algorithm for adjacent panoramic viewpoints using matched delaunay triangular patches. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *9*(10). https://doi.org/10.3390/ijgi9100596

Sarhindi Irfan L. 2013. The lost of story of ka'bah. Jakarta: Quantum Media

Rofieq Zainur. 2013. The power of ka'bah. Buku. Jakarta: Spirit Media Press

Dokumen manual blender

https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/deform/ShrinkWrap.html

blender guru : https://www.blenderguru.com/tutorials/3-ShrinkWrap-modifier-tutorial

CGCookies : https://cgcookie.com/lesson/how-to-use-the-snap-tool-in-blender-2-7xS